



**MANUAL DE FISILOGIA VEGETAL -  
FISILOGIA DA PRODUÇÃO DE CULTIVOS VOL. III**

**PAULO ROBERTO DE CAMARGO E CASTRO**  
COORDENADOR

**VIDEIRA**  
*Vitis vinifera*

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”**

**MANUAL DE FISILOGIA VEGETAL:**  
**FISILOGIA DA PRODUÇÃO DE CULTIVOS**  
**v. 3**

**DOI: 10.11606/9786587391786**

**PAULO ROBERTO DE CAMARGO E CASTRO**

Engenheiro Agrônomo, M.S., Doutor em Agronomia, Professor Adjunto, Livre  
Docente e Professor Titular da Escola Superior de Agricultura “Luiz de  
Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, S.P.  
(Coordenador)

**RICARDO ALFREDO KLUGE**

Engenheiro Agrônomo, M.S., Doutor em Agronomia, Livre Docente e  
Professor Associado da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da  
Universidade de São Paulo, Piracicaba, S.P.

**MIRELI DO CARMO VIEIRA DA SILVA**

Engenheira Agrônoma, Mestre em Fisiologia e Bioquímica de Plantas da Escola  
Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo,  
Piracicaba, S.P.  
(Colaboradores)

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Reitor - Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior

Vice-reitora - Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Arminda do Nascimento Arruda

**ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”**

Diretora - Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thais Maria Ferreira de Souza Vieira

Vice-diretor - Prof. Dr. Marcos Milan

**Catálogo na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

---

Manual de fisiologia vegetal: fisiologia da produção de cultivos [recurso eletrônico]. --  
coordenador Paulo Roberto de Camargo e Castro; colaboradores Ricardo Alfredo Kluge e  
Mireli do Carmo Vieira da Silva. -- Piracicaba : ESALQ-USP, 2025.  
v.3. : il.

ISBN: 978-65-87391-78-6

DOI: 10.11606/9786587391786

1. Fisiologia vegetal 2. Plantas cultivadas 3. Biologia vegetal 4. Ecologia vegetal I. Castro, P.  
R. de C. e., coord. II. Kluge, R. A., colab. III. Silva, M. do C. V. da., colab. IV. Título

CDD 581.1

---

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Common



## **Presença de Deus**

**Religião e ciências da natureza envolvem, em seu exercício, a afirmação de Deus. Na religião Deus está no começo e para as ciências da vida está no termo do raciocínio.**

**Max Planck**

## PREFÁCIO

Este livro é destinado principalmente às disciplinas das áreas de Fitotecnia e de Horticultura nos níveis de graduação e de pós-graduação das faculdades de Agronomia. O texto poderá ser utilizado também por professores e estudantes das áreas de Biologia e Ecologia Vegetal, Agricultura e Pastagens, além de outras disciplinas afins, pois propicia a base necessária para a abordagem científica destas disciplinas. Esta obra abrange conhecimentos ecofisiológicos de 25 plantas cultivadas.

Para a solução de problemas com essas culturas em condições de campo e maximizar a produção econômica, a obra torna-se indispensável aos agrônomos, consultores e produtores que vivem o dia-a-dia nos sistemas de produção agrícola.

Atenção especial foi dada à extensão e aos temas tratados em cada cultivo de forma a apresentar os fundamentos mais relevantes. A bibliografia citada encontra-se no final do texto referente a cada cultivo.

Todos os autores de cada texto realizaram o trabalho durante o curso de Pós-Graduação da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, disciplina de Fisiologia da Produção de Cultivos.

O Brasil desponta como um dos maiores e mais eficientes países produtores agrícolas do mundo, devido ao conhecimento desenvolvido pelos pesquisadores e das novas tecnologias incorporadas aos diferentes manejos de cada cultivo. A nova fronteira da ciência agrônoma oferece oportunidade para uma transformação dos sistemas agroalimentares, que possibilita produzir em novos ambientes inóspitos. Faz-se necessário dar solidez à essa agenda através da biofortificação, nutrição mineral, disponibilidade hídrica e agricultura digital, rumo à uma maior eficiência e sustentabilidade das plantas cultivadas.

P.R.C.C.

R.A.K.

M.C.V.S.

**DISCENTES COLABORADORES DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA  
ESALQ-USP:**

André Leão de Souza Dominguez

José Gabriel Vaz de Lima

André Luiz de Freitas Espinoza

Juvenal Rodrigues da Silva Junior

Ariel Sharon de Araújo Nogueira

Kauê Alexandre Monteiro

Marcelino

Lília Castro Pereira

Bruna Orsi

Lucas Henrique Santos Barbosa

Camila Domingos Cabral

Luiz Henrique Marcandalli

Daniel Almeida Melman

Marcelo Rafael Malardo

David Santos Rodrigues

Mariane Jeronimo Forte

Denis Antônio Rocha Júnior

Pedro Enrique Caballero Martins

Eloísa Torrezan

Rodrigo Candido Jacobassi

Hanrara Pires de Oliveira

Rômulo Felipe Dias Macedo

Ivan Sestari

Teresinha C. S. Albuquerque

Jéssica Cursino Presoto

Thaís Silvestre Sanches Antichera

Jessica Sabrina de Castro Couto

Vinicius Pires Rezende

**CONTEÚDO**

|                      |     |
|----------------------|-----|
| AIPO .....           | 7   |
| ALHO PORÓ.....       | 19  |
| ASPARGO.....         | 41  |
| BARU.....            | 61  |
| BURITI .....         | 81  |
| CAMBUCI.....         | 93  |
| CRAMBE.....          | 111 |
| CRAVO.....           | 133 |
| CUPUAÇU.....         | 151 |
| ESPINAFRE .....      | 165 |
| HIBISCO.....         | 183 |
| JILÓ .....           | 209 |
| LÚPULO.....          | 229 |
| NOGUEIRA COMUM ..... | 265 |
| NOGUEIRA PECAN.....  | 287 |
| JUÇARA .....         | 303 |
| PIMENTEIRAS .....    | 319 |
| RAMBUTAN.....        | 341 |
| ROMÃ.....            | 361 |
| SALICÓRNIA .....     | 381 |
| SPONDIAS .....       | 403 |
| URUCUM.....          | 419 |
| UVAIA.....           | 445 |
| VIDEIRA .....        | 467 |

# AIPO

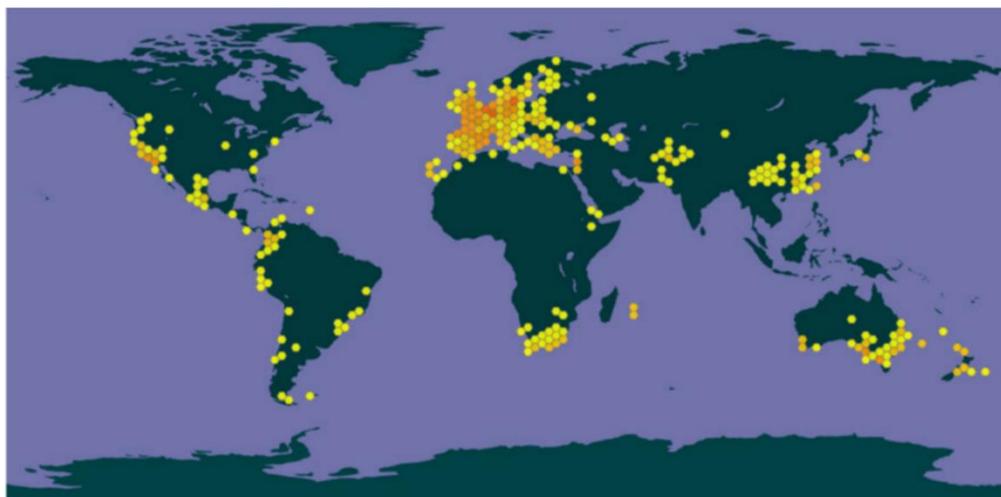


**AIPO (*Apium graveolens* L.)**

Lucas Henrique Santos Barbosa

## **1. Origem e distribuição geográfica**

O aipo (*Apium graveolens* L.), também conhecido como salsão, tem seu centro de origem desconhecido, aparentemente, a espécie é nativa de grande parte da Europa, Norte da África, Sibéria e Cáucaso. O aipo foi introduzido em grande parte do resto do mundo (Figura 1), o que impossibilita o estabelecimento de sua verdadeira distribuição nativa (Lansdown, 2013).



**Figura 1.** Registros georreferenciados de aipo no mundo (Adaptado de Li et al. 2020).

Pertencente à família Apiaceae, mesma família da salsa e cenoura, o aipo é uma planta bienal cultivada anualmente. A planta também cresce silvestre em locais úmidos na maior parte da Europa e foi cultivada pela primeira vez na região do Mediterrâneo há cerca de 3.000 anos (Agricultural Marketing Resource Center - AGMRC, 2021), sendo associado a mitos e festas greco-romanas (Tavares; Lana, 2020). As primeiras plantas eram usadas principalmente para fins medicinais, como sedativos. O primeiro uso do aipo como ingrediente culinário foi como aromatizante, e o registro impresso mais antigo é de uso alimentar na França, datado de 1623 (AGMRC, 2021). Dentre as partes do aipo, o pecíolo é o mais consumido mundialmente (Jia et al., 2015a). Atualmente, seu uso é muito comum nos EUA e na Europa. No Brasil, o consumo de aipo é baixo, provavelmente em razão do desconhecimento de suas qualidades e do modo de preparo (Tavares; Lana, 2020).

## 2. Classificação botânica

**Tabela 1.** Classificação botânica do aipo (Lansdown, 2013).

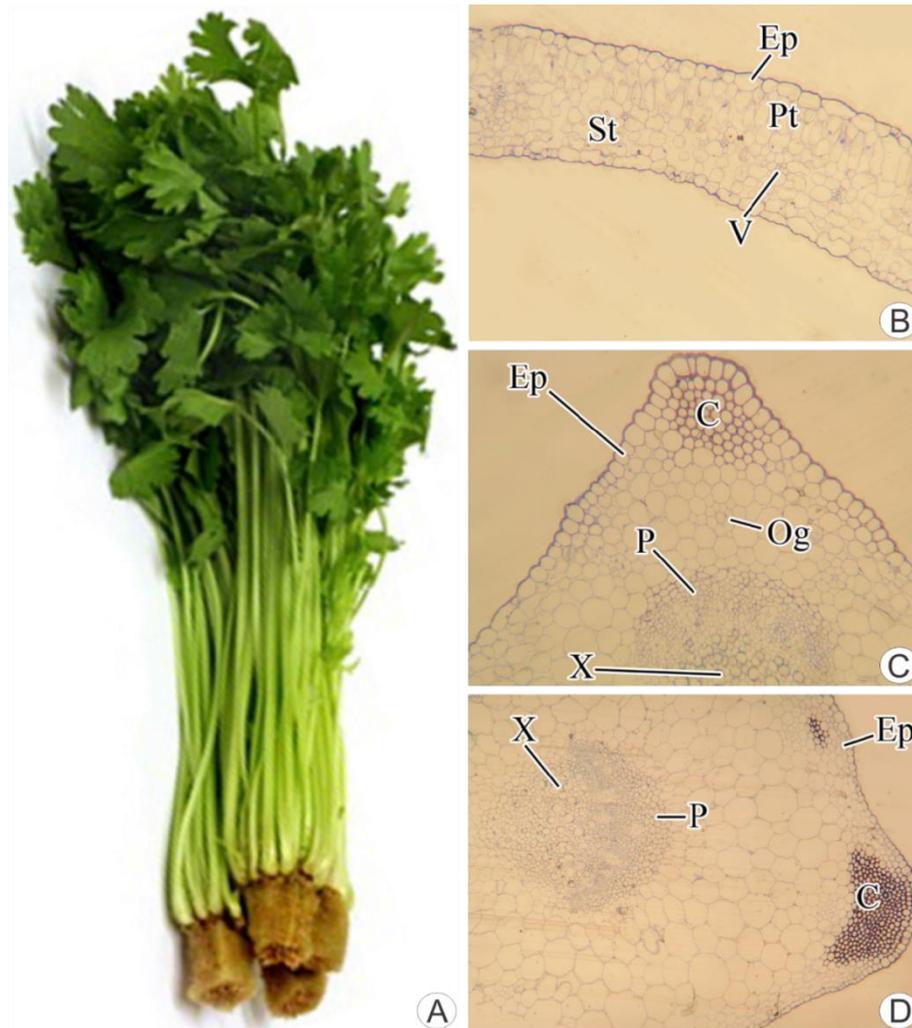
|                |                            |
|----------------|----------------------------|
| <b>Reino</b>   | Plantae                    |
| <b>Divisão</b> | Magnoliophyta              |
| <b>Classe</b>  | Magnoliopsida              |
| <b>Ordem</b>   | Apiales                    |
| <b>Família</b> | Apiaceae                   |
| <b>Gênero</b>  | <i>Apium</i>               |
| <b>Espécie</b> | <i>Apium graveolens</i> L. |

### 3. Morfologia e anatomia

As plantas de aipo (Figura 2A) podem atingir de 60 a 90 cm de altura. Suas folhas compostas são verde escuras, bem segmentadas e com folíolos apresentando margens serrilhadas. O pecíolo é verde claro e estriado. Apresenta flores brancas dispostas em cachos achatados e frutos secos e arredondados de cor acinzentada com uma semente de cor escura. Suas raízes são fibrosas e fortes (Vaz; Jorge, 2007) e o caule apresenta formato e tamanho variado entre os cultivares.

A folha é hipoestomática e as células epidérmicas da face adaxial são maiores que as células epidérmicas da face abaxial. O mesofilo é constituído por uma ou duas camadas de células do parênquima paliçádico e por quatro ou mais camadas de células do parênquima lacunoso (Figura 2B). A nervura central da folha (Figura 2C) e as nervuras laterais (Figura 2B) apresentam feixes vasculares do tipo colateral (Jia et al., 2015a).

Os pecíolos (talos), geralmente, possuem comprimento superior a 5 cm (RONSE et al., 2010), são revestidos pela epiderme e preenchidos, principalmente, por colênquima e apresentam feixes vasculares do tipo colateral (Figura 2D), (Jia et al., 2015a). Quando adulta, as plantas de aipo apresentam de sete a 15 pecíolos grandes que envolvem pecíolos menores no seu interior, os quais circundam o meristema apical caulinar. Os pecíolos menores por estarem localizados mais no interior das plantas, recebendo menos luz, são amarelados e pouco desenvolvidos (Smith, 2020).



**Figura 2.** Aipio. (A) Aspecto geral do aipio. Adaptado de Kooti e Daraei (2017). (B e C) Seções transversais da folha e (D) do pecíolo de *Apium graveolens* L. 'Ventura'. Adaptado de Jia et al. (2015a). (B) Visão geral mostrando o mesofilo. (C) Detalhe da nervura central constituída por um único feixe colateral. (D) Visão geral mostrando os tecidos que constituem o pecíolo. C= colênquima; Ep= epiderme; Og= glândula de óleo; P= floema; Pt= parênquima paliçádico; St= parênquima esponjoso; V= feixe vascular; X= xilema. Aumentos: x100 (C); x200 (B, D).

#### 4. Germinação

Quando as sementes atingem a maturidade fisiológica, o embrião não está totalmente desenvolvido e conclui seu desenvolvimento durante a germinação, o que acarreta em germinação lenta. Assim como a germinação, o crescimento das plântulas de aipio é lento e variável (Smith, 2020). A germinação de sementes de aipio é facilmente afetada por fatores abióticos, como temperatura e luminosidade, podendo a interação entre estes desencadear efeitos diversificados (Baninasab, 2009).

Em temperatura de 15°C, as sementes de aipio apresentam maior porcentagem de germinação em comparação a sementes expostas a temperaturas de 20 e 25°C. Em relação à luminosidade, as sementes tratadas com luz contínua apresentam maior porcentagem de

germinação em comparação com sementes tratadas com escuro contínuo. Vale destacar que, as sementes de aipo apresentam dormência, a qual é quebrada pela exposição à luz (Baninasab, 2009) e também pelo armazenamento entre 5 e 10°C por cerca de um ano (Smith, 2020). Em conjunto, temperatura de 20°C e luminosidade contínua proporcionam maior porcentagem de germinação das sementes (Baninasab, 2009).

Quando germinadas no escuro, as sementes tornam-se mais sensíveis ao calor e, períodos alternados de temperaturas baixas auxiliam a reduzir o tempo de termodormência. Semear próximo da superfície viabiliza a exposição à luz, o que ajuda a germinação. A semeadura das sementes de aipo deve ser realizada, preferencialmente, nas sementeiras, em pequenos sulcos distanciados de 10 cm e na profundidade de 1 cm (Makishima, 1993). Cada grama contém cerca de 2.500 sementes. O *priming*, técnica bastante utilizada no tratamento de sementes de hortaliças, dentre elas o aipo, tem melhorado a germinação das sementes e a uniformidade das plântulas em temperaturas mais altas. As sementes que são submetidas ao *priming*, também conhecido como condicionamento fisiológico, podem ter seu envelhecimento acelerado e sua longevidade reduzida (Smith, 2020).

Além das plantas provenientes de sementes, plantas de aipo podem ser obtidas por meio da cultura de tecidos. A propagação vegetativa do aipo através da cultura de tecidos é possível por intermédio do pecíolo. Estes, nas plantas originadas dos calos, são produzidos em maior número em relação as plantas procedentes de sementes. O comprimento e largura do pecíolo em plantas derivas da cultura de tecidos não difere das plantas oriundas de sementes (Williams; Collin, 1976). Vale destacar que, o pecíolo é a parte do aipo mais consumida (Jia et al., 2015a), com isso, possui maior interesse econômico.

## **5. Desenvolvimento vegetal**

Após a germinação das sementes de aipo, a plântula desenvolve uma forte raiz principal e um caule com ápice quase plano e de diâmetro relativamente grande com cerca de 0,4 a 0,5 mm, emitindo folhas sem disposição definida (Smith, 2020). No estágio 1, aos 35 dias após a emergência, as folhas de aipo apresentam 10 cm de comprimento. No estágio 2, aos 50 dias, as folhas possuem 20 cm de comprimento. E, no estágio 3, aos 65 dias, as folhas apresentam 30 cm de comprimento (Figura 3), de acordo com JIA et al. 2015b. A juvenilidade do aipo pode prolongar até que as plantas possuam 17 folhas ou mais (Smith, 2020).



**Figura 3.** *Apium graveolens* L. 'Ventura' nos três estádios (Adaptado de Jia et al., 2015b).

No estágio 1, a lâmina foliar é espessa, principalmente, devido as grandes células epidérmicas e grandes espaços intercelulares no mesofilo. No estágio 2, a lâmina foliar se torna menos espessa, visto que, o mesofilo torna-se mais compacto. As células do colênquima crescem, os feixes vasculares se tornam mais desenvolvidos e a nervura da folha fica mais espessa. No estágio 3, a folha torna-se mais delgada devido as células do mesofilo se organizarem de forma ainda mais compacta. As células do colênquima crescem um pouco mais, os feixes vasculares se expandem, o floema e o xilema se desenvolvem extensivamente e, a nervura da folha fica maior. Do estágio 1 ao 3, o colênquima e os feixes vasculares dos pecíolos aumentam em espessura e as células epidérmicas aumentam de tamanho (Jia et al., 2015a).

## **6. Efeitos de fatores ecológicos**

Calor e frio intenso continuado afetam o cultivo do aipo. A temperatura ideal é entre 18 e 22°C (Makishima, 1993), sendo esta também considerada um fator que prejudica o cultivo do aipo, pois, em altas temperaturas, o comprimento dos pecíolos é reduzido. Outro fator prejudicial é o comprimento do dia, visto que, em condições de dias longos ocorre menor produção de folhas (Smith, 2020). Fatores em combinação podem apresentar efeitos negativos nas plantas de aipo. Por exemplo, a combinação dos fatores crescimento rápido, umidade irregular e alto teor de nitrogênio causam deficiência de cálcio nas folhas mais

internas do aipo, deficiência conhecida como “coração negro”, ocasionando necrose das folhas com falta de cálcio (Smith, 2020).

## **7. Relações hídricas**

As regas devem ser diárias (Makishima, 1993), pois o aipo requer muita água, caso contrário, os talos podem perder a suculência (AGMRC, 2021). Irrigar por aspersão no primeiro mês, posteriormente, irrigar por gotejamento a superfície do solo é o principal método de irrigação das plantas de aipo (Smith, 2020).

A irrigação por gotejamento pode ser usada durante toda temporada. Este tipo de irrigação é mais eficiente que a irrigação por aspersão ou sulco quanto à uniformidade na distribuição da água e simplifica a fertirrigação da cultura. Aplicações de água de irrigação de 125% da evapotranspiração da cultura e manter a tensão de umidade do solo abaixo de 0,03 MPa favorecem no alcance do rendimento e da qualidade ideais do aipo. O manejo bem feito é necessário para evitar problemas de qualidade (Smith, 2020).

## **8. Solos**

O aipo prefere solo argiloso, úmido, profundo, bem drenado, não muito ácido e rico em nutrientes. Recomenda-se uma adubação com esterco de gado bem curtido, esterco de galinha ou composto orgânico, quando necessário (Vaz; Jorge, 2007). Adubação em cobertura deve ser realizada utilizando 30 a 40 g de sulfato de amônia ou nitrocálcio, ou ainda 20 a 30 g de uréia por metro quadrado aos 25 a 30 dias após o transplântio. As mudas devem ser transplantadas no espaçamento de 30 a 40 cm, quando estiverem com 5 ou 6 folhas e 10 cm de altura, escolhendo-se as melhores (Makishima, 1993).

No solo, um equilíbrio de macro e micronutrientes é primordial para obtenção de aipo de alta qualidade. O fósforo e o potássio são os nutrientes mais requeridos pelo aipo, sendo de extrema importância o fornecimento de quantidades apropriadas desses nutrientes para favorecer o bom desenvolvimento inicial. A temperatura e o pH do solo são dois fatores que afetam a absorção de fósforo. Temperaturas mais baixas do solo reduzem o processo de absorção do fósforo e em pH menor que 6,0, o fósforo é adsorvido em óxidos de alumínio ou ferro e em pH mais alto, o carbonato de cálcio fixa uma parte do fósforo. Tanto em pH menor que 6,0 quanto em pH mais alto, a aplicação adicional de fósforo deve ser levada em consideração, pois certificar que existe disponibilidade adequada de fósforo é assegurar produtividades ideais. O potássio é o nutriente mais absorvido pelo aipo, porém, cerca de 50 a 65% do potássio absorvido (168–364 kg/ha) é removido do solo no produto colhido,

destacando a indispensabilidade de restituir o que é retirado. Testes de solo cabíveis podem determinar com segurança as quantidades necessárias de fertilizantes de fósforo e potássio para os solos destinados ao cultivo de aipo (Smith, 2020).

## **9. Fotossíntese**

A superfície foliar está diretamente relacionada à produtividade da planta, sendo um dos principais parâmetros estruturais-funcionais do aparato fotossintético (Golubkina et al., 2020). As folhas das plantas de aipo produzem, principalmente, sacarose e manitol como produtos fotossintéticos primários e translocam ambos os carboidratos no floema até os tecidos de armazenamento onde são armazenados (Vitova et al., 2002). Os pecíolos são as principais partes de armazenamento do aipo, acumulando maiores quantidades de açúcares totais, com predominância de monossacarídeos. Nas raízes do aipo, a sacarose é a principal forma de armazenamento de açúcar (Golubkina et al., 2020).

## **10. Florescimento e frutificação**

As plantas de aipo são plantas quantitativas de dias curtos e longos e requerem vernalização para dar início a reprodução. O florescimento do aipo depende da relação entre o genótipo e as condições ambientais que incluem temperatura, fotoperíodo, qualidade da luz e estresse da cultura. Desse modo, a idade fisiológica e as condições ambientais adequadas são fundamentais na determinação da resposta da planta à indução de vernalização (Smith, 2020). Os frutos do aipo são secos e arredondados de cor acinzentada com uma semente de cor escura (Vaz; Jorge, 2007). Informações detalhadas abordando a frutificação das plantas de aipo são escassas na literatura, provavelmente, pela inexistência ou baixo interesse econômico de seus frutos.

## **11. Zoneamento agroclimático**

Hortaliça de clima temperado (Vaz; Jorge, 2007), a temperatura ideal para o cultivo do aipo é entre 18 e 22°C, com plantio de março a maio; em regiões de verão ameno, pode-se plantar o ano todo (Makishima, 1993). Destaca-se que, por ser uma cultura que demanda estação de crescimento mais longa, em condições microclimáticas de cultivo contrárias e/ou em falta dos cuidados necessários, os pecíolos podem se tornar pegajosos e secos (AGMRC, 2021).

## 12. Estratégias para altas produções

O cultivo do aipo pode ser realizado em estufa ou no campo. Quando cultivado em estufa, uma das estratégias que pode ser adotada para alcançar altas produções é expor as plantas a fotoperíodos mais longos com controle de iluminação adaptável, visto que, nessas condições, o peso seco e o tamanho das folhas das plantas de aipo aumentam quando fotoperíodo é ampliado de 12 para 16 horas acionando uma fonte de luz fraca (Soffe et al., 1977).

Estratégias que evitem a deficiência de nutrientes no solo são de grande valia tanto no cultivo em campo quanto no cultivo em estufa, uma vez que, durante o cultivo do aipo, os nutrientes do solo podem diminuir (Smith, 2020). Os fungos micorrízicos arbusculares são conhecidos por promover a nutrição e o crescimento das plantas. A inoculação do solo com uma combinação do fungo *Funneliformis mosseae* e a bactéria *Pseudomonas fluorescens* promove aumento no comprimento da raiz e do peso fresco e seco. Também aumenta o conteúdo de nitrogênio na raiz e de fósforo na raiz e nas folhas. Assim como, acarreta na formação de pecíolos com comprimento maior, o que aumenta a produção (Tanwar et al., 2013).

Quando a inoculação é realizada com *Acaulospora laevis*, *F. mosseae* e *P. fluorescens* são observadas maiores taxas de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, conteúdo de clorofila e conteúdo de nitrogênio no pecíolo e maiores valores de número de pecíolos, diâmetro do caule e área foliar (Tanwar et al., 2013). Vale destacar que, a superfície foliar está diretamente relacionada com a produtividade da planta, pois a superfície foliar é considerada um parâmetro estrutural-funcional do aparato fotossintético (Golubkina et al., 2020). O solo inoculado com *F. mosseae* e *P. fluorescens* ou com *A. laevis*, *F. mosseae* e *P. fluorescens* na etapa de transplante aumenta a produção de pecíolos de alta qualidade com melhor nutrição e menor aplicação de fertilizantes (Tanwar et al., 2013). O sucesso na utilização de estratégias para aumentar a produção do aipo apenas é possível quando se tem um bom manejo da irrigação (Smith, 2020).

## 13. Efeitos de reguladores vegetais

O biorregulador benzilaminopurina (BAP) quando aplicado no meio de crescimento durante a cultura de tecidos de aipo, maior crescimento do tecido caloso pode ser observado. Assim como, o BAP pode promover melhor crescimento das plantas e mudas provenientes da cultura de tecido, favorecendo a maior produção de folhas e o maior comprimento das plantas. Entretanto, para que se alcance essas vantagens, faz-se necessário a aplicação da dosagem

correta do regulador de crescimento BAP, que é de 0,2%. O BAP em concentração de 0,3% acarreta em redução significativa desses parâmetros. Em concentração de 0,4 ou 0,5%, o BAP não contribui para o crescimento das plantas de aipo. Aos 30 dias após o plantio das plantas obtidas através da cultura de tecidos, os parâmetros biométricos foram maiores devido a adição do BAP, o que se assemelhou ao observado 60 dias após o plantio das mudas em campo aberto. Portanto, a aplicação do BAP 0,2% promove maior rendimento na produção (Polischuk et al., 2018).

#### 14. Senescência e aproveitamento de resíduos

Os sintomas de senescência das plantas são primeiramente observados na margem das folhas, que pode comprometer a qualidade e afetar a percepção de frescor. O aipo colhido com menor maturidade ocasiona aumento do escurecimento, estando à severidade do escurecimento positivamente correlacionada com as concentrações de ácido clorogênico. A suplementação de etileno acelera a atividade metabólica do aipo, acarretando à senescência precoce. O 1-MCP suprime a taxa de respiração, retardando o escurecimento. O escurecimento do aipo também é promovido pelo estresse hídrico, que coincide com um rápido aumento do ácido abscísico durante o armazenamento. Plantas com estresse hídrico apresentam estágio mais avançado de senescência por ocorrer ruptura da integridade da membrana plasmática e escurecimento das folhas (Anastasiadi et al., 2021). Os poucos resíduos do aipo são muito utilizados na adubação do solo, principalmente, por apresentar alto teor de nitrogênio. Para um melhor aproveitamento dos resíduos de aipo na adubação, pode-se realizar a mistura dos resíduos de colheita e resíduos biológicos orgânicos, estes também são conhecidos como OBW (Chaves et al., 2005).

#### Referências

AGRICULTURAL MARKETING RESOURCE CENTER. Disponível em: <<http://www.agmrc.org/>>. Acesso em: 01 abr. 2021.

ANASTASIADI, M. et al. A comprehensive study of factors affecting postharvest disorder development in celery. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 172, p. 111384, 2021.

BANINASAB, B. Responses of wild celery (*Apium graveolens*) seeds to light and temperature. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 907, p. 247-250, 2009.

CHAVES, B. et al. The effect of mixing organic biological waste materials and high-N crop residues on the short-time N<sub>2</sub>O emission from horticultural soil in model experiments. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 41, p. 411-418, 2005.

GOLUBKINA, N.A. et al. Yield, growth, quality, biochemical characteristics and elemental composition of plant parts of celery leafy, stalk and root types grown in the northern hemisphere. **Plants**, Basel, v. 9, n. 4, p. 484. Apr. 2020. DOI: 10.3390/plants9040484. 2020.

JIA, X.L. et al. Anatomic structure and expression profiles of related genes: novel insights into leaf development in celery. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 34, n. 3, p. 519-531, 2015a.

JIA, X.L. et al. High-throughput sequencing of small RNAs and anatomical characteristics associated with leaf development in celery. **Scientific Reports**, Tokyo, v. 5, n. 1, p. 1-16, 2015b.

KOOTI, W.; DARAEI, N. A review of the antioxidant activity of celery (*Apium graveolens* L.). **Journal of Evidence-Based Complementary Alternative Medicine**, New York, v. 22, n. 4, p. 1029-1034, 2017.

LANSDOWN, R.V. *Apium graveolens* In: **The IUCN red list of threatened species**. 2013. Disponível em: <<http://e.T164203A13575099>>. Acesso em: 01 maio de 2021.

LI, M.Y. et al. The genome sequence of celery (*Apium graveolens* L.), an important leaf vegetable crop rich in apigenin in the Apiaceae family. **Horticulture Research**, Oxford, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2020.

MAKISHIMA, N. Aipo: interesse das indústrias aumenta consumo. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, n. 602, p. 34-35, 1993.

POLISCHUK, T.V. et al. Effect of application of modified nourishing environment on the reproduction and yielding capacity of root celery. **Ukrainian Journal of Ecology**, Melitopol, v. 8, n. 2, p. 113-119, 2018.

RONSE, A.C. et al. Taxonomic revision of European *Apium* L. *Helosciadium* WDJ Koch restored. **Plant Systematics and Evolution**, Vienna, v. 287, n. 1, p. 1-17, 2010.

SMITH, R. Celery. In: GEOFFRIAU, E.; SIMON, P.W. (Ed.). **Carrots and related Apiaceae crops**. 2<sup>nd</sup> ed. Wallingford: CABI, 2020. p. 282.

SOFFE, R.W.; LENTON, J.R.; MILFORD, G.F.J. Effects of photoperiod on some vegetable species. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 85, n. 3, p. 411-415, 1977.

TANWAR, A. et al. Biological amendments on growth, nutritional quality, and yield of celery. **International Journal of Vegetable Science**, New York, v. 19, n. 3, p. 228-239, 2013.

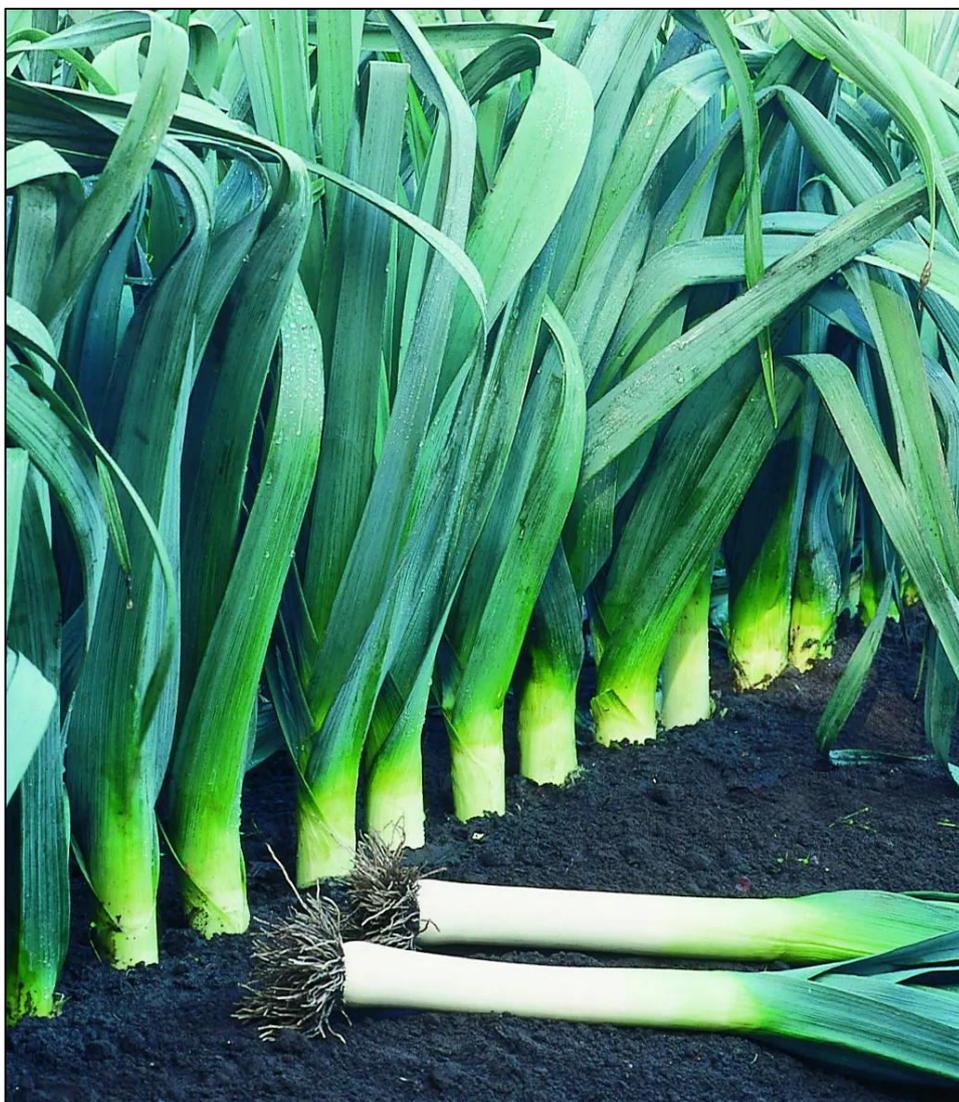
TAVARES, S.A.; LANA, M.M. **Hortaliça como comprar, conservar e consumir: aipo**. 3. ed. Brasília: Embrapa Hortaliças. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/216742/1/CCCC-05-Aipo-2020.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2021.

VAZ, A.P.A.; JORGE, M.H.A. **Aipo**. Embrapa Pantanal. (Série Plantas Mediciniais, Condimentares e Aromáticas). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAP/56107/1/FOL108.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2021.

VITOVA, L. et al. Mannitol utilisation by celery (*Apium graveolens*) plants grown under different conditions *in vitro*. **Plant Science**, Amsterdam, v. 163, n. 4, p. 907-916, 2002.

WILLIAMS, L.; COLLIN, H.A. Growth and cytology of celery plants derived from tissue cultures. **Annals of Botany**, Oxford, v. 40, p. 333-338, 1976.

# ALHO PORÓ



ALHO PORÓ (*Allium porrum*)

Lília Castro Pereira

## 1. Origem e distribuição geográfica

O alho-poró, também conhecido como alho-poró ou alho-francês pertence à família das Aliáceas, a mesma do alho, cebola e cebolinha. É uma hortaliça herbácea, conhecida desde a antiguidade pelos egípcios, gregos e romanos, inclusive com diversas citações bíblicas (Portal do Jardim, 2010). O alho-poró é mencionado na Bíblia Sagrada como um alimento comum no Egito, um dos mais apreciados pelos israelitas. No Livro de Números

(11:5), os israelitas que vagavam pelo deserto lamentavam a comida simples de lá, dizendo que sentiam falta "dos peixes, dos pepinos, dos melões, dos alhos-porós, das cebolas e do alho" que eles apreciavam no Egito (Bergner, 1996). Por ser conhecido desde a antiguidade, o alho-poró é considerado originário do leste do Mediterrâneo e do Oriente Médio (Rubatzky; Yamaguchi, 1997).

O alho-poró é considerado um dos emblemas nacionais do País de Gales. Há uma lenda que conta que o rei Cadwaladr de Gwynedd na véspera da batalha contra os saxões, ordenou aos seus homens que colocassem um alho-poró em seus capacetes, para que pudessem ser identificados durante a batalha, que coincidentemente ocorreu em um campo de alho-poró. Porém, a mesma história é também creditada a São David, o santo padroeiro do País de Gales, e provavelmente, seja apenas mais uma história escrita pelo escritor Michael Drayton. Curiosamente, o tema alho-poró foi levado até a Guerra dos Cem Anos, que aconteceu nos séculos 13 e 14, onde os arqueiros galeses trajavam roupas verdes e brancas durante a Batalha de Crécy (Carradice, 2013).

É possível confirmar a ligação entre o alho-poró e o País de Gales através do famoso William Shakespeare, quando o escritor faz referência ao alho-poró em sua peça de teatro Henrique V. Em certo momento, o jovem rei Henrique diz ao guerreiro galês Fluellen que ele está usando alho-poró, pois: "Eu sou galês, bom compatriota", se referindo à uma tradição antiga ao costume de utilizar alho-poró. Certamente, é provável que tal associação entre o País de Gales e o alho-poró anteceda o padroeiro São David em centenas e possivelmente milhares de anos, anterior até ao Cristianismo. Além de serem sacerdotes do antigo povo celta, os druidas foram também professores, e mantiveram consigo o conhecimento sagrado dos tempos antigos. Conhecimento este que utilizava o alho-poró como remédio de cura para várias doenças como resfriado, além de aliviar as dores do parto e também ser o ingrediente do cawl, tradicional caldo galês, feito e apreciado até hoje no País de Gales (Johnson).



**Figura 1.** Brasão de armas do País de Gales (Adaptado de <http://www.escudosdefutbolyequipaciones.com>).

O alho-poró foi introduzido na Inglaterra por volta do ano de 1562, pouco tempo depois na América, e continua a ser apreciado como tempero para sopas e ensopados na maioria dos países civilizados (Mcclintock; Strong, 1880). É cultivado em praticamente todo o planeta e no Brasil tem a produção concentrada nos Estados da região Sul e Sudeste (EMBRAPA, 2010).

## 2. Classificação botânica e morfologia

A primeira classificação do alho-poró, foi feita por Carl Van Linnaeus, em seu livro *Species Plantarum*, publicado no ano de 1753, (Australian Plant Name Index), recebendo o nome científico de *Allium porrum* L. Em 1847, o botânico e taxonomista francês Jacques Étienne Gay, padronizou a classificação botânica e publicou o livro *Annales des Sciences Naturelles*, e acabou alterando o nome científico do alho-poró para *Allium ampeloprasum* var. *porrum*. No entanto, ambos os nomes científicos são utilizados até o momento.

O alho-poró é uma monocotiledônea, pertencente à família Alliaceae e ao gênero *Allium*, que possui cerca de 500 espécies e abrange culturas ornamentais e hortaliças cultivadas de grande importância econômica, como o alho (*Allium sativum* L.), a cebola (*A. cepa* L.), a cebolinha (*A. fistulosum* L.) (Kiill; Resende; Souza, 2007). A taxonomia *Allium* foi submetida a várias revisões periódicas, e que provavelmente, continuam acontecendo. O gênero *Allium* encontra-se incluído na família Alliaceae, ao invés de estar incluído na família Amaryllidaceae, ou como anteriormente classificado em Liliaceae (Rubatzky; Yamaguchi, 1997). Esta família é caracterizada por espécies perenes ou bianuais (Rahn, 1998), como é o considerado o alho-poró, entretanto, é cultivado comercialmente como uma hortaliça anual.

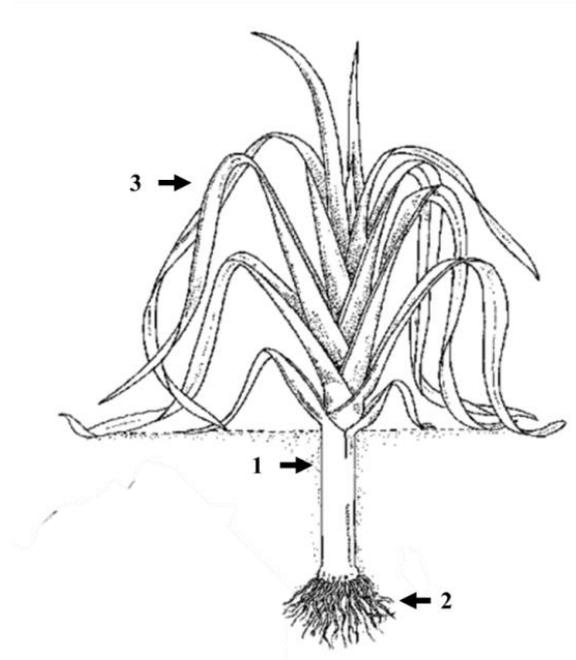
A classificação botânica (Tabela 1), segundo o United States Department of Agriculture (USDA):

**Tabela 1.** Classificação botânica do alho-poró (Adaptado de USDA).

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
| <b>Domínio</b>    | Eucariota        |
| <b>Reino</b>      | Plantae          |
| <b>Divisão</b>    | Espermatófitas   |
| <b>Subdivisão</b> | Angiospermae     |
| <b>Classe</b>     | Monocotiledônea  |
| <b>Ordem</b>      | Liliales         |
| <b>Família</b>    | Alliaceae        |
| <b>Gênero</b>     | <i>Allium</i>    |
| <b>Espécie</b>    | <i>A. porrum</i> |

O alho-poró é uma hortaliça herbácea, ereta, alcança até 50 centímetros de altura, possui folhas longas, dispostas de maneira dística (dispostas ao longo de um eixo comum, no mesmo plano) e opostas, que chegam a medir até 90 cm de comprimento e nascem sobrepostas umas às outras, dando origem a um pseudocaule (gr, pseudos=falso; caulis=haste, talo) cilíndrico, e esta é a parte mais consumida da hortaliça. Por apresentar essa conformação, o pseudocaule (Figura 2) que fora formado a partir das numerosas bainhas foliares densamente sobrepostas, aparenta ser um caule (Gonçalves; Lorenzi, 2011), pode medir de 10 a 20 centímetros de comprimento, e apresenta a parte subterrânea esbranquiçada, devido ao plantio profundo e as sucessivas amontoas, que consistem em cobrir quase toda a planta com terra, diversas vezes ao longo de seu ciclo de crescimento, e são realizadas durante seu cultivo comercial. Possui raízes adventícias e o caule, propriamente, consiste em uma placa ou disco basal. A inflorescência (Figura 3) é umbela, esférica e contém centenas de flores. O fruto é uma cápsula globosa à ovoide, mede de 2 a 4 mm de diâmetro, contém até 6 sementes. As sementes são pretas, possuem de 2 a 3 milímetros, e sua germinação é epigea (Van Der Meer; Hanelt, 1990; Xinqi et al., 2000).

Apesar de o pseudocaule constituir a parte mais consumida do alho-poró e possuir uma maior variedade de preparações, as folhas também são utilizadas no preparo de sopas e temperos. É uma hortaliça apreciada crua ou cozida, e pode ser adicionada em saladas, refogados, sopas e recheios de tortas. Possui poucas calorias, e é considerada uma boa fonte de vitaminas A, C e K, além de ser utilizado na medicina popular como antisséptico, diurético, laxativo e descongestionante das vias respiratórias (Brasil, 2018).



**Figura 2.** *Allium ampeloprasum* var. porrum. Hábito de uma planta de Alho-Poró. 1. Pseudocaule; 2. Sistema radicular adventício; 3. Folhagem (Adaptado de Siemonsma e Piluek, 1993).



**Figura 3.** *Allium ampeloprasum* var. porrum. Planta de Alho-Poró com flor. 1. Porção proximal da planta mostrando o bulbo; 2,3. Haste floral e inflorescências; 4. Flor; 5. Parte do perianto aberto mostrando os filamentos; 6. Tépalas externa; 7. Tépalas interna; 8. Pistilo (Adaptado de Guanghua, 2002, ilustrado por Cai Shuqin).

### 3. Desenvolvimento de folhas e pseudocaule, raízes, flores e sementes

O alho-poró é uma planta bianual, ou seja, desenvolve as folhas durante o primeiro ano, período em que a planta se encontra no estado vegetativo. No segundo ano, a haste floral

se desenvolve, e é o período em a planta se encontra na fase reprodutiva. No entanto, o alho-poró cultivado para plantios comerciais será colhido na fase vegetativa (Brewster, 2008).

### **3.1 Folhas e pseudocaule**

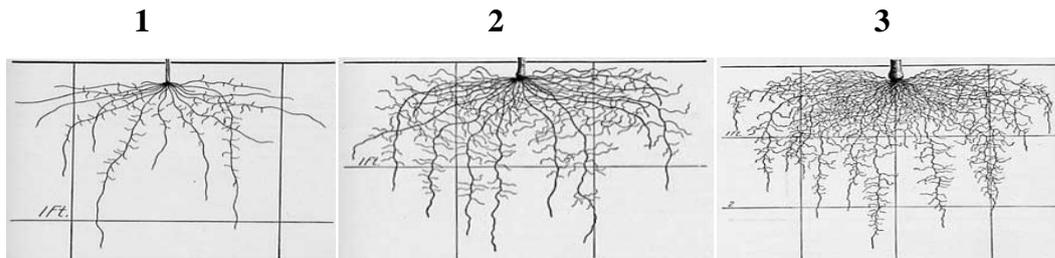
O alho-poró é uma planta robusta, muito resistente, possui lâminas foliares sólidas, lineares, planas e longitudinais, em formato de "V" em seção transversal. As folhas são alternadas em fileiras opostas, eretas e também sobem progressivamente uma sobre a outra (Figura 2). As porções médias e superiores das folhas externas, quando estão bem desenvolvidas, tendem a virar para baixo, e as folhas internas, mais jovens, permanecem eretas. As novas folhas iniciam sua formação no meristema, localizado no disco basal. Novas folhas são formadas a partir do meristema, em forma de anel, dentro de cada bainha foliar anterior. Cada meristema produz uma folha como uma bainha tubular que pode ter de 5 a mais de 50 cm de comprimento. Com o posterior desenvolvimento e alongamento, a folha é modificada acima da porção da bainha, como uma lâmina foliar sólida e linear. As folhas novas emergem de dentro da bainha da folha anterior e, coletivamente, as bainhas das folhas produzem o pseudocaule (Rubatzky; Yamaguchi, 1997).

As características do pseudocaule variam de acordo com os cultivares e, podem variar também de acordo com as práticas culturais realizadas durante o cultivo. Alguns cultivares desenvolvem pseudocaulares curtos e grossos, e tal característica parece estar associada à rigidez invernal. Outros cultivares apresentam pseudocaulares longos e finos. Comercialmente, é preferível que os pseudocaulares sejam brancos e longos. O crescimento da planta é contínuo, e com a idade, as folhas exteriores tornam-se impalatáveis. No entanto, embora as folhas exteriores, que envolvem o pseudocaule, percam sua carnalidade, não secam e não se tornam apergaminhadas (secas e enrugadas) como as escamas da cebola (Rubatzky; Yamaguchi, 1997).

### **3.2 Raízes**

As raízes dos vegetais do gênero *Allium* são grossas e esparsamente ramificadas, comparadas à maioria das espécies agrícolas. Não possuem pelos nas raízes, exceto quando as plantas são cultivadas em locais úmidos, ao invés de serem cultivados no solo ou em sistemas hidropônicos. O sistema radicular composto por raízes adventícias, profundas, relativamente superficiais, e está concentrado próximo à base do caule, disco basal. Elas emergem de todos os lados do caule e tendem a crescer quase horizontalmente por alguns centímetros antes de se voltarem para baixo, se aprofundando no solo (Brewster, 2008).

Muitas investigações sobre o desenvolvimento de raízes de espécies do gênero *Allium* foram realizadas, no entanto, a maioria destas foi efetuada em espécies de *Allium cepa* (cebola). Weaver e Brunner (1927) investigaram os sistemas radiculares de cebola, alho-poró e alho. As três culturas possuem sistemas radiculares semelhantes. A Figura 4 mostra o sistema de raízes do alho-poró em vários estádios de desenvolvimento.



**Figura 4.** Etapas do desenvolvimento do sistema radicular de plantas de alho-poró cultivadas em espaçamento de 1 metro de distância entre fileiras e 10 centímetros entre as plantas nas fileiras, provenientes de sementes. 1. Raízes com dois meses e meio após a semeadura; 2. Metade do sistema radicular do alho-poró com três meses após a semeadura; 3. 25% das raízes após 4/5 meses após a semeadura (Adaptado de Weaver e Brunner, 1927).

As raízes variam entre 0,5 e 1,5 milímetros de espessura, mostram-se espaçadas e ramificadas, porém os ramos laterais raramente se ramificam novamente. Quando comparado os sistemas radiculares de cebola e alho-poró, o sistema radicular do alho-poró espalhou-se mais, fato que os autores relacionam com adoção de práticas culturais diferentes entre os dois cultivos. Em alho-poró as plantas são cultivadas em espaçamentos maiores do que o praticado em cultivos de cebolas, pois no restante, as práticas são semelhantes. Apesar do pouco aprofundamento no solo, as raízes laterais são mais longas e se distribuem logo abaixo da superfície do solo, ocupando uma maior área (Weaver; Bruner, 1927).

Segundo Brewster (2008), o padrão de desenvolvimento do sistema radicular é considerado muito variável, podendo sofrer influências tanto pela compactação do solo quanto pela distribuição de nutrientes no solo. O amplo espaçamento superficial de ser reflexo de plantas que evoluíram de espécies silvestres onde o aumento da superfície de absorção de raízes por micorrizas é comum.

### 3.3 Flores

O florescimento, ou produção de inflorescência, pode ocorrer em todas as espécies do gênero *Allium*, sendo um processo semelhante em todas elas (Brewster, 2008). Para que ocorra a indução do florescimento, as espécies são dependentes da vernalização e do fotoperíodo (Wiebe, 1994). Quando as temperaturas diminuem abaixo dos 10°C, as plantas

são induzidas ao florescimento (Newenhouse, 2003), assim, a floração raramente ocorre nos trópicos, zona tropical, (Rubatzky; Yamaguchi, 1997). O meristema apical, localizado no centro do pseudocaule, para de emitir os primórdios foliares e inicia a formação da inflorescência, com subsequente alongação da haste ou escapo floral (Kiill; Resende; Souza, 2007). A inflorescência possui formato de umbela, esférica e contém centenas de flores agrupadas. As flores são hermafroditas, possuem partes masculinas e femininas e são polinizadas por insetos (Newenhouse, 2003).

As espécies de *Allium* produzem, geralmente, escapos ou hastes florais semelhantes, embora difiram em estatura dependendo do tamanho das plantas. Em *A. cepa*, cebola, a altura da haste floral varia de 50 a 150 centímetros, em *A. chinense* (Rakkyo) varia 40 a 60 cm de comprimento, em *A. schoenoprasum*, cebolinha, atinge até 70 cm e em alho-poró pode variar entre 40 e mais de 100 centímetros de comprimento (Brewster, 2008). Inicialmente, a haste floral é uma estrutura sólida, porém, ao longo do crescimento, torna-se oca. Em seu topo, desenvolve-se uma inflorescência de forma esférica, com 6 a 12 centímetros de diâmetro, em cimeira. A inflorescência é constituída por um agregado de pequenas inflorescências, contendo de 5 a 10 flores (cimeiras), que possuem coloração roxa clara ou branca, cada uma delas abrindo em uma sequência definida, o que causa considerável irregularidade no processo de abertura das flores. A estrutura floral é chamada de umbela, possui de 50 até 2.000 flores. Em geral, há uma amplitude de 25 até mais de 30 dias, entre a abertura da primeira e da última flor de uma mesma umbela (Kiill; Resende; Souza, 2007). Segundo Brewster (2008), os estágios de abertura floral em *A. cepa* são definidos da seguinte maneira: primeiro ocorre à abertura das tépalas e inicia-se a secreção de néctar, após ocorre à deiscência e a liberação de pólen pelos estames, então o estigma se torna pegajoso e receptivo quando as anteras pararam de liberar pólen. Bulbilhos, topsets, podem ser formados nas umbelas, e a remoção das flores tende estimular sua formação (Rubatzky; Yamaguchi, 1997).

Uma das características marcantes no gênero *Allium*, e que são usadas na diferenciação entre as espécies são as inflorescências. Assim como as folhas, os escapes, os órgãos de armazenamento e sabor, o hábito de floração e a morfologia floral são úteis para identificação das espécies. As inflorescências são em umbela, as flores contam com a presença de nectários, possuem um ovário com três câmaras e basicamente, 8 cromossomos em espécies cultivadas (Rubatzky; Yamaguchi, 1997). Essas diferenças entre as espécies podem ser analisadas na Tabela abaixo:

**Tabela 2.** Características que são utilizadas na identificação de espécies do gênero *Allium* (Adaptado de Rubatzky e Yamaguch,1997).

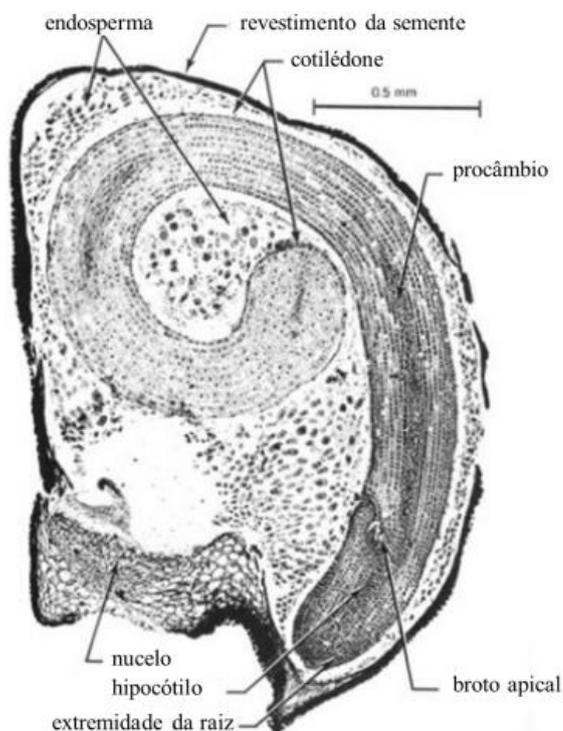
| <i>Allium</i>  | Número de cromossomo diplóide | Porções usualmente comestíveis     | Flores de cor                     | Formação de bulbos | Inflorescência com bulbilhos      |
|--|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Cebola ( <i>A. cepa</i> ) e Chalota ( <i>A. oschaninii</i> ) | 16                            | Bulbos, bases e lâminas das folhas | Branca, verde listrada            | Sim                | Ausente na maioria das cultivares |
| Alho ( <i>A. sativum</i> )                                   | 16                            | Dentes                             | De lavanda a verde claro e branco | Sim                | Muito comum                       |
| Alho-poró ( <i>A. porrum</i> )                               | 32                            | Pseudocaule                        | Branca para roxa                  | Não                | Geralmente não                    |
| Cebolinha japonesa ( <i>A. fistulosum</i> )                  | 48                            | Folhas, bases e lâminas foliares   | Branca para roxa                  | Não                | Ausente na maioria das cultivares |
| Cebolinha ( <i>A. schoenoprasum</i> )                        | 16,24 ou 31                   | Folhas, bases e lâminas foliares   | Roxa ou rosa, raramente branca    | Não                | Raramente                         |
| Rakkyo ( <i>A. chinense</i> )                                | 16,24 ou 32                   | Bulbos, folhagem basal intumescida | Rosa púrpura                      | Sim                | Não                               |
| Nirá ( <i>A. tuberosum</i> )                                 | 32                            | Botões florais, escapos, e folhas  | Branca                            | Não                | Não                               |

### 3.4 Sementes

As sementes resultantes da autopolinização e/ou da polinização cruzada realizada por insetos são pretas e muito pequenas: cerca de 350 sementes pesam aproximadamente 1 grama. Comercialmente, a propagação do alho-poró é realizada por sementes. Por apresentar germinação lenta, assim como o desenvolvimento da plântula e necessitar de um longo período para completo crescimento, é preferível realizar o plantio das sementes em sementeiras, e posteriormente efetuar o transplante para o canteiro de cultivo. As sementes são preparadas e/ou pré-germinadas previamente ao cultivo nas sementeiras. Em solos com temperaturas entre 11°C a 23°C, apresentam bom potencial germinativo e são temperaturas preferíveis nesta etapa. Em temperaturas superiores a 27°C, o potencial germinativo é nitidamente reduzido (Rubatzky; Yamaguchi, 1997).

O desenvolvimento das sementes de alho-poró não consta na literatura tão detalhadamente como consta para *A. cepa*, e levando-se em consideração a semelhança entre as espécies, e que ambas seguem o mesmo padrão de germinação e emergência, cabe a descrever como ocorre todo processo. Brewster (2008) cita a pesquisa desenvolvida por

Rabinowitch (1990), onde o autor descreve em detalhes o desenvolvimento das sementes de *A. cepa* após a fertilização. A estrutura interna pode ser observada na Figura 5.



**Figura 5.** Seção longitudinal através de uma semente de cebola madura com embrião. O embrião consiste em uma raiz, um hipocótilo com ápice caulinar e um longo cotilédone. O procâmbio se estende por todo o comprimento do embrião. O cotilédone termina em um haustório, que absorve nutrientes de um endosperma de parede espessa durante a germinação. Uma pequena quantidade de nucelo encontra-se sob o revestimento da semente em uma das extremidades (Adaptado de Brewster, 2008).

O embrião está enrolado dentro da semente e consiste em uma pequena raiz abaixo do ápice do caule, que está localizado junto com o primórdio da primeira folha, na base de uma abertura na extremidade inferior do cotilédone. Após a germinação, a primeira folha emergirá deste lado. O cotilédone forma a maior parte do embrião e consistem principalmente de pequenas células densamente empacotadas com reservas de gordura globular, proteína e fosfato de açúcar (fitina) (Brewster, 2008). O início do tecido condutor é visto como um filamento procambial central. Na ponta do cotilédone, incorporando-se ao endosperma circundante, há um inchaço denominado haustório. Durante a germinação, ele absorve nutrientes das reservas de endosperma e os transfere para o cotilédone em crescimento. As células da parede espessa do endosperma também estão repletas de glóbulos de reserva de proteínas e lipídios.

Durante a germinação, a porção inferior do cotilédone se alonga primeiro e a raiz emerge. As divisões celulares ocorrem ao longo do cotilédone à medida que se alonga. A raiz

primária cresce para baixo e a fenda que contém o meristema apical permanece no solo, enquanto uma curva acentuada em forma de U invertido se desenvolve no cotilédone, no meio do caminho entre a fenda apical e o haustório, que permanece embutido na semente. A curva forma um joelho afiado, que é empurrado para cima através da superfície do solo pelo alongamento do cotilédone em cada lado dele. Como resultado, o cotilédone emerge do solo como um laço, antes de endireitar e finalmente empurrar a camada de solo (Brewster, 2008).

#### 4. Semeadura, plantio e colheita

De acordo com as variedades, o alho-poró pode ser semeado ou plantado, manualmente ou através do plantio mecanizado. Nas zonas de clima temperado, o plantio poderá ser realizado ao longo de todo o ano, e nas zonas mais frias, durante os meses de março e abril. Geralmente, as plantações são realizadas entre os meses de agosto e setembro, e a colheita é feita no inverno (Lopes; Simões, 2007). No Brasil, por possuir várias regiões climáticas e ser uma planta típica de frio, deverá ser plantada nos períodos de outono e inverno, de acordo com a região em que se encontra (EMBRAPA, 2010).

**Tabela 3.** Épocas recomendadas para o plantio de alho-poró nas regiões do Brasil (Adaptado de Vieira, 2010).

| Espécie   | Épocas recomendadas para o plantio |             |            |              |       | Início de colheita<br>(após o plantio) |
|-----------|------------------------------------|-------------|------------|--------------|-------|--|
|           | Sul                                | Sudeste     | Nordeste   | Centro-Oeste | Norte |  |
| Alho-poró | Março/Junho                        | Março/Junho | Maió/Junho | Abril/Junho  | *     | 90-120 dias                            |

\*Não recomendável o plantio

Para o plantio, o solo deve ser preparado com profundidades de 20 ou 25 cm, garantindo uma uniformidade e drenagem adequadas. Previamente ao plantio, a planta é preparada através do corte da parte superior das folhas. A preparação do terreno para plantio poderá ser feita em sulcos ou em camalhões largos. A plantação em sulcos facilitará as sucessivas amontoas que a cultura exige ao longo do ciclo, sendo realizado a 15 cm de profundidade, distanciando as plantas em torno de 75 cm. Quando elaborado em camalhões, o plantio poderá ser feito em covas individuais, dispostos em três linhas. Em plantio mecanizado, o sulco de plantio é raso (Lopes; Simões, 2007).

A semeadura direta possibilita talos eretos, podendo ser mais vantajosa quando a produção é destinada à indústria. No entanto, os talos podem se apresentar com menores comprimentos, propiciando o aparecimento do bulbo. As principais exigências do cultivo por semeadura direta são: a preparação do terreno, a regularidade da semeadura e o cuidado com

as plantas infestantes (que podem ser consideradas invasoras quando prejudicam a lavoura) (Lopes; Simões, 2007). O uso de *mulching*, (cobertura) com filme plástico de polietileno é uma opção para a redução aplicações de herbicidas nas plantas infestantes durante o cultivo de alho-poró.

O plantio manual pode ser feito em sulcos com 15 cm de profundidade, com distância entre sulcos de 75 cm, e entre plantas de 10 cm na linha. A densidade de plantio é de 12,5 plantas/m<sup>2</sup>. Em plantios mecanizados, devem-se utilizar espaçamentos de 30 a 60 cm entrelinhas, e de 10 a 15 cm na linha de plantio. É fundamental que o plantio seja feito de maneira cuidadosa, deixando as plantas jovens exatamente na posição vertical, evitando a curvatura indesejada do caule. A distância entre os sulcos ou linhas deverá permitir a prática de 2 a 3 amontoas durante o cultivo, possibilitando-se a obtenção de talos com comprimentos maiores. A última amontoa deverá ser realizada cerca de 30 dias antes da colheita. A densidade de plantio dependerá do diâmetro desejado do talo. O diâmetro e comprimento médio dos talos aumentam à medida que a densidade diminui, enquanto a mortalidade das plantas aumenta proporcionalmente à densidade (Lopes; Simões, 2007).

A irrigação é necessária para uma produção de qualidade, mantendo a umidade ao longo do ciclo produtivo. O sistema de irrigação por gotejamento é preferível, pois é compatível com os sistemas de amontoas sucessivas (Lopes; Simões, 2007). Irrigações por aspersão também podem ser usadas, porém, é necessário evitar solos encharcados que acumulam muita água (Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas - ABCSEM, 2020).

A colheita deve ser efetuada de acordo com a época de cada variedade, devido à influência que esta exerce na qualidade e na conservação dos produtos colhidos. As plantas devem estar inteiras, com elevado grau de sanidade e sem apresentar umidade. A variedade também irá influenciar no tempo de colheita, que poderá ser feita de 5 a 6 meses após o plantio, ou de 7 a 8 meses após a semeadura das sementes. A colheita poderá ser manual ou mecanizada, e a limpeza deverá ser realizada imediatamente após a colheita, e consistirá na lavagem e eliminação das folhas externas e na remoção das raízes. Na colheita mecanizada, as plantas são cortadas com uma lâmina abaixo das raízes, e faz-se necessário que as plantas estejam uniformes, com o diâmetro e comprimento ideais da haste. Já na colheita manual, utiliza-se uma ferramenta na forma de uma pá estreita, que é introduzida verticalmente próxima ao colo da planta e, após torção, a planta é removida do solo (Lopes; Simões, 2007).

Em mercados consumidores que exigem pseudocaulos (talos) longos e brancos, é necessário realizar a amontoa, para que ocorra o branqueamento dos mesmos. O processo de

amontoa deve ser efetuado quatro semanas antes da colheita, ao longo do ciclo produtivo, de 2 a 3 vezes. Em plantios realizados em sulcos profundos, não é necessário realizar a amontoa. Quando ocorre crescimento excessivo, efetua-se o corte apical da planta a fim de cessar o crescimento (Lopes; Simões, 2007).

## **5. Efeitos de fatores ambientais**

O alho-poró é amplamente adaptado a diferentes condições edafoclimáticas, sendo capaz de extrair umidade e nutrientes dos solos devido ao seu sistema radicular adventício profuso, embora relativamente superficial e concentrado próximo à base do disco caulinar.

### **5.1 Temperatura e umidade**

O alho-poró é uma planta de clima temperado e úmido. As melhores temperaturas para o crescimento vegetativo situam-se entre 20°C e 25°C (Rubatzky; Yamaguchi, 1997). Embora seja uma cultura resistente ao frio, pode ocorrer parada de crescimento sob temperatura de 5°C (Lopes; Simões, 2007). Na maioria das condições de temperatura, não há formação de bulbo em alho-poró. Porém, em condições de dias longos, as reservas alimentares podem ser acumuladas internamente, nas bases da bainha foliar, aparentando um bulbo intumescido. As temperaturas entre 12°C e 18°C tendem a aumentar o intumescimento da base das folhas, enquanto nas temperaturas acima ou abaixo desta faixa não há ocorrências significantes (Rubatzky; Yamaguchi, 1997).

### **5.2 Fotoperiodismo**

Segundo Chang (1968), o comprimento de um dia é conhecido como fotoperíodo e as respostas do desenvolvimento das plantas ao fotoperíodo são chamadas fotoperiodismo. O primeiro estudo sobre fotoperíodo foi publicado por Garner e Allard em 1920, ao notarem que uma variedade de tabaco, com floração tardia, que havia sido desenvolvida no sul dos Estados Unidos, não florescia durante a estação de crescimento, mais ao norte de Washington, DC. As plantas eram eliminadas pela geada no outono, mesmo antes da floração ocorrer. No entanto, as plantas que eram cultivadas em estufa durante o inverno, florescia e frutificavam. Esses autores também descobriram que as plantas da estufa poderiam ser manipuladas e impedidas de florescer no inverno se o dia fora estendido com luz artificial (Chang, 1968).

Segundo Bergamaschi (2007), a indução ao rápido florescimento é o principal mecanismo de resposta ao fotoperíodo, pois determina a passagem da planta do crescimento vegetativo ao processo reprodutivo, indispensável à produção de frutos e sementes. Por sua

vez, a duração do ciclo está relacionada à ocorrência do florescimento. Assim, para muitas espécies, o ciclo pode ser alterado ao serem cultivadas em diferentes épocas ou latitudes.

Baixas temperaturas também podem influenciar o desenvolvimento vegetal, retardando o crescimento e prolongando o ciclo das plantas. Temperaturas inferiores à mínima basal podem paralisar o desenvolvimento das plantas, além de causar estresse, e isso varia de acordo com a sensibilidade das plantas e a intensidade ou duração do frio. No entanto, para algumas espécies, o frio hibernal faz-se necessário para completarem seu ciclo. Plantas perenes e espécies anuais possuem variedades que necessitam tratamento de frio em plântulas, processo também conhecido como vernalização, a fim de reduzir a necessidade térmica em etapas posteriores do ciclo. A ausência de frio hibernal ou a alternância de períodos frios e quentes causam floração esparsa e desuniforme em espécies que necessitam de vernalização. O florescimento pode ser limitado ou até cessado, no caso das plantas anuais de clima frio (Bergamaschi, 2007).

Em alho-poró, foram realizados experimentos em ambientes controlados, e os resultados indicaram que a indução do florescimento poderá ocorrer mais rapidamente entre temperaturas de 2 e 8°C, além de haver um aumento na porcentagem de plantas induzidas ao florescimento, quando a exposição ao frio permanece por 6 semanas (Wiebe, 1994). Wiebe (1994) observou que as mudas que pesavam 2 gramas, e possuíam de 4 a 5 folhas visíveis foram as mais responsivas à vernalização. Exposição imediata à temperatura de 18°C, logo após o tratamento a frio, reduziu a porcentagem de indução do florescimento e, portanto, teve um efeito desvernalizante. A temperatura considerada ótima para vernalização em alho-poró é de 5°C. A indução de florescimento pode ser promovida também pelo fotoperíodo, com dias curtos durante a vernalização e dias longos logo após esse processo.

Brewster (2008), resume que o controle da floração no alho-poró é muito semelhante ao da cebola. Ambos apresentam ineficácia quando são submetidos à vernalização quando se encontram em estágio juvenil. A floração pode ser zerada caso as plantas forem expostas a temperaturas entre 18 e 20°C, e a desvernalização poderá acontecer em temperaturas de 22°C, ou superiores. Segundo Wurr e tal. (1999), o alongamento dos escapos é promovido por fotoperíodos longos e temperaturas mais altas.

### **5.3 Vento**

O vento é um elemento meteorológico pouco estudado na cultura do alho-poró, e por esse motivo, não foram encontradas na literatura informações sobre efeitos fisiológicos causados pelo vento nessa cultura. Dessa maneira, acredita-se que o efeito ambiental causado

pelo vento na cultura do alho-poró afeta, da mesma forma, culturas semelhantes, como a cebola.

O vento é um fator que influencia o crescimento da cebola em dois aspectos: na transpiração e no efeito mecânico sobre as folhas. A taxa de transpiração pode ser afetada pelas correntes de ar. O vento desloca o vapor de água da superfície das folhas, afetando a diferença na pressão de vapor da superfície. Se a umidade relativa do ar estiver alta, o vento pode diminuir a transpiração ao resfriar as folhas, mas uma brisa seca aumentará muito a evaporação e conseqüentemente, a transpiração (Raven et al., 2014). Mesmo sendo as plantas de cebola tolerantes a ventos moderados, ventos de alta velocidade são prejudiciais ao crescimento e à produção, devido ao efeito mecânico negativo, que pode causar quebra das folhas, reduzindo a translocação de foto assimilados e nutrientes, proporcionando ainda, a abertura de portas para doenças fúngicas e bacterianas. Portanto, considerando-se a transpiração e o efeito mecânico causado pelos ventos, o movimento moderado do ar é o que melhor convém ao bom crescimento de plantas de cebola (Monteiro, 2009).

## **6. Solos, nutrição e micorrizas**

### **6.1 Solos**

O alho-francês (alho-poró) adapta-se a quase todos os tipos de solo, mas prefere os de aluvião, de textura arenosa a franco-arenosa, ricos em matéria orgânica (entre 2 a 4%), com pH entre 6,0 e 7,0 e condutividade elétrica inferior a 0,4 dS/m determinada em extrato aquoso, proporção 1:2 (solo/água). Apresenta sensibilidade à salinidade (Lopes; Simões, 2007).

### **6.2 Nutrição**

Pode ser aplicado de 20 a 60 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino bem curtido ou composto orgânico, sendo a maior dose para solos arenosos. Pode-se utilizar também 1/4 dessas quantidades se for esterco de galinha. Todos devem ser bem incorporados ao solo, entre 10 e 20 dias antes do plantio (ABCSEM, 2020). Na Tabela 4, estão indicadas as quantidades de nutrientes a aplicar de acordo com as classes de fertilidade do solo e a produção esperada.

**Tabela 4.** Necessidade nutricional (kg/ha) na cultura do alho-poró, de acordo com as classes de fertilidades do solo, para uma produção esperada de 35 a 45 t/ha (Adaptado de Lopes e Simões, 2007).

| Nutriente | Produção esperada t/há | Classes de fertilidade do solo |         |         |        |            |
|-----------|------------------------|--------------------------------|---------|---------|--------|------------|
|           |                        | Muito baixa                    | Baixa   | Média   | Alta   | Muito alta |
| N (*)     | 35,00                  |                                |         | 100,00  |        |            |
|           | 40,00                  |                                |         | 130,00  |        |            |
|           | 45,00                  |                                |         | 160,00  |        |            |
| P2O5      | 35,00                  | 135-165                        | 105-135 | 75-105  | 50-75  | 50,00      |
|           | 40,00                  | 150-180                        | 120-150 | 85-120  | 60-85  | 60,00      |
|           | 45,00                  | 180-200                        | 150-180 | 150-180 | 75-100 | 70,00      |
| K2O       | 35,00                  | 135-165                        | 105-135 | 75-105  | 50,00  | -          |
|           | 40,00                  | 150-180                        | 120-150 | 90-120  | 60,00  | -          |
|           | 45,00                  | 180-200                        | 150-180 | 100-150 | 70,00  | -          |
| Mg        | 35 a 45                | 10-20                          | 0-10    | -       | -      | -          |

\*No caso do nitrogênio não são utilizadas classes de fertilidade.

### 6.2.1 Nitrogênio (N)

A quantidade de nitrogênio (N) a ser aplicada é definida levando-se em consideração a produção esperada, que está intimamente relacionada com as condições climáticas e de solo da região de plantio, assim como pelo manejo utilizado (variedade, tipo de irrigação, preparação do solo, entre outros.). Para calcular corretamente a quantidade total de N a ser aplicado é necessário deduzir o N que fora aplicado via corretivos orgânicos (Lopes; Simões, 2007).

Ao aplicar o N ao solo, deve-se fracionar, aplicando-se metade ou um terço no fundo da cova, e o restante deverá ser aplicado em cobertura, por duas ou três vezes. Na semeadura ou plantio de inverno, é importante fracionar as coberturas (fevereiro/abril) em anos chuvosos, a fim de evitar perdas excessivas. Coberturas tardias devem ser evitadas. Elevar valores de aplicação de N em solos com pouca ou nenhuma matéria orgânica e em solos sem aplicações de corretivos orgânicos. Associar adubos com enxofre, sempre que possível, especialmente em solos com baixos teores de matéria orgânica e em derivados de areia ou arenitos (Lopes; Simões, 2007).

### 6.2.2 Fósforo (P), potássio (K) e magnésio (Mg)

As quantidades de fósforo, potássio e magnésio indicadas na Tabela 3 são utilizadas em aplicações em covas, a lanço, e uma parte poderá ser aplicada próxima da planta, de maneira localizada. Parte do potássio poderá ser aplicada a lanço, juntamente com o nitrogênio, apenas quando o solo estiver incluído nas classes de fertilidade mais baixas e

quando se desejar altas produções. No entanto, deve-se ter conhecimento dos desequilíbrios que podem ocorrer (Lopes; Simões, 2007).

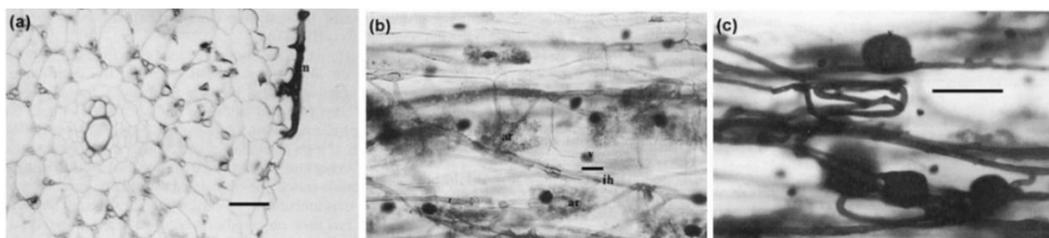
### 6.3 Micorrizas

As micorrizas são associações simbióticas íntimas e mutuamente benéficas entre fungos e raízes, que ocorrem na grande maioria das plantas vasculares, tanto silvestres quanto cultivadas. Os fungos das micorrizas beneficiam suas plantas hospedeiras ao aumentar a capacidade da planta de absorver água e alguns nutrientes, como o fósforo. Em troca desses benefícios, o fungo recebe da planta hospedeira carboidratos e outras substâncias essenciais para o seu crescimento (Raven et al., 2014). As simbioses micorrízicas são divididas em dois tipos principais: as ectomicorrizas e as micorrizas arbusculares, estas últimas, em maior predominância. As micorrizas arbusculares são simbioses entre um filo de fungos recentemente descrito, Glomeromycota, e uma ampla gama de plantas vasculares. Sua importância em espécies herbáceas torna as micorrizas arbusculares vitais para a produção agrícola, em particular em solos pobres em nutrientes (Taiz; Zeiger, 2017).

As micorrizas modificam o sistema de raízes da planta e influenciam a obtenção de nutrientes minerais por ela, mas o modo como elas fazem isso, varia entre as espécies. Fungos micorrízicos arbusculares desenvolvem, fora da raiz de seu hospedeiro, um sistema altamente ramificado (micélio) de hifas (estruturas filamentosas finas de 2 a 10  $\mu\text{m}$  de diâmetro) que exploram o solo. O micélio também auxilia a estabilizar agregados de partículas do solo, melhorando a sua estrutura. As hifas estendem-se no solo, bem além da zona de esgotamento que se desenvolve em volta da raiz e, portanto, podem absorver um nutriente pouco móvel como o fosfato além dessa zona. As hifas também penetram nos poros do solo que são muito mais estreitos do que aqueles disponíveis para as raízes (Taiz; Zeiger, 2017).

A raiz da planta hospedeira de micorrizas arbusculares mostra-se quase igual a uma raiz não micorrizada, e a presença dos fungos somente podem ser detectadas por coloração e microscopia. As hifas dos fungos micorrízicos arbusculares crescidas a partir de esporos no solo ou raízes de outras plantas penetram a epiderme da raiz e colonizam o parênquima cortical, estendendo-se através dos espaços intercelulares e invadindo as células corticais para formar: tanto estruturas altamente ramificadas denominadas arbúsculos (Figura 6), quanto complexas hifas enoveladas. Os fungos são restritos ao parênquima cortical e nunca penetram a endoderme ou colonizam o estelo da raiz. Essas estruturas aumentam a área de contato entre os simbioses e permanecem rodeadas por uma membrana da planta que participa na transferência de nutrientes do fungo para as células vegetais. O fosfato é liberado pelos fungos

diretamente no córtex da raiz. Depois de exportado dos arbúsculos ou novelos fúngicos, esse fosfato é absorvido pelas células vegetais. Em um grande número de espécies de plantas, a resposta à colonização por fungos micorrízicos arbusculares é o aumento da absorção de fosfato e, portanto, do crescimento, em especial quando o fósforo no solo é pouco disponível (Taiz; Zeiger, 2017).



**Figura 6.** Raiz de alho-poró colonizada pelo fungo micorrízico *Glomus mosseae*. A raiz foi removida com hidróxido de potássio (KOH) e tingida com azul de triptano. (a) Seção transversal mostrando micélio externo (m) aderido à superfície da raiz. (b) Corte longitudinal mostrando vesículas (v), arbúsculos (ar) e hifas internas (ih). (c) Vesículas (v) em maior ampliação. Barra de escala = 100µm (Adaptado de Brewster, 2008).

As raízes das plantas do gênero *Allium* são frequentemente colonizadas por fungos da família Endogonaceae. As hifas desses fungos penetram entre as células do córtex da raiz e se estendem para o solo. Dentro da raiz, as hifas formam apêndices ramificados que penetram nas paredes das células do hospedeiro, mas permanecem fora da membrana citoplasmática das células da raiz. Glóbulos de citoplasma denso se acumulam ao redor dessas invaginações, formando estruturas microscópicas em forma de árvore, chamadas de arbúsculos. O benefício mais importante para a planta é o aumento da absorção de fosfatos (P), além da absorção de água. Espécies do gênero *Allium* possuem raízes grossas e pouco ramificadas e não são dotadas de pelos. Essas duas características os tornam mal adaptados para absorver nutrientes presentes em baixa concentração no solo. O fosfato existe em baixa concentração na solução do solo e é fortemente adsorvido à fase sólida do solo. Como consequência, a transferência de P do solo para a planta é frequentemente limitada pela taxa de difusão para a superfície da raiz, especialmente em solos de baixa concentração de P disponível. Em solos com baixo teor de P, isso pode causar grandes aumentos na taxa de crescimento das plantas: em um ensaio, estimou-se que a infecção por micorriza era equivalente a 250 kg / ha de fertilizante fosfatado (Brewster, 2008).

Além do potencial para melhor absorção de P, a colonização das raízes por fungos micorrízicos arbusculares podem suprimir doenças das raízes (Whipps, 2004), podendo também aumentar a resistência à salinidade do solo e a estresse hídrico, bem como melhorar a

absorção de micronutrientes (Stribley, 1990; Brewster, 2008). Esses potenciais benefícios dão mais força para pesquisadores e produtores no desenvolvimento de sistemas de plantio com a utilização de associações com micorrizas arbusculares nas culturas de espécies de *Allium* (Brewster, 2008).

## **7. Estratégias para altas produções**

O objetivo da produção de qualquer espécie do gênero *Allium* é a obtenção de um alto rendimento, resultando em produtos de alta qualidade. A obtenção de tal colheita é o resultado final de muitos processos de crescimento e desenvolvimento. Alguns preceitos foram estabelecidos por Brewster (2008), e acabaram por determinar o rendimento das safras. Alguns desses foram elencados pelo autor em cultivos de alho-poró e cebola:

A quantidade de luz absorvida pelas folhas durante a produção de matéria seca: O rendimento é depende da quantidade de luz que é irradiada a campo e da porcentagem que é absorvida pelas folhas. Certamente, para que uma cultura tenha um alto rendimento deverá produzir um dossel foliar com uma alta porcentagem de absorção de luz incidente durante uma estação de alta radiação solar. Além disso, quanto maior for à duração da transferência do dossel foliar para o material a ser colhido, maior será o rendimento. Para espécies que não produzem bulbos, como o alho-poró, não há um limite finito. No entanto, a produtividade das safras de *Allium* pode ser reduzida por condições climáticas desfavoráveis ou pelo desenvolvimento da haste floral, o florescimento, segundo Brewster, 2008.

A eficiência com a qual a luz absorvida é convertida pela fotossíntese em sacarose, o rendimento pode ser afetado pela temperatura e pelo nível de água nas folhas. Se as temperaturas estiverem acima ou abaixo do ideal para a fotossíntese, sua eficiência será reduzida. Assim, se as folhas sofrerem estresse hídrico, até o ponto de fechamento dos estômatos e a resistência difusiva à entrada de CO<sub>2</sub> aumenta, então isto também reduzirá a eficiência fotossintética. Portanto, para que ocorra a fotossíntese e o crescimento, a cultura deve ter suprimentos adequados de água e nutrientes minerais, e as temperaturas devem ser adequadas (Brewster, 2008).

O coeficiente de conversão entre o peso da sacarose produzida pela fotossíntese e o peso da matéria seca armazenada nos tecidos estruturais e de armazenamento da planta depende, principalmente, da composição bioquímica. É produzido um valor inferior de lipídios, proteínas ou lignina por unidade de sacarose utilizada na síntese biológica, do que no caso dos hidratos de carbono estruturais ou de armazenamento (Brewster, 2008). As partes comestíveis das espécies de *Allium* contêm principalmente, açúcares simples e hidratos de

carbono, que servem para armazenagem de frutanos, além dos hidratos de carbono estruturais e constituintes protoplásmicos típicos da maioria das células vegetais. Compreendem, portanto, tecidos ricos em carboidratos e devem ter uma elevada proporção de peso seco final em relação ao fotossintetizado utilizado (Brewster, 2008).

A proporção da produção fotossintética transferida para a fração colhida da planta, no que diz respeito à parte da planta que será colhida, em alho-poró, varia com as tradições e exigências da comercialização. Por exemplo, no sul de Inglaterra o mercado requer apenas o pseudocaule, enquanto no norte do Reino Unido o alho-poró é vendido com porção adicional de folhagem acima do pseudocaule. Os pseudocaulos quando aparados, correspondem a 33-50% do peso total da planta (Brewster, 2008).

Com relação à respiração e deterioração da colheita: Mesmo com a ausência de florescimento e em condições climáticas favoráveis, o alho-poró pode atingir um rendimento máximo ou teto. Teoricamente, tal teto será alcançado quando os ganhos de matéria seca da fotossíntese forem iguais às perdas de matéria seca devido à respiração e senescência do tecido (Brewster, 2008).

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS. **Manual técnico para cultivo de hortaliças**. Campinas, 2020. Disponível em: <[www.abcsem.com.br](http://www.abcsem.com.br)>. Acesso em: 06 jul. 2021.

AUSTRALIAN PLANT NAME INDEX. *Allium porrum* L. Disponível em: <<https://id.biodiversity.org.au/instance/apni/932277>>. Acesso em: 21 maio 2021.

BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. REGO, G.; NEGRELLE, R. (Ed.). **Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. p. 291-310.

BERGNER, P. **The healing power of garlic: the enlightened person's guide to nature's most versatile medicinal plant**. Washington: Prima Publ., 1996.

BRASIL. **Alho-poró**. Disponível em: <<https://escola.britannica.com.br/artigo/alho-poró/483047>>. Acesso em: 20 maio 2021.

BREWSTER, J.L. **Onions and other vegetable alliums**. 2<sup>nd</sup> ed. Wallingford: CABI, 2008.

CARRADICE, P. **The leek, national emblem of Wales**. Disponível em: <<https://www.bbc.co.uk/blogs/wales/entries/531cbdfa-be23-3bfa-b37e-446b779a94ec>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

CHANG, J.H. **Climate and agriculture: an ecological survey**. Transaction Publ., 1968.

EMBRAPA. **Catálogo brasileiro de hortaliças**: saiba como plantar e aproveitar 50 das espécies mais comercializadas no país. Brasília: Embrapa Hortaliças; SEBRAE, 2010.

GONÇALVES, E.G.; LORENZI, H. **Morfologia vegetal**: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011.

JOHNSON, B. **The leek - national emblem of Wales of the Welsh**. Disponível em: <<https://www.historic-uk.com/HistoryUK/HistoryofWales/The-Leek-National-emblem-of-the-Welsh/>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

KIILL, L.H.P.; RESENDE, G.M.; SOUZA, R.J. **Cultivo de cebola no Nordeste**. EMBRAPA Semi-Árido, 2007. (Sistemas de Produção, 3). Disponível em: <[http://www.cpatia.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spcebola/botanica.htm](http://www.cpatia.embrapa.br:8080/sistema_producao/spcebola/botanica.htm)>. Acesso em: 17 jun. 2021.

LOPES, A.; SIMÕES, A.M. **Produção integrada em hortícolas**: família das aliáceas e das asparagáceas-alho, alho- francês (alho-poró) cebola e aspargos. Lisboa: Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, 2007.

McCLINTOCK, J.; STRONG, J. **Leek**. Disponível em: <<https://www.biblicalcyclopedia.com/L/leek.html>>. Acesso em: 19 maio 2021.

MONTEIRO, J.E.B.A. **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009.

NEWENHOUSE, A.C. **A plain language guide growing fresh market onions, garlic, and leeks**. Madison: University of Wisconsin, Cooperative Extension, 2003. Disponível em: <<http://datcp.state.wi.us/>>. Acesso em: 22 jun. 2021.

PORTAL DO JARDIM. **Alho-francês**. Disponível em: <<https://www.portaldojardim.com/pdj/2011/09/10/alho-frances/>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

RAHN, K. Alliaceae. In: KUBITZKI, K. (Ed.). **Flowering plants monocotyledons**. Berlin; Heidelberg: Springer, 1998. p. 70-78.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. 856 p.

RUBATZKY, V.E.; YAMAGUCHI, M. *Alliums*. In: RUBATZKY, V.E.; YAMAGUCHI, M. **World vegetables**: principles, production, and nutritive values. 2<sup>nd</sup> ed. Boston: Springer US, 1997. p. 279-332.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.D. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Plants database**. Disponível em: <<https://plants.sc.egov.usda.gov/home/classification/27828>>. Acesso em: 17 jun. 2021.

VAN DER MEER, Q.P.; HANELT, P. Leek (*Allium ampeloprasum*). In: BREWSTER, J.L.; RABINOWITCH, H.D. (Ed.). **Onions and allied crops**. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 179-196.

WEAVER, J.E.; BRUNER, W.E. **Leek**: root development of vegetable crops. New York: McGraw-Hill, 1927.

WHIPPS, J.M. Prospects and limitations for mycorrhizas in biocontrol of root pathogens. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 82, n. 8, p. 1198-1227, 2004.

WIEBE, H.J. Effects of temperature and daylength on bolting of leek (*Allium porrum* L.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 59, n. 3/4, p. 177–185, 1994.

WURR, D.C.E. et al. Growth, development and bolting of early leeks in the UK. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 74, n. 1, p. 140–146, 1999.

XINQI, C. et al. Liliaceae. **Flora of China**, Harvard, v. 24.p. 73-263, 2000.

# ASPARGO



**ASPARGO** (*Asparagus officinalis*)

Denis Antônio Rocha Júnior

## 1. Origem e distribuição geográfica

Os primeiros relatos sobre o cultivo de plantas de aspargo originaram-se no Leste do Mediterrâneo e da Ásia Menor. Sua distribuição abrange 35 espécies na Colônia do Cabo, 9 na África tropical, algumas nas ilhas Madeira, Canárias e Mascarenhas, além de 47 na região do Mediterrâneo, com predominância no Leste em relação ao Oeste. Cerca de 16 espécies são encontradas no Leste da Índia e no Arquipélago Malaio, enquanto a Ásia Central e oriental possuem 4 espécies cada. A espécie mais amplamente distribuída é *A. officinalis*, que pode ser encontrada desde a Espanha até a Sibéria e do Mediterrâneo até a Noruega.

Cada região e nação enfrentam desafios únicos, os ambientes variam amplamente, desde regiões subtropicais e tropicais, com potencial para colheita durante todo o ano, até áreas temperadas, onde a colheita é limitada à primavera (Drost, 2023). As principais regiões de produção de espargos e suas áreas de cultivo são: Leste Asiático, incluindo China e Japão, com 100.915 hectares; Europa, abrangendo Alemanha, Espanha, França e Itália, com 58.590

hectares; América do Norte, composta por México, EUA e Canadá, com 43.835 hectares; América do Sul, representada por Peru e Chile, com 36.585 hectares; e Australásia, englobando Austrália e Nova Zelândia, com 2.036 hectares (FAO, 2024).

Na atualidade a cultura abrange todos os cinco continentes, com destaque para a China, que é responsável por 87,5% da produção asiática, seguida pelo Peru na América do Sul e pela Alemanha na Europa (Associação dos Jovens Agricultores de Portugal - AJAP, 2019). No Brasil, a cultura do aspargo foi introduzida na década de 1930 na região Sul, em Pelotas, RS, considerando que seria o único local para adaptação da espécie, em que acreditava-se ser uma cultura de clima frio. No final de 1970, já ocupava cerca de 500 hectares na região Vale do São Francisco, e assim migrando para demais regiões do nordeste brasileiro e alcançando o norte de Minas Gerais.

## 2. Classificação botânica

De acordo com o sistema de classificação de Engler (1964) e Cronquist (1981), o aspargo é classificado da seguinte maneira (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classificação botânica do aspargo segundo Engler e Cronquist.

|                  | <b>Engler</b>    | <b>Cronquist</b> |
|------------------|------------------|------------------|
| <b>Divisão</b>   | Angiospermae     | Magnoliophyta    |
| <b>Classe</b>    | Monocotyledoneae | Lilopsida        |
| <b>Subclasse</b> | ----             | Liliidae         |
| <b>Ordem</b>     | Liliflorae       | Asparagales      |
| <b>Família</b>   | Liliaceae        | Asparagaceae     |
| <b>Gênero</b>    | <i>Asparagus</i> | <i>Asparagus</i> |

Taxonomistas modernos colocaram o gênero *Asparagus* na família Asparagaceae, dentro da ordem Asparagales, em vez de Liliaceae. A família Asparagaceae inclui outros dois gêneros, *Asparagopsis* e *Myrsiphyllum*, e cerca de 370 espécies, a maioria cultivada como plantas ornamentais ou medicinais (Ali; Khan, 2009). Fellingham e Meyer (1995) determinaram que a família Asparagaceae é caracterizada por possuir rizomas, caule aéreo ramificado, folhas semelhantes a escamas, cladódios (caules modificados) e flores axilares ou inflorescências axilares.

O aspargo pertence à família Asparagaceae com aproximadamente 300 espécies (GUO et al., 2023), e o gênero *Asparagus* possui cerca de 150 espécies, sendo encontradas como plantas herbáceas, arbustivas, lenhosas, tenras e vinhas (Bassett, 1986). De acordo com Clifford e Coran (1987), a classificação consiste em três subgêneros: *Asparagus*,

Protasparagus e Myrsiphyllum, sendo o primeiro composto por plantas dioicas com flores unissexuais e os demais possuem plantas hermafroditas (Stajner et al, 2002).

No subgênero *Asparagus*, as espécies *A. cochinchinensis*, *A. officinalis*, e *A. racemosus*, têm sido alvo de estudos para a cultura devido aos benefícios que podem oferecer a saúde humana (Sharma et al., 2021). Entretanto, a espécie *A. officinalis* é a única a ser consumida na dieta humana, enquanto a *A. racemosus* é utilizada desde os primórdios para a medicina popular e tradicional (Jagannath et al., 2012).

### 3. Morfologia e anatomia

*Asparagus officinalis* é uma planta perene dióica, seus caules aéreos podem alcançar cerca de 1 a 2 metros e são altamente ramificados, cada um de seus ramos é como uma folha em forma de escama, semelhante a um pergaminho, sendo uma característica de sua disposição foliar em um arranjo 2/5, os principais órgãos fotossintéticos da planta são pequenos ramos com o formato de uma agulha (filódios ou cladódios), sendo encontrados em forma espiral em nós do caule e de ramos (Blasberg, 1932).

O número de caules de cada planta pode variar parcialmente de acordo com o manejo cultural ou ao sexo, contudo irá depender, sobretudo, das características específicas de cada planta (Schermerhorn, 1928). A partir das gemas, surgem os brotos (turiões) que com o desenvolvimento subsequente se transformam nas hastes. O componente comercialmente relevante do aspargo é o turião. No Brasil, os brotos são comumente consumidos em conserva (Santos; Freitas, 2020).

O sistema radicular do aspargo possui renovação constante após cada ciclo de produção. As raízes do aspargo se dividem em dois tipos: as de reservas (carnosas), que se originam do rizoma e armazenam substâncias fotossintetizadas, e as raízes fibrosas, localizadas sobre as raízes de reserva, responsáveis pela absorção de água e nutrientes do solo (Oliveira et al., 1981).

As plantas de aspargo que possuem pistilos são homogâmicas (XX) recessivas, e suas flores apresentam estames com anteras colapsadas e sem polen. Enquanto, as plantas com estames podem ser heterogâmicas (XY), ocasionalmente andromonoicas, ou homogâmicas (YY), elas possuem flores com pistilos principalmente rudimentares, contendo óvulos degenerados. (Reimann-Philipp; Zilm; Eresen, 1959).

Considerando que as flores ocasionais em machos andromonoicos são bissexuais e que pistilos ou estames rudimentares são encontrados em flores unissexuais, sugere-se que os aspargos sejam potencialmente hermafroditas, sendo assim para uma terminologia correta, os

termos "masculino" e "feminino" deveriam ser reservados aos gametas e aos gametófitos que os produzem, não sendo aplicados às plantas esporófitas ou às suas flores (Lazarte; Palser, 1979).

As flores possuem estames livres com seus filamentos presos até a metade dos lóbulos do perigônio. O perigônio é pendente com forma de sino, com tépalas soldadas ao meio e unidas, de cor branca-amarelada, o pedúnculo é filiforme, medindo de 7 a 15 mm de comprimento, e articulado acima do meio. Seus frutos possuem a baga vermelha, contendo geralmente de 1 a 4 sementes (Mendoza, 1942).

#### **4. Germinação e propagação**

A semente do aspargo comum se origina de um óvulo anátropo, com dois óvulos geralmente desenvolvidos em cada um dos três lóculos do ovário. O tegumento da semente é preto, finamente rugoso e relativamente quebradiço. O embrião é uma estrutura delgada, semelhante a um fio, totalmente imersa no endosperma duro e córneo, cujas paredes são compostas de hemicelulose (Robbins; Borthwick, 1925).

A germinação e emergência das sementes de aspargo são processos lentos, podendo levar de quatro a seis semanas a partir da semente até o estabelecimento das plântulas, visto que este tempo é influenciado pela temperatura e umidade do solo (Bittencourt et al., 2004). Apesar da germinação lenta, as sementes de aspargo possuem uma rápida absorção de água, sendo capaz de atingir cerca de 50% do peso da semente em 80 horas (Krarup, 1991). As sementes de aspargo embebidas previamente em água germinam mais rapidamente do que aquelas não embebidas (Borthwick, 1925).

A propagação tradicional de aspargos é caracterizada por uma eficiência limitada, devido à baixa taxa de germinação das sementes, que resulta em proporções equitativas de plantas masculinas e femininas, além disso, a propagação vegetativa por meio da divisão mecânica do rizoma é um processo demorado e dispendioso, resultando em uma produção restrita de cópias clonais da planta (Sallam; Hegazi; Bekheet, 2023).

A propagação vegetativa por meio de estacas não é viável (Tincker, 1938; Wellenksiek, 1949) e também a divisão das coroas individuais não foi comercialmente executável, devido que somente algumas plantas geneticamente idênticas podem ser desenvolvidas em qualquer momento. Dessa forma, a cultura de tecidos mostra-se eficaz para propagar plantas de aspargo geneticamente idênticas em grandes quantidades (Yang, 1977).

Existem três tipos de métodos de micropropagação utilizados para a propagação de aspargo (Yang; Clore, 1973; Martín et al., 2014): organogênese direta, método de alta

estabilidade genética das progênies de aspargos micropropagadas (Regalado et al., 2015). Organogênese indireta, métodos que envolvem a regeneração de brotos adventícios ou plântulas inteiras de aspargos a partir de tecidos calosos ou células de origem somática (Benmoussa et al., 1997; Bui Dang Ha; Norreel; Masset, 1975; Dan; Stephens, 1994) e embriogênese, método de rastreio de agentes patogênicos ou toxinas e na indução/regeneração de células geneticamente modificadas através de métodos biotecnológicos (Encina; Regalado, 2022).

## **5. Desenvolvimento de raízes**

O aspargo é caracterizado pela presença de raízes bifurcadas, compostas por raízes carnosas, responsáveis pelo armazenamento de substâncias nutritivas, e raízes fibrosas, situadas acima das carnosas, encarregadas da absorção de água e nutrientes do solo. As raízes carnosas, à medida que crescem em diâmetro e comprimento, persistem por vários anos, o que contribui para o desenvolvimento gradual das plantas e atrasa o período necessário para atingir a produção plena. Em contrapartida, as raízes fibrosas são anualmente renovadas.

O sistema radicular do aspargo é composto por um rizoma subterrâneo, raízes carnudas de armazenamento e raízes fibrosas de alimentação. As raízes carnudas são geralmente não ramificadas, variando em diâmetro de 2 a 6 mm, e podem crescer até comprimentos de 1 a 2 metros. As raízes fibrosas podem ser ramificadas ou não ramificadas e atingem até 2 mm de diâmetro. As raízes carnudas permanecem funcionais por até 6 anos, enquanto as raízes fibrosas parecem crescer por apenas 1 ano. Fatores que podem afetar a dinâmica do crescimento radicular incluem operações de preparo do solo, saúde das plantas, gestão da água do solo e níveis de carboidratos nas raízes (Drost; Wilson, 2003).

A raiz da planta surge na terceira e última etapa do desenvolvimento da germinação (Fase III), observa-se um incremento adicional no nível de umidade, acompanhado pelo crescimento visível do eixo embrionário, marcando o início da protrusão da raiz primária. Após a raiz primária emergir da semente, surge o hipocótilo curto e a porção basal do cotilédone. A porção superior do cotilédone permanece na semente, onde absorve os nutrientes de reserva.

Nas plantações de aspargos jovens e recentemente estabelecidas, a formação de novas raízes entumecidas inicia-se logo após a emergência inicial dos brotos. As raízes de armazenamento geralmente se originam abaixo ou ao lado do rizoma e se estendem para baixo e/ou para fora. A formação de raízes carnudas em algumas cultivares iniciam entre 6 e 10 semanas após a emergência das plantas (Drost, 2023).

De acordo com Drost e Wilcox-Lee (2000), durante o estabelecimento das lanças e samambaias na primavera, é observada uma baixa taxa de formação de novas raízes, e em plantações mais antigas e maduras, a produção de novas raízes carnudas começa após o estabelecimento da samambaia no verão. A habilidade dos aspargos de desenvolver muitas raízes de grande porte e acumular carboidratos de forma adequada é fundamental para alcançar altos rendimentos de lanças nas colheitas atuais e futuras.

## **6. Desenvolvimento do caule**

O aspargo possui um caule principal (caule-matriz), os ramos laterais, secundários e terciários e as pseudofolhas do caule- matriz dos aspargos apresentam alta concentração de clorofila, possibilitando a realização da fotossíntese, produção e armazenamento de nutrientes nas raízes subterrâneas, que fornecem os nutrientes necessários para o crescimento inicial das hastes jovens (Li et al., 2023). O caule-matriz dos espargos desempenha um papel crucial na produção de espargos (Yu, 2015).

No caule, existem gemas laterais dormentes com capacidade potencial de originar um novo eixo de crescimento, permitindo a extensão da copa da planta. Conforme a gema dormente se desenvolve para formar um broto aéreo, uma gema axilar é diferenciada em um de seus nós basais. Essa gema axilar dará origem à próxima lança, seja à direita ou à esquerda do eixo de crescimento. O desenvolvimento subsequente segue um padrão semelhante ao longo do eixo primário.

À medida que a planta envelhece, as gemas no caule se diferenciam rapidamente. Uma gema localizada imediatamente antes do alongamento apresenta, em seu nó basal, outro botão que posteriormente se desenvolve para formar a próxima lança. Esse processo continua, de forma que a, segunda, gema também apresenta um botão axilar em seu nó basal. Essa sucessão de botões confere à extremidade de crescimento da copa a aparência de um cacho.

## **7. Desenvolvimento de folhas**

A planta de aspargo possui uma porção aérea da samambaia composta por caules eretos e folhas modificadas (Castagnino et al., 2013). Inicialmente, durante a fase de germinação, a planta apresenta apenas uma pequena plântula com folhas simples. Conforme a plântula cresce, novas folhas são produzidas em uma sequência específica, geralmente uma por nó. Essas folhas são inicialmente compactas e em forma de agulha, mas à medida que a planta amadurece, as folhas se tornam mais desenvolvidas, adquirindo uma forma mais achatada e ramificada, características típicas das folhas maduras de aspargo.

As folhas são caracterizadas por serem finas e ramificadas, que se desenvolvem em ramos delicados e plumosos. As folhas são na verdade estruturas modificadas chamadas de cladódios, que desempenham a função de folhas para realizar a fotossíntese ativa na planta. Os cladódios são folhas achatadas, em forma de agulha, com cerca de 0,6 a 1,5 cm de largura e até 7 cm de comprimento. O desenvolvimento destes cladódios está intimamente ligado ao processo de fotossíntese e ao armazenamento de nutrientes nas raízes, contribuindo para o crescimento saudável da planta e a produção adequada de lanças.

Quando os cladódios dos rebentos jovens estão dobrados em direção ao caule e exibem uma cor clara, eles são principalmente sustentados pelas reservas armazenadas nas raízes. No entanto, à medida que se separam do caule e crescem, assumindo uma tonalidade verde intensa, a dinâmica se inverte. Nesse estágio, os cladódios realizam fotossíntese, produzindo fotoassimilados que são transportados através dos caules pelo floema em direção às raízes de armazenamento. Lá, esses fotoassimilados são acumulados na forma de frutoligossacarídeos, que são carboidratos de cadeia longa contendo vários elementos minerais (Vladimir; Rone, 2019).

## **8. Efeitos de fatores ecológicos**

A temperatura ideal para o crescimento dos turiões, estruturas de armazenamento de energia em algumas plantas, varia entre 11 e 13°C em média mensal. Para o desenvolvimento vegetativo, a faixa ótima de temperatura situa-se entre 18 e 25°C. Temperaturas abaixo de 15°C durante o dia e 10°C à noite interrompem seu desenvolvimento, enquanto temperaturas acima de 40°C dificultam seu crescimento (Morales; Israel, 2016).

A umidade relativa ideal para o crescimento dos turiões varia entre 60 e 70%. Em culturas ao ar livre, o vento pode afetar o desenvolvimento das folhas finais, potencialmente deslocando-as para um determinado lado, mas esse efeito não demonstrou ser prejudicial para a cultura. Em áreas com ventos predominantemente em uma direção, as fileiras de cultivo são geralmente orientadas nessa direção. Além de o vento ser um disseminador de patógenos capazes de afetar a cultura, recomendando-se instalações de quebra ventos.

O rendimento de uma colheita está intimamente ligado à eficiência fotossintética, que é fundamental para o desenvolvimento de uma massa vegetativa saudável. Esse crescimento saudável é essencial para garantir uma cobertura máxima do solo, o que permite a captura ideal da radiação solar.

## 9. Relações hídricas

Na região mediterrânea, o cultivo de aspargo ocorre durante o período de maior déficit hídrico climático. Por isso, é necessário irrigar os aspargos para garantir a produtividade nas colheitas subsequentes. A cultura do aspargo possui capacidade de retenção de água limitada e são relativamente resistentes à deficiência de água no solo, devido ao seu sistema radicular profundo e bem desenvolvido (Rolbiecki et al., 2021).

Embora os aspargos sejam conhecidos por sua tolerância à seca, a falta de água afeta negativamente tanto o rendimento quanto a qualidade da colheita. Conseqüentemente, ocorre a redução do tamanho e do número de brotos por planta, além do aumento da proporção de fibra nos brotos. Além disso, ao longo do tempo, a duração da plantação de aspargos tende a diminuir à medida que os períodos de estresse durante as estações de crescimento se tornam mais frequentes (Campi et al., 2019).

A literatura destaca principalmente os efeitos do estresse hídrico prolongado no rendimento e no crescimento das raízes e brotos de aspargos. Até o momento, não foram relatados os limiares de estresse hídrico para os processos hidrofisiológicos dos aspargos. Assim, há poucas informações sobre as respostas das relações hídricas dos aspargos aos déficits de água e os fatores que influenciam essas respostas.

## 10. Solos

O cultivo de *Asparagus officinalis* L. aspargos (Asparagaceae) é viável devido à sua rusticidade, crescendo bem em quase todos os tipos de solo, desde que não sejam excessivamente úmidos, embora a planta tolere uma variedade de condições de solo, para obter boas lanças são necessárias condições específicas de solo, que devem ser profundas, soltas, frescas e saudáveis. Os aspargos verdes são menos exigentes do que os brancos devido às diferenças no cultivo entre eles, a planta de aspargo possui um sistema radicular poderoso sendo capaz de explorar um grande volume de solo (Padilla, 2019).

A textura do solo adequada para o cultivo de aspargo deve obter uma inclinação para franco-arenosa ou siltosa. Embora os solos argilosos não sejam ideais, eles podem ser tolerados. Para garantir a qualidade comercial dos brotos, o solo não deve conter pedras que possam danificar os brotos em crescimento subterrâneo.

O pH do solo ideal está entre 7,5 e 8, mas os aspargos podem tolerar solos com pH de até 6,5. Eles também demonstram resistência à salinidade do solo e da água de irrigação, sendo uma das culturas hortícolas mais tolerantes a altos níveis de salinidade e condutividade elétrica.

## 11. Nutrição e micorrizas

No estado nutricional aspargo (*Asparagus officinalis* L.) existem barreiras, uma vez que esta espécie responde com mudanças sutis na concentração de nutrientes nos diversos tecidos diante de variações significativas nas doses de fertilização. Entre os tecidos analisados, as raízes suculentas apresentam a maior variação na concentração de nutrientes, possivelmente devido à capacidade da espécie de acumular uma grande quantidade de nutrientes e reservas orgânicas ao longo de seu ciclo anual de crescimento, reciclando-os.

Durante a fase de estabelecimento da cultura, a demanda por nutrientes é significativa devido à expansão ativa de raízes, rizomas e a alta produção de folhas entre as temporadas. Posteriormente, os órgãos de reserva alcançam um desenvolvimento que exerce um efeito amortizador entre o suprimento do solo e as necessidades da planta.

Em relação às necessidades nutricionais, o aspargo demonstra uma resposta elevada à aplicação de nitrogênio (N) e uma resposta moderada ao fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e ferro (Fe), enquanto exige menos cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B). Além disso, a absorção dos nutrientes aplicados via foliar pode ser de 2 a 30 vezes mais eficiente em termos de tempo do que quando aplicados no solo (Sánchez, 1998).

No caso das micorrizas, que estão amplamente distribuídas no reino vegetal, estima-se que entre 90 e 95% das famílias de plantas terrestres contenham esses organismos simbióticos. As micorrizas são aplicadas nas culturas em forma de biofertilizantes, que são capazes de proporcionar, a partir da solução do solo, troca de minerais e outras fontes de nutrição orgânica, além de proteção contra organismos parasitas do solo e resistência à seca, o que pode ser interessante em culturas perenes como o aspargo.

Na cultura de aspargo, os biofertilizantes proporcionam um efeito favorável no número de brotos alcançados, peso fresco comercial total e maior proporção de brotos dos mais altos calibres. Além disso, a biofertilização combinada dos espargos, tanto na raiz como foliar, alcançam resultados favoráveis nas plantações adultas da referida cultura (Castagnino et al., 2022).

## 12. Fotossíntese e translocação

Os espargos são plantas C3 com um nível relativamente alto de respiração insensível ao oxigênio, sendo os cladódios o principal local de assimilação de carbono. A luz pode penetrar nos níveis mais baixos da copa dos espargos, para que toda a copa seja capaz de realizar fotossíntese efetivamente. O rendimento anual de espargos está diretamente e positivamente associado à taxa fotossintética líquida e a atividade fotossintética difere entre

cultivares de aspargo. Diferenças na morfologia dos estômatos podem influenciar na transpiração e absorção líquida de CO<sub>2</sub>. As características específicas dos cultivares quanto aos estômatos ainda não foram investigadas para aspargo, mas foram relatadas para outras espécies.

Ao contrário da maioria das culturas perenes, a fotossíntese não contribui diretamente para o rendimento de lanças do aspargo, o fotoassimilado é produzido no verão e é translocado primeiramente para as raízes de armazenamento que em seguida será utilizado para o crescimento vegetativo da planta durante a primavera seguinte, em um ciclo anual. Sendo assim, no estágio de desenvolvimento da samambaia (a planta assimila o carbono), na fase de dormência de inverno (a planta armazena o carbono), e durante o desenvolvimento de lanças (a planta utiliza o carbono), conforme Guo et al. (2002).

Sawada et al. (1962), realizaram ensaios iniciais sobre fotossíntese no aspargo, e relataram que o teor de carbono assimilado nas samambaias aumentou continuamente de acordo com o aumento do número de horas de luz do dia. As taxas de assimilação foram estimadas pela diferença entre o teor assimilado, medido em laboratório, de amostras coletadas em campo em diferentes horários do dia. As taxas de assimilação de glicose variaram de 18 a 33 mg g<sup>-1</sup> de cladódios frescos. E constataram que a assimilação foi diretamente influenciada pelas condições climáticas, horas de sol e intensidade de luz; e que a assimilação não diferiu entre plantas estaminadas e pistiladas. Observaram ainda que os estômatos estão distribuídos por toda a superfície do cladódio.

A literatura sobre o estudo da relação entre capacidade fotossintética e rendimento apresentou duas opiniões diferentes; uma é que não existe uma relação direta entre a taxa fotossintética e o rendimento (Elmore, 1980); uma opinião contrária mostra que a taxa fotossintética está positivamente correlacionada com o rendimento (Zelitch, 1982). Este experimento estudou a taxa fotossintética de oito genótipos de aspargos na tentativa de determinar a relação entre a taxa fotossintética e o rendimento em aspargos.

O estudo da fotossíntese de toda a planta em condições de campo tem mais probabilidade de revelar os verdadeiros aspectos desta atividade fisiológica crítica, mas nenhum dos estudos anteriores sobre a fotossíntese de espargos foi conduzido em condições de campo e medindo a taxa fotossintética em uma planta inteira, nem nenhum dos estudos anteriores sobre a fotossíntese dos espargos tratam da variabilidade das taxas fotossintéticas entre diferentes genótipos (BAI, 1996).

### 13. Florescimento e frutificação

*Asparagus officinalis* é uma espécie dióica, com indivíduos unissexuais que produzem flores masculinas ou femininas. O controle genético da determinação do sexo nesta planta baseia-se em um modelo no quais genes reguladores controlam a expressão de genes estruturais para o desenvolvimento de estames e carpelos, que estão presentes em ambos os sexos. Dois tipos de genes reguladores são identificados: "ativador masculino" e "supressor feminino".

As flores masculinas e femininas em estádios iniciais de desenvolvimento possuem tanto carpelos quanto estames; a diferenciação sexual parece resultar do aborto seletivo de carpelos nas flores masculinas e estames nas flores femininas. No entanto, o padrão de aborto difere entre os dois sexos: nas flores femininas, os estames param de se desenvolver e colapsam, enquanto nas flores masculinas, o ovário permanece bloqueado em seu crescimento sem degenerar após os estames assumirem o controle.

De acordo com Lazarte e Palser (1979), o desenvolvimento das flores de aspargo foi dividido em sete estádios com base em parâmetros observáveis com estereomicroscópio. No estágio 1, a flor era um botão com todos os órgãos claramente visíveis, enquanto no estágio 7, a flor estava madura. A diferenciação sexual tornou-se detectável entre os estádios 4 e 5. No entanto, foram encontradas algumas diferenças bioquímicas entre os sexos no estágio 3, quando a aparência ainda era hermafrodita.

Durante a fase vegetativa, as plantas femininas e masculinas não se diferenciam e só se distinguem na época da floração e produção de frutos (bagas com 3 a 4 sementes). Quanto as flores que dão frutos são pequenas e têm formato de sino, podendo ser verdes claras, amarelas claras ou brancas. Os frutos são bagas redondas, com diâmetro de cinco a oito milímetros, começando verdes e ficando vermelhas quando maduras. Cada baba contém de três a seis sementes esféricas, pretas, parecidas com pequenas castanhas.

Existe uma correlação significativa entre o sexo dos espargos e seus cromossomos sexuais, e fatores como o ambiente externo e os hormônios exógenos têm pouco efeito no desenvolvimento dos órgãos dos espargos. O sexo dos espargos é controlado por genes determinantes do sexo nos cromossomos sexuais L5 homólogos (Zhou et al., 2010; Norup et al., 2015).

Ao estudar o processo evolutivo dos cromossomos sexuais da planta dióica, os pesquisadores descobriram que os cromossomos sexuais dos espargos estavam no estágio inicial da evolução sexual e continham cromossomos X e Y mais primitivos, onde a recombinação dos locais estéreis masculinos e femininos foi inibida, resultando em plantas

supermasculinas e bissexuais normais (Ray et al., 2011). Verificou-se que o sexo masculino e feminino dos espargos é controlado pela interação entre o gene inibitório masculino TDF1 e o gene inibitório feminino SOFF (Harkess et al., 2017).

#### **14. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente**

A cultura do aspargo demanda um clima temperado a quente, com temperaturas ideais variando entre 20 e 22°C, em altitudes de até 450 metros acima do nível do mar, e umidade relativa do ar entre 60% e 70%. A disponibilidade de luz é crucial, sendo mais intensa para o desenvolvimento de aspargos verdes e menos para os brancos (Obregón; Paz, 2014).

O espargo é uma planta que se adapta bem às mais diversas condições climáticas, mas prefere climas moderadamente frescos com temperatura média anual entre 15 e 20°C. É uma cultura de clima temperado que necessita do frio invernal para o repouso fisiológico para o acúmulo de reservas, sendo que foi verificado que a seca é capaz de proporcionar o devido período de repouso para a planta, independente da temperatura (Bittencourt, 2002).

#### **15. Estratégias para altas produções**

Em solos com deficiência de nutrientes, as plantas expostas e com distribuição radicular reduzida possuem baixa produtividade em comparação com plantas em solos bem nutridos. Para uma boa produção, as plantas necessitam de 200 kg de nitrogênio, 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 120 kg de K<sub>2</sub>O por hectare anualmente. Para alcançar alta produtividade de aspargos, é essencial realizar métodos que promovam o crescimento radicular e o acúmulo de açúcares nas raízes, por meio de um manejo e fertilização adequados do solo. Além disso, é importante não colher as lanças por um período muito longo, pois isso pode reduzir o vigor da planta e a produção nos anos seguintes.

Para alcançar alta produtividade, é fundamental manter as samambaias saudáveis durante todo o verão, equilibrando a recarga das raízes e a extensão da copa. Em cultivares com uma copa grande, desenvolver muitas raízes de armazenamento e produzir muitos botões, são elementos-chave para atingir esse objetivo.

As características morfológicas e os parâmetros de produtividade do aspargo variam de acordo com o cultivar e as diferentes condições de cultivo. Os cultivares devem ser atualizados e substituídos por variedades recentemente desenvolvidas e mais produtivas. Os melhoristas de aspargo frequentemente selecionam plantas vigorosas de campos antigos como um método de seleção para longevidade. Para desenvolver rapidamente cultivares altamente

produtivos e de longa vida, os melhoristas de aspargo devem ser capazes de selecionar os progenitores com essas características o mais cedo possível.

O teor de carboidratos armazenados no sistema radicular também é um indicador confiável do potencial de rendimento. Então, vários fatores influenciam o crescimento das raízes do aspargo, tais como o tipo de solo, o preparo do solo, o manejo da água, a nutrição das plantas e os cultivares.

## **16. Efeitos de reguladores vegetais**

Existe a hipótese de que os hormônios vegetais, possivelmente das escamas dos botões, podem ser o sinal das partes mais antigas da lança que aceleram a atividade da zona de alongamento e, portanto, resultam em crescimento exponencial. No entanto, houve poucos relatos mostrando diretamente a estimulação das taxas de crescimento de lanças por hormônios vegetais.

A aplicação de ácido naftalenacético (NAA) em lanças decapitadas é capaz de promover o crescimento dessas lanças inicialmente com 10-15 cm de altura, mas tem pouco efeito em lanças de 5 cm. A utilização de ácido giberélico (GA3) a 10 ppm estimula a taxa de alongamento das lanças, embora existam diferenças nos níveis de hormônios como ácido indolilacético (IAA) e ácido abscísico (ABA) ao longo da lança. No entanto, ainda não se sabe qual é o efeito desses hormônios na taxa de crescimento da lança. O composto ativo de citocinina, CPPU, é bem conhecido por promover o crescimento em alguns tecidos, estimulando a divisão e a expansão celular.

A composição do meio de indução e a concentração de reguladores vegetais (fitohormônios sintéticos) no meio têm se mostrado fatores importantes para a formação de embriões e regeneração, bem como para a subsequente regeneração de plântulas. A adição de ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) ao meio de cultura parece ser necessária para a indução da androgênese. A importância dos biorreguladores para aspargo é bem conhecida, sendo a otimização de sua concentração e composição de interesse, primordial ao utilizar esta técnica.

## **17. Senescência e aproveitamento de resíduos**

A pesquisa sobre senescência em plantas geralmente se concentra na senescência de órgãos fisiologicamente maduros, como frutos ou folhas. No entanto, partes vegetativas de plantas imaturas em termos de desenvolvimento e crescimento rápido também podem ser induzidas a envelhecer prematuramente, como ocorre nos aspargos colhidos. As alterações

fisiológicas e bioquímicas que ocorrem nas lanças de aspargos colhidos incluem perda de açúcares, quebra de proteínas, aumento de asparagina e glutamina livres, além de acúmulo de amônia.

Quando não são colhidas, as lanças dos aspargos se desenvolvem em estruturas foliares maduras e fotossintéticas, formando muitos ramos em forma de agulha que surgem em espirais de nós do caule e dos galhos. Durante o outono, em climas temperados, a samambaia entra em senescência, devolvendo nitrogênio, fósforo e potássio à copa subterrânea para apoiar o crescimento de novas lanças durante a primavera seguinte.

Os produtos vegetais, normalmente, geram grandes quantidades de resíduos. No caso dos espargos (verdes e brancos), estes resíduos incluem pontas, talos, cascas, espargos tortos, feios, entre outros, que às vezes, podem representar até 50% do material coletado.

A indústria de desidratação, especialmente no caso do aspargo, que utiliza brotos que não atendem aos requisitos para serem comercializados como produto fresco, oferece uma oportunidade de adicionar valor ao descarte comestível.

O fluxo de resíduos consiste principalmente em folhas e talos de aspargos, e sua utilização poderia melhorar significativamente a sustentabilidade do cultivo de aspargos.

Os caules dos aspargos têm um teor de proteína comparável a 20% (p/p, matéria seca), demonstrando potencial para extração de proteínas. Além disso, contêm compostos de alto valor biológico, como fenóis e saponinas, que podem agregar valor ao concentrado de caule de aspargos.

As raízes residuais do aspargo contêm diversos compostos bioativos, como saponinas, polifenóis e flavonoides, que possuem valor para aplicação em nutracêuticos e no processamento farmacêutico. Esses compostos bioativos podem ser extraídos das raízes, permitindo seu uso de forma controlada e oferecendo a oportunidade de agregar valor ao processo produtivo. Além disso, as raízes possuem propriedades alelopáticas, que podem inibir o crescimento de outras plantas de aspargo.

## **Referências**

ALI, S.L.; KHAN, S.W. Asparagaceae. In: ALI, S.; QAISER, M. (Ed.). **Flora of Pakistan** St. Louis: Missouri Botanical Garden, 2009. p. 24.

ASSOCIAÇÃO DOS JOVENS AGRICULTORES DE PORTUGAL. **Manual boas práticas para culturas emergentes: a cultura de espargos**. Lisboa, 2017. Disponível em: <[https://culturasemergentes.ajap.pt/wp-content/uploads/2019/01/Manual\\_Culturas\\_Emergentes\\_Espargos\\_Digital.pdf](https://culturasemergentes.ajap.pt/wp-content/uploads/2019/01/Manual_Culturas_Emergentes_Espargos_Digital.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2024.

BAI, Y. **Genetic variation in the photosynthetic activity of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cultivars and lines**. 1996. 97 f. Thesis (Master in Genetics) – Michigan State University, Ann Arbor, 1996.

BASSETT, M.J. **Breeding vegetable crops**. Westport: Avi Publ., 1986. 584 p.

BENMOUSSA, M.; MUKHOPADHY, S.; DESJARDINS, Y. Factors influencing regeneration from protoplasts of *Asparagus densiflorus* cv. Sprengeri. **Plant Cell Reports**, New York, v. 17, n. 2, p. 123-128, 1997.

BITTENCOURT, M.L.C. **Condicionamento osmótico de sementes de aspargo (*Asparagus officinalis* L.)**. 2002. 108 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

BITTENCOURT, M.L.C. et al. Efeito do condicionamento osmótico das sementes na germinação e no crescimento das plântulas de aspargo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v. 26, n. 2, p. 50-56, 2004.

BLASBERG, C.H. Phases of the anatomy of *Asparagus officinalis*. The University of **Chicago Press Journals**, Chicago, v. 94, n. 1, p. 206-214, 1932.

BORTHWICK, H.A. **Factors influencing the rate of germination of seed of *Asparagus officinalis***. Berkeley: Agricultural Experiment Station, 1925. 17 p. (Technical Paper, 18).

BUI DANG HA, D.; NORREEL, B.; MASSET, A. Regeneration of *Asparagus officinalis* L. through callus cultures derived from protoplasts. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 26, n. 91, p. 263-267, 1975.

CAMPI, P. et al. Increasing the effective use of water in green asparagus through deficit irrigation strategies. **Agricultural Water and Management**, Amsterdam, v. 217, n. 2019, p. 119-130, 2019.

CARMONA-MARTIN, E. et al. A new and efficient micropropagation method and its breeding applications in *Asparagus genera*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Amsterdam, v. 119, n. 3, p. 479-488, 2014.

CASTAGNINO, A.M. et al. Alternativas para enfrentar las actuales exigencias del mercado de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) verde en Argentina. 1. Empleo de híbridos, **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 3, n. 2, p. 210-223, 2012.

CASTAGNINO, A.M. et al. A. Influence of biofertilization on asparagus seedlings production. **Horticultura Argentina**, Mendoza, v. 41, n. 106, p. 28-44, 2022.

- CLIFFORD, H.T.; CONRAN, J.G. Protasparagus. In: GEORGE, A.S. (Ed.). **Flora of Australia**. 45<sup>th</sup> ed. Canberra: Australian Government Publ. Service, 1987. p. 154-159.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. 1262 p.
- DAN, Y.H.; STEPHENS, C.T. Regeneration of plants from protoplasts of *Asparagus officinalis* L. In: BAJAJ, Y.P.S. (Ed.). **Plant protoplasts and genetic engineering**. Berlin; Heidelberg: Springer, 1994. p. 3-15. (Biotechnology in Agriculture and Forestry, 5).
- DROST, D. Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) root distribution: cultivar differences in mature plantings. **Horticulturae**, Basel, v. 9, n. 9, p. 979, 2023a.
- DROST, D. Asparagus breeding: future research needs for sustainable production. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 14, p. 1148312, 2023b.
- DROST, D.; WILCOX-LEE, D. Tillage alters root distribution in a mature asparagus planting. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 83, n. 3/4, p. 187-204, 2000.
- DROST, D.; WILSON, D. Monitoring root length density and root biomass in asparagus (*Asparagus officinalis*) with soil cores. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 31, n. 2, p. 125-137, 2003.
- ELMORE, C.D. The paradox of no correlation between leaf photosynthetic rates and crop yields. In: HESKETH, J.D.; JONES, J.W. (Ed.). **Predicting photosynthesis for ecosystem models**. Boca Raton: CRC Press, 1980. v. 2, p. 155-167.
- ENCINA, C.L.; REGALADO, J.J. Aspects of *in vitro* plant tissue culture and breeding of *Asparagus*: a review. **Horticulturae**, Basel, v. 8, n. 5, p. 439-454, 2022.
- ENGLER, A. **Syllabus der pflanzenfamilien**. 2 v.
- FAO. **FAOSTAT**. Rome, 2024. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 14 jun. 2024.
- FELLINGHAM, A.C.; MEYER, N.L. New combinations and a complete list of *Asparagus* species in southern Africa (Asparagaceae). **Bothalia**, Cape Town, v. 25, n. 2, p. 205-209, 1995.
- GUO, J.; JERMYN, W.A.; TURNBULL, M.H. Diurnal and seasonal photosynthesis in two asparagus cultivars with contrasting yield. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 399-405, 2002.
- GUO, Y. et al. Literature analysis on asparagus roots and review of its functional characterizations. **Frontiers in Nutrition**, Lausanne, v. 9, n.10, p. 10-22, 2023.
- HARKESS, A. et al. The asparagus genome sheds light on the origin and evolution of a young Y chromosome. **Nature Communications**, London, v. 8, n. 1 p. 12-79, 2017.

JAGANNATH, N. Study of antiurolithiatic activity of *Asparagus racemosus* on albino rats. **Indian Journal of Pharmacology**, New Delhi, v. 44, n. 5, p. 576-579, 2012.

JOLY, A.B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 3. ed. São Paulo: Ed. Nacional, 1998. 777 p.

KRARUP, A. et al. Germinacion, emergencia y evaluacion de coronas de espárragos producidas a partir de semillas acondicionadas com polietilenglicol y sulfato de magnésio. **Agro Sur**, Valdivia, v. 19, n. 2, p. 88-93, 1991.

LAZARTE, J.E.; PALSER, B.F. Morphology, vascular anatomy and embryology of pistillate and staminate flowers of *Asparagus officinalis*. **American Journal of Botany**, New York, v. 66, n. 7, p. 753-764, 1979.

LI, C. et al. Grading and detection method of asparagus stem blight based on hyperspectral imaging of asparagus crowns. **Agriculture**, Ibadan, v. 13, n. 9, p. 1673, 2023.

MENDOZA, E. Las especies de asparagus cultivadas en la Argentina. **Darwiniana**, Buenos Aires, v. 4, n. 2/3, p. 311-323, 1942.

MORALES, I.; ISRAEL, D. **Influência de temperatura, inibidor enzimático y empaque, en la calidad y tiempo de vida útil del espárrago *Asparagus officinalis* mínimamente procesado**. 2016. 211 f. Monografía (Trabajo de Conclusión del Curso de Ingeniería Agroindustrial) - Facultad de Ingeniería em Ciencias Agropecuárias y Ambientales, Univerdad Técnica del Norte, Ibarra, 2016.

NORUP, M.F. et al. Evolution of *Asparagus* L. (Asparagaceae): out-of-South-Africa and multiple origins of sexual dimorphism. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Amsterdam, v. 92, p. 25-44, 2015.

OBREGÓN, M.Y.J.; PAZ, C.Z.S. **Evaluación de un híbrido de espárragos (*Asparagus officinalis* L.) con fertilización orgánica y química en el Campus Agropecuario UNAN-León, septiembre-diciembre 2013**. 2014. 57 f. Tesis (Doctorado in Ingeniería Agroecología Tropical) - Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, 2014.

OLIVEIRA, E.A. et al. **A cultura do aspargo**. Pelotas: EMBRAPA, UEPAE de Pelotas, 1981. 48 p. (Circular Técnica, 5).

PADILLA, A.M.G. Estudio geomorfológico y edafológico en el desarrollo de *Persea americana* (Lauraceae), *Asparagus officinalis* (Asparagaceae) y *Saccharum officinarum* (Poaceae) en la provincia de Trujillo, Perú. **Arnaldoa**, Trujillo, v. 26, n. 1, p. 447- 464, 2019.

RAY, M.; BENDAHDANE, A.; RENNER, S.S. Sex chromosomes in land plants. **Annual Review of Plant Biology**, Boca Raton, v. 62, n. 1, p. 485-514, 2011.

REGALADO, J.J. et al. Micropropagation of wild species of the genus *Asparagus* L. and their interspecific hybrids with cultivated *A. officinalis* L., and verification of genetic stability using EST-SSRs. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Amsterdam, v. 121, p. 501-510, 2015.

REIMANN-PHILIPP, R.; ZILM, B.; ERESEN, H. Cytologische untersuchungen zur identifizierung der geschlechtschromosomen bei *Asparagus officinalis* L. Verbindung mit der Züchtung rein männlicher Sorten. **Zeitschrift Pflanzenzucht**, Berlin, v. 42, p. 295-304, 1959.

ROBBINS, W.W.; BORTHWICK, H.A. Development of the seed of *Asparagus officinalis*. **Botanical Gazette**, New York, v. 80, n. 4, p. 426-438, 1925.

ROLBIECKI, R. et al. Response of chosen American *Asparagus officinalis* L. cultivars to drip irrigation on the sandy soil in central Europe: Growth, yield, and water productivity. **Agronomy**, Madison, v. 11, n. 5, p. 864-872, 2021.

SALLAM, A.R.; HEGAZI, G.A.E.; BEKHEET, S.A.E.H. Synthetic seeds for *in vitro* preservation of *Asparagus officinalis* L. **Bulletin of the National Research Centre**, Berlin, v. 47, n. 1, p. 72, 2023.

SÁNCHEZ, J. **Fertirrigacion del cultivo del espárrago**. Lima: Instituto Peruano del Espárrago, 1998. 24 p.

SANTOS, C.M.; FREITAS, D.A. Cultura do aspargo (*Asparagus officinalis* L.) uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 11, p. 88123-88133, 2020.

SAWADA, E.; YAKUWA, T.; IMAKAWA, S. On the assimilation of asparagus ferns. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 16., 1962. **Proceedings...** v. 1, p. 128-133.

SCHERMERHORN, L.G. A summary of the performance records of individual asparagus plants in 1928. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 25, p. 35-36, 1928.

SHARMA, A.; KUMAR, A.; JAITAK, V. Pharmacological and chemical potential of *Cassia fistula* L.: a critical review. **Journal of Herbal Medicine**, Amsterdam, v. 26, n. 10, p. 1-16, 2021.

STAJNER, N.; BOHANEC, B.; JAVORNIK, B. Genetic variability of economically important *Asparagus* species as revealed by genome size analysis and rDNA ITS polymorphisms. **Plant Science**, Amsterdam, v. 162, n. 6, p. 931-937, 2002.

TINCKER, M.A.H. Further experiments with growth substances and the rooting of cuttings. **Journal of the Royal Horticultural Society**, London, v. 63, n.2, p.210-219 1938.

VLADIMIR, M.M.R.; RONE, R.Y. **Respuesta a la aplicación foliar de tres transportadores de glúcidos en diferentes dosis en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) híbrido UC-157-F1 en la zona media del valle de Ica**. 2019. 86 f. Monografía (Trabajo de Conclusión del Curso de Ingeniería Agronomica) - Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" de ICA, Ica, 2019.

WELLENSIEK, S.J. De selectie van eenjarige mannelijke aspergeplanten. **Mededelingen van de Directie Tuinbouw**, Brussel, v. 12, n.1 p. 876-889, 1949.

YANG, H.J. Tissue culture technique developed for asparagus propagation. **HortScience**, St. Joseph, v. 12, n. 2, p. 140-141, 1977.

YANG, H.J.; CLORE, W.J. Rapid vegetative propagation of *Asparagus* through lateral bud culture. **HortScience**, St. Joseph, v. 8, n. 2, p. 141-143, 1973.

YU, E.M. **The research of mother fern kept method and nitrogen and potassium fertilizer used of *Asparagus* cultured in plastic greenhouse.** Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2015. 127 p.

ZELITCH, I. The close relationship between net photosynthesis and crop yield. **Bioscience**, Karachi, v. 32 p.796-802, 1982.

ZHOU, J.S. et al. Progress in research on sex determination and differentiation in *Asparagus officinalis* L.. **Zhiwu Yichuan Ziyuan Xuebao. Journal of Plant Genetic Resources**, Beijing, v. 11, n. 5, p. 600-604, 2010.



# BARU



**BARU (*Dipteryx alata*)**

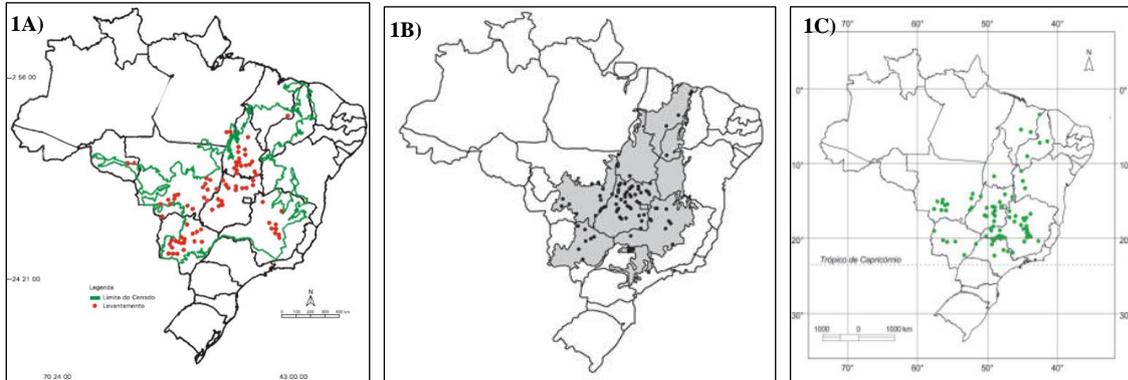
Camila Domingos Cabral

## 1. Origem e distribuição geográfica

O baru (*Dipteryx alata* Vog.) é uma planta arbórea, frutífera e oleaginosa nativa do Cerrado brasileiro (Silva et al., 2023) pertencente ao reino Plantae, subreino Tracheobionta, subdivisão Spermatophyta, divisão Magnoliophyta (Angiospermas), classe Magnoliopsida (dicotiledôneas), subclasse Rosidae, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Dipterygeae, gênero *Dipteryx* e espécie *Dipteryx alata* Vogel (Ferreira et al., 2018).

A espécie é encontrada desde a latitude 5°30' S no Maranhão a 22° S no Estado de São Paulo, em diversas regiões do Brasil: Centro-Oeste (Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal), Sudeste (Minas Gerais e São Paulo), Nordeste (Bahia, Maranhão e Piauí) e Norte (Pará, Rondônia e Tocantins) como ilustrado na Figura 1. Embora nativa do Brasil, o baru também ocorre de forma natural na Bolívia, Paraguai, Peru e Colômbia. O baruzeiro ou barueiro está presente em formações florestais do tipo Cerradão (Floresta

Esclerófila), Floresta Estacional Semidecidual e no Pantanal Mato-Grossense (Carvalho, 2003).

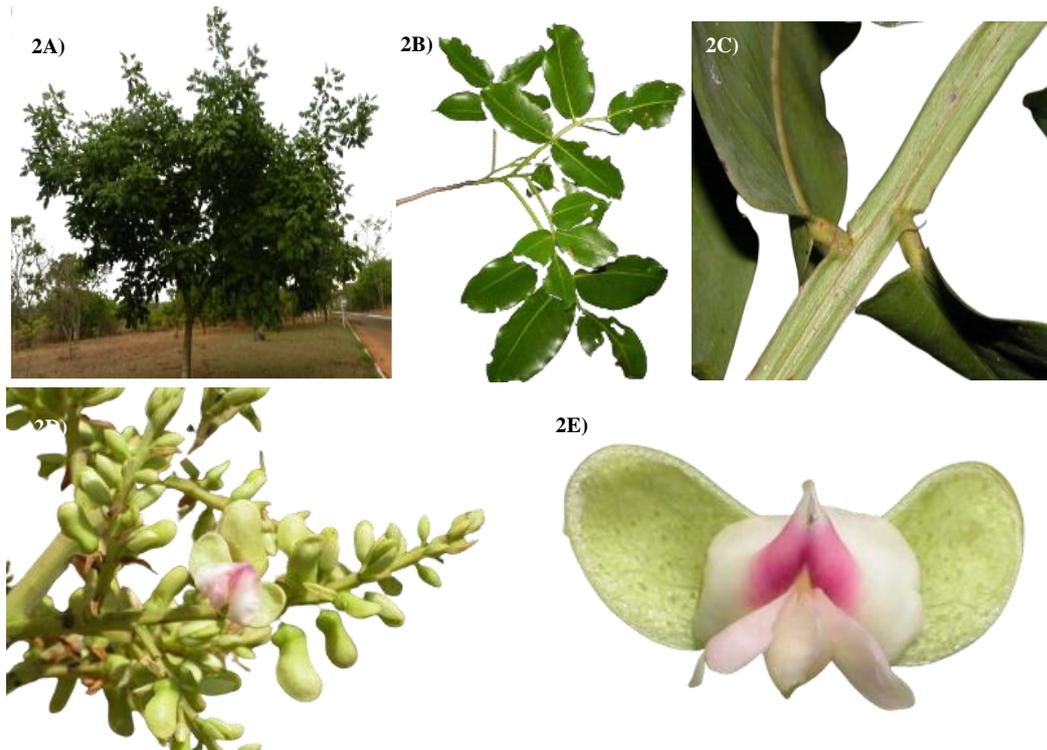


**Figura 1.** Ocorrência de *Dipteyx alata* no Bioma Cerrado de acordo com Silva (2015) (1A), Nabout et al. (2010) (1B) e Carvalho (2003) (1C), com utilização de 316 e 448 pontos de ocorrência, respectivamente (Adaptado de Ratter et al., 2000).

## 2. Características botânicas

O baru, cumbaru, cumaru ou castanha-do-cerrado por ser uma espécie arbórea (Figura 2a) de porte alto pode chegar a vinte e cinco metros de altura, com média de quinze metros. O tronco é de cor cinza ou creme, ocorrendo este último quando há placas irregulares que descamam. Com exceção dos primórdios foliares, as folhas de baru (Figura 2b) são alternas, compostas pinadas, pecioladas e com raque alada (Figura 2c). O nome da espécie se deve justamente a esta característica de sua folha e flor. Os folíolos são alternos ou subopostos, possuem até 2 mm de comprimento e sua quantidade pode variar de 7 a 12. O limbo foliar possui 4 a 13 cm de comprimento e 2 a 6,5 cm de largura, e é oblongo com várias nervuras secundárias (Sano; Brito; Ribeiro, 2016).

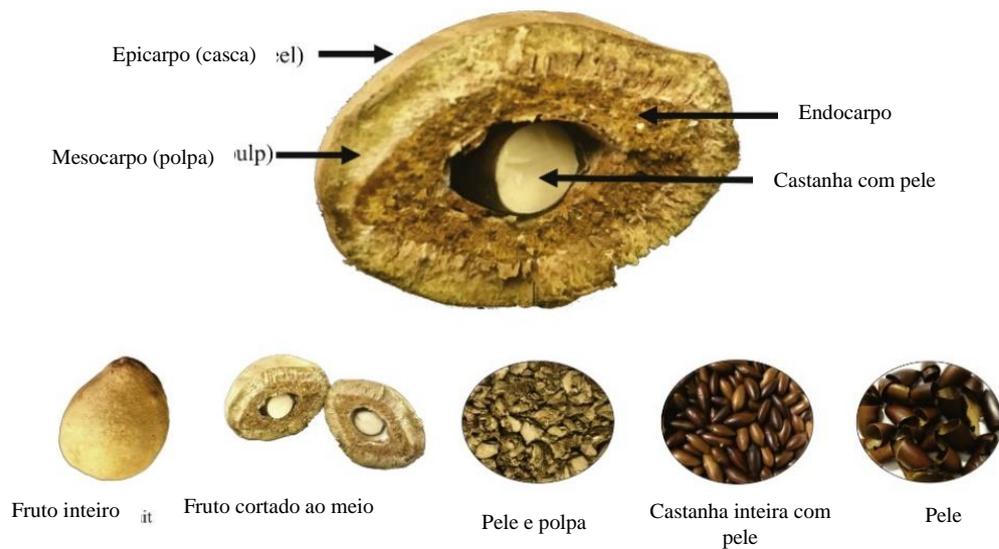
A inflorescência (Figura 2D) é caracterizada como do tipo panícula sendo formada na parte terminal dos ramos e axilas das folhas superiores, originando de 200 a 1000 flores hermafroditas (Figura 2E) com aproximadamente 0,8 cm de comprimento, com alas, brácteas, cálice, corola, dez estames, anteras e ovário súpero e unilocular (Sano; Brito; Ribeiro, 2016).



**Figura 2.** Árvore (2A), folhas (2B), raque alada (2C), inflorescência (2D) e flor (2E) de *Dipteyx alata* (Adaptado de Carvalho, 2020).

As flores se abrem durante o dia e duram até dez horas. As anteras produzem pólen com 94,4% de viabilidade e o estigma é recoberto por uma película que limita a autopolinização, impedindo a aderência do pólen. Assim, esta espécie possui autoincompatibilidade, caracterizando-se como alógama com elevada taxa de aborto. O principal agente polinizador é a *Xylocopa suspecta*, pois realiza um fluxo de pólen entre as plantas, o que não ocorre com as abelhas *Pseudaugochlora graminea* e *Apis mellifera*, embora com alta taxa de visitação, 16,6%, 15,3% e 39,5%, respectivamente. A floração ocorre na estação chuvosa (4 a 6 meses) e a frutificação na estação seca (Oliveira; Sigrist, 2008).

O fruto do barueiro (Figura 3) tem a cor marrom-claro e possui cerca de 3 a 6 cm de comprimento e 1,5 a 4,5 cm de largura. Sua massa pode chegar de 14 a 43 g. É do tipo drupa, com endocarpo duro e mesocarpo fibroso, com uma única semente por fruto do tipo elipsoide com a cor do tegumento de marrom amarelada ou avermelhada de 1 a 2,6 cm de comprimento e 0,9 a 1,3 cm de largura (Sano; Brito; Ribeiro, 2016).



**Figura 3.** Estrutura do fruto do baru (*Dipteryx alata* Vog.), (Adaptado de Alves-Santos et al., 2021).

### 3. Propriedades nutricionais e medicinais

A amêndoa de baru possui qualidades nutricionais (Tabela 1) devido a sua composição em lipídeos, proteínas, ácidos graxos, carboidratos, fibras e minerais, principalmente, cálcio, ferro e zinco. É capaz de diminuir inflamações, danos oxidativos, adiposidade visceral e hiperglicemia, controlando o peso, regulando os níveis de glicose e colesterol HDL com seus efeitos fisiológicos diretos dos nutrientes e compostos bioativos. Além disso, aumenta a diversidade e quantidades de bactérias no intestino, favorecendo a sua microbiota (Campos, 2023).

**Tabela 1.** Qualidade nutricional da amêndoa de baru (Adaptado de Takemoto et al., 2001).

| <b>Componente</b>    | <b>g /100g</b> |
|----------------------|----------------|
| Proteína             | 23,90          |
| Gorduras totais      | 38,20          |
| Gorduras saturadas   | 7,18           |
| Gorduras insaturadas | 31,02          |
| Fibras totais        | 13,40          |
| Carboidratos         | 15,80          |
| Calorias             | 502 kcal/100g  |
| <b>Minerais</b>      | <b>mg/100g</b> |
| Cálcio               | 140,00         |
| Potássio             | 827,00         |
| Fósforo              | 358,00         |
| Magnésio             | 178,00         |
| Cobre                | 1,45           |
| Ferro                | 4,24           |
| Manganês             | 4,90           |
| Zinco                | 4,10           |

#### 4. Uso econômico atual ou potencial

Alguns aspectos dificultam a ascensão do Baru, como dados sobre o manejo da cultura, flutuações na sazonalidade e preços, desconhecimento do mercado e de como agregar valor ao produto. A versatilidade de aproveitamento de toda a planta de baru garante seu uso para a alimentação (casca e fruto), silvicultura (madeira), agroflorestal (recuperação de áreas degradadas) e medicinal (caule e folhas), conforme Sano, Brito e Ribeiro (2016).

As folhas apresentam compostos fenólicos que garantem seu potencial antioxidante, sendo utilizado na indústria alimentícia como alternativa de antioxidante natural frente aos sintéticos (Santos et al., 2023).

O endocarpo pode ser utilizado como fonte de carvão vegetal ou artesanato (Ferreira et al., 2018). Seu fruto e semente contribuem para o ecossistema, pois são utilizados para a alimentação na estação seca de mamíferos, aves e insetos (Coelho et al., 2022).

As amêndoas de baru são exploradas comercialmente desde a década de 1990, pelo extrativismo. Substituem nozes em barras de cereais, bombons, pães massas, mousses e licores. O comércio tem se expandido devido ao fácil transporte e armazenamento, além de consumo o ano todo com as boas safras. A safra do baru é entre novembro e fevereiro e a entressafra entre junho e julho (Sano; Brito; Ribeiro, 2016). Atualmente, as sementes são vendidas *in natura* (200 reais / 250g) ou torradas, com esta última o preço do quilo variando de 80 a 130 reais.

#### **4.1. Óleo das sementes de baru**

As sementes de baru apresentam alta concentração de óleo com elevada composição de ácidos graxos insaturados o que as tornam com potencial para consumo e uso na indústria alimentícia (Paulo et al., 2023).

O óleo das sementes de baru possui propriedades físico-químicas interessantes para uso na indústria de alimentos, como boa estabilidade térmica e oxidativa, altos teores de fenólicos e carotenoides totais. Os principais ácidos graxos presentes em sua composição são o ácido linoleico (ômega 6), oleico, palmítico e o linolênico (ômega 3). A quantidade de ácido graxo, peróxido, umidade, densidade, viscosidade e o índice de refração do óleo extraído das sementes de baru foram, respectivamente, de 0,08% de ácido oleico, 6,69 meq O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> de óleo, 0,03% de umidade, 0,92 g cm<sup>-3</sup> de densidade, 32,9 mPa e 1,47 (IR), (Paulo et al., 2023).

### **5. Germinação**

As sementes de baru apresentam baixa taxa de germinação devido à dormência por rigidez tegumentar, com alto grau de impermeabilidade. Para superar a dormência são aplicados processos e substâncias. Para o baru, pode-se utilizar escarificação mecânica, imersão em ácido sulfúrico e água quente (Ferro et al., 2017). E da amêndoa com escarificação física (Rodrigues et al., 2018). A temperatura de 30°C proporciona maior taxa de germinação das sementes de baru e com a temperatura de 41°C há a ocorrência de estresse e menor taxa de germinação (Jackson, 2016).

A qualidade fisiológica das sementes diminui com o tempo. As recém-colhidas apresentam germinação de 88% e as armazenadas por um ano 40% (Caixeta, 2022). Sementes em períodos de até 8 meses a 10°C apresentam maior viabilidade do que a 20°C. A secagem das sementes pelo método da sílica é melhor do que a de grânulos de zeolito (Vitorino, 2018).

## **6. Propagação vegetativa**

O baruzeiro é uma planta alógama e suas espécies encontradas na natureza são silvestres. Como forma de diminuir a variabilidade genética devido a alogamia, domesticar a espécie e suprir demanda em nível comercial e não extrativista, a propagação vegetativa de mudas se mostra como uma importante alternativa (Lima et al., 2023).

### **6.1. Propagação sexuada**

A escolha das sementes no processo de propagação sexuada é feita com base na planta-matriz, como porte da planta, produção e tamanho dos frutos. Entretanto, esse método leva o baixo vigor, menor produtividade, baixa resistência a doenças e desuniformidade. A propagação vegetativa produz clones idênticos a planta-matriz com alta produtividade e uniformidade (Lima et al., 2023).

### **6.2. Propagação assexuada**

Entre as técnicas de propagação assexuada, a enxertia por borbulhia de placa, garfagem de topo em fenda cheia e inglês simples são as mais utilizadas para o baruzeiro. As mudas conduzidas a pleno sol apresentam maior crescimento de porta-enxerto quando utilizado borbulhia de placa, garfagem a inglês simples e fenda cheia. Essa última sob sombrite é a melhor alternativa (Lima et al., 2023).

Mudas de baru tem seu desenvolvimento afetado em solos arenosos (Ajalla et al. 2012). O enraizamento das estacas retiradas de plantas adultas é difícil, mesmo com aplicações de reguladores vegetais. A espécie apresenta boa rebrota, sendo as brotações epicórmicas (juvenis) uma boa opção de propágulo (Lima, 2021). Geralmente se utilizam estacas de 20 cm, mas sua rizogênese pode levar até 180 dias, não respondendo ao tratamento das bases das estacas ao ácido indolbutírico (IBA), aplicado via palito ou por imersão rápida por 5 segundos (Pereira et al., 2018).

### **6.3. Reguladores vegetais na propagação *in vitro***

O ápice caulinar de mudas de baru pode ser cultivado *in vitro* utilizando para sua multiplicação uma concentração de 4 mg L<sup>-1</sup> de 6-benzilaminopurina e para alongamento e enraizamento ácido naftaleno acético, em concentrações menores que 3 mg L<sup>-1</sup> e ácido indolbutírico (Araruana, 2016). Recomenda-se a utilização de menor concentração (30 mg L<sup>-1</sup>) no meio de cultura MS (Murashige e Skoog) para cultivo *in vitro* de embriões zigóticos de baru (Barbosa et al., 2021).

## 7. Efeitos de fatores ecológicos

Os tipos climáticos (Koeppen) nos locais em que o barueiro está presente são subtropicais de altitude (Cwa e Cwb) e tropical (Am e Aw). O baru se desenvolve em condições de precipitação pluvial média anual de 800 mm (Piauí) a 1800 mm (Goiás), com chuvas no verão e inverno seco. Ele é capaz de suportar déficit hídrico até seis meses na estação seca. Embora tolere períodos de seca, a irrigação suplementar pode ser necessária em períodos de estiagem prolongada para garantir um bom desenvolvimento, especialmente nos primeiros anos (Carvalho, 2003).

Desenvolve-se em temperatura média anual de 20,9°C a 29,4°C. O baru é resistente a temperaturas mais altas, típicas do Cerrado, mas pode sofrer danos em geadas ou temperaturas abaixo de 10°C, principalmente em mudas jovens. Adaptam-se melhor em solos bem drenados, profundos, de fertilidade química média e textura média a arenosa. Idealmente, o pH do solo deve estar entre 5,5 e 6,5, mas o baru pode tolerar solos levemente ácidos ou alcalinos (Carvalho, 2003). O baru se adapta bem a regiões com ventos moderados. Não há especificações exatas, mas ventos fortes constantes podem causar danos às árvores jovens e dificultar a polinização. Em regiões com ventos muito fortes, é recomendável utilizar barreiras naturais ou artificiais para proteger as mudas, como cercas vivas ou quebra-ventos. Em relação a luminosidade, necessita de pleno sol para um desenvolvimento ideal, principalmente durante o processo de germinação. É uma espécie heliófila, ou seja, depende de alta luminosidade (Previero; Campelo, 2023). Essas condições refletem o ambiente típico do Cerrado, onde o baru ocorre naturalmente. Ao reproduzir essas condições, é possível maximizar o crescimento e a produtividade dessa árvore, tanto para fins de reflorestamento quanto para produção de seus frutos.

## 8. Solos, nutrição e micorrizas

A espécie arbórea *Dipteryx alata* se desenvolve melhor em solos bem drenados como em formações cerradas densas e em florestas secas. Sob condições de inundação as plantas apresentam menor eficiência fotossintética e qualidade das mudas. Após a suspensão de inundação as plantas são capazes de recuperar suas características metabólicas devido à presença de lenticelas hipertrofiadas associada a alterações fisiológicas e a um eficiente sistema enzimático antioxidante, mas não toda a sua qualidade e retomada completa do seu crescimento (Linné et al., 2023).

O baru é pouco exigente por adubação em seu crescimento inicial (Silva, 2021). Há diversos contrapontos em relação à necessidade de adubação do baru. Em trabalho realizado

por Berti et al. (2017), o crescimento das mudas de baru com adubação nitrogenada, fosfatada e potássica não é alterado, demonstrando potencial para plantio em solos com baixos teores de N, P, K. Entretanto, há sinergismo entre nitrogênio ( $100 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e enxofre ( $30 \text{ mg dm}^{-3}$ ), proporcionando maior crescimento das mudas de *D. alata*. O mesmo ocorre com altas doses de fósforo de  $300 \text{ mg dm}^{-3}$  e boro a  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  (Silva, 2018). Há melhor crescimento e qualidade de mudas com fertilizantes de liberação lenta (Massad et al., 2021).

Pacheco (2008) relatou que não há resposta com a utilização de calcário e fertilizantes minerais, como o fósforo. A adubação orgânica com 20% e 30% esterco bovino, principalmente incorporado no subsolo, proporciona melhor crescimento das mudas. A adubação nitrogenada proporciona maior crescimento, altura e diâmetro do caule e massa seca da parte aérea, após a incorporação de esterco bovino. O potássio juntamente com o esterco pode prejudicar o desenvolvimento das mudas.

As limitações nutricionais para o baru, em relação a massa seca da parte aérea em ordem decrescente, são:  $\text{Ca} > \text{K} > \text{Fe} > \text{Mg} > \text{N} > \text{Cu} > \text{Mo} > \text{Mn} > \text{P} > \text{S} = \text{Zn} > \text{B}$ . Na fase de crescimento inicial, as plantas de baru apresentaram um baixo requerimento de cálcio e de magnésio e a dose de  $45 \text{ g de P cova}^{-1}$  foi a que proporcionou as maiores respostas dessa espécie (Silva, 2014). Entretanto, em solução nutritiva Vieira, Weber e Scaramuzza (2016), afirmam que o K e Mg foram os nutrientes mais requeridos para a produção de massa seca da parte aérea e o Ca, K, Mg e S para a parte radicular.

A inoculação com o fungo micorrízico arbuscular, *Glomus clarum*, promove o aumento no crescimento, massa seca da parte aérea e raízes de mudas de baru (Lacerda et al., 2011). A inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal, *Bacillus subtilis* e *Glomus clarum*, favorece o desenvolvimento inicial da planta (Silva, 2021).

## 9. Fotossíntese C3 e translocação orgânica

A fotossíntese do baru, assim como em outras plantas, envolve a conversão da energia solar em energia química, que é armazenada na forma de carboidratos. Durante a fotossíntese, as folhas do baru capturam a luz solar por meio de pigmentos como a clorofila. Em seguida, a energia luminosa é utilizada para converter dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) em açúcares, principalmente glicose e oxigênio ( $\text{O}_2$ ). Esse processo ocorre nas células das folhas, nos cloroplastos, onde estão localizados os pigmentos fotossintéticos. A energia química produzida pela fotossíntese é essencial para o desenvolvimento das plantas, incluindo o baru (Taiz et al., 2017).

Devido ao clima do Cerrado, as plantas deste bioma tendem a sofrer restrições hídricas, altas incidências luminosas e temperatura, ocasionando menor assimilação de CO<sub>2</sub> devido ao fechamento estomático, o que compromete a fotossíntese e aumenta as espécies reativas de oxigênio. Entretanto, espécies podem desenvolver adaptações a esses agentes estressores que levam a uma maior tolerância nesses ambientes. O baru não é sensível a restrição hídrica, o que indica ser uma espécie resistente a seca, com manutenção de processos de sobrevivência, como a fotossíntese, respiração e condutividade hidráulica foliar. Além disso, produzem maiores concentrações de enzimas do metabolismo antioxidante, reduzindo as espécies reativas de oxigênio (Alves, 2018).

A translocação orgânica no baru refere-se ao transporte de nutrientes e compostos orgânicos produzidos durante a fotossíntese para outras partes da planta. Após a produção de açúcares nas folhas durante a fotossíntese, esses nutrientes precisam ser distribuídos para outras partes da planta, como os frutos, as raízes e os caules, para sustentar o crescimento e a manutenção. Esse transporte ocorre principalmente através do floema, um tecido especializado que conduz os nutrientes solúveis em água, como açúcares, aminoácidos e hormônios, para todas as partes da planta. A translocação orgânica é essencial para o desenvolvimento sustentável do baru e a formação adequada de frutos e sementes (Taiz et al., 2017).

## **10. Estratégias para altas produções**

O manejo do baru envolve várias práticas culturais para garantir um cultivo sustentável, como:

### **10.1 Preparo do solo e plantio**

Realizar análises de solo e prepará-lo com os nutrientes necessários para o bom desenvolvimento da planta e escolher áreas adequadas, preferencialmente em regiões de Cerrado, com solo bem drenado e exposição solar adequada. A escolha de mudas de qualidade é essencial e deve-se plantá-las de acordo com as recomendações de espaçamento e profundidade. Para semeadura recomenda-se o uso de frutos extraídos recentemente do fruto, alocadas a 3 a 5 cm de profundidade. A emergência das plântulas ocorre a partir do 5º dia com temperaturas entre 30 a 35°C (Sano, 2016).

### 10.1.1 Espaçamento

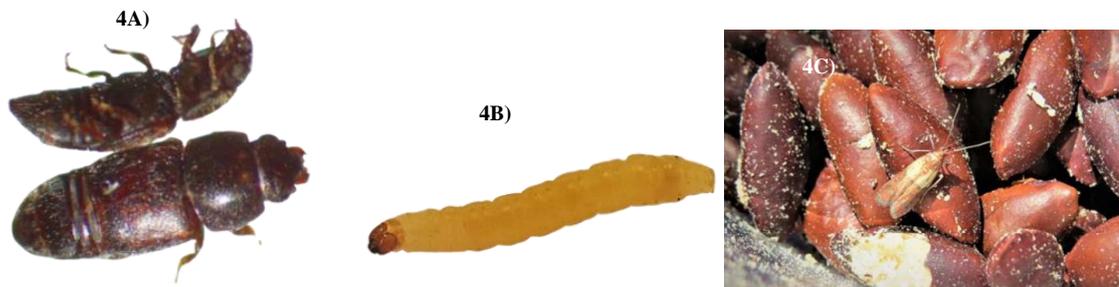
Na literatura é encontrado espaçamento entre linhas de plantio de 3 metros, enquanto que entre plantas de 1,5 a 4,5 metros (Andrade et al., 2020) e espaçamento de 3,0x4,0 m (Santos, 2008). A longo prazo, o espaçamento de 3,0x2 m promove maior altura das árvores que o 3,0x1,0 m, e com o aumento do espaçamento, 3,0x5 m, há aumento em seus diâmetros (Aguilar et al., 1992).

### 10.2 Irrigação

Garantir a disponibilidade adequada de água durante os períodos de seca, especialmente durante os primeiros anos de crescimento da planta (Carvalho, 2003).

### 10.3 Controle de pragas e doenças

Monitorar e controlar pragas e doenças que possam afetar o baru. Embora o baru seja relativamente resistente a pragas e doenças, há registro de ocorrência de espécies de insetos-pragas (Figura 4) que atacam os frutos secos e amêndoas de baru em condições de armazenamento, como mariposas *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae), conhecida como traça dos cereais, larvas e pequenos besouros *Carpophilus* sp. (Coleoptera: Nitidulidae) (Fragoso et al., 2022).



**Figura 4.** Besouro *Carpophilus* sp. (4A) associado a frutos secos de baru, larva (4B) e mariposa adulta (4C) de *Plodia interpunctella* em amêndoas de baru. (Adaptado de Fragoso et al., 2022).

O primeiro relato de mancha foliar em Baru (*Dipteryx alata*) causada por *Phoma multirostrata* (Figura 5) foi feito por Anjos et al. (2004), com sintomatologia de manchas foliares escuras e irregulares em suas mudas. Fungos como *Cylindrocladium clavatum* Hodges & May e *Fusarium oxysporum* Schlecht causam tombamento e morte de plantas de baru em viveiro (Santos, 1996) e *Phomopsis* sp. são associadas as sementes (Santos et al., 1997).



**Figura 5.** Sintomas de mancha foliar em *Dipteryx alata* causados por *Phoma multirostrata* (Adaptado de Anjos et al., 2004).

O controle dessas pragas e doenças pode envolver práticas culturais, como adoção de sistemas integrados de produção, manejo adequado da irrigação e poda, bem como o uso de medidas de controle biológico e, em alguns casos, aplicação de produtos fitossanitários de forma responsável e criteriosa.

#### **10.4 Eliminação de plantas invasoras**

Controlar o crescimento de plantas concorrentes que possam prejudicar o desenvolvimento do baru. No estudo de Bernardes et al. (2022), o uso do herbicida glifosato na dose de 960 g ha<sup>-1</sup> foi tolerado nas mudas de baru para controle de plantas daninhas, e o aumento dessa dose não matou as plantas, mas reduziu atributos biométricos e qualitativos das mudas.

#### **10.5 Colheita**

Realizar a colheita no momento adequado, quando as castanhas estiverem maduras, evitando danos à planta. O baru apresenta comportamento bienal, produção efetiva a cada dois anos (Monteiro; Carvalho; Vilas Boas, 2022). Devem-se aguardar os frutos amadurecerem, caindo ao chão, e colhê-los antes do início das chuvas. Caso os frutos estejam úmidos, colocar para secar ao sol antes do armazenamento em sacos. É importante que verificar se os frutos estão sadios e se há a presença da amêndoa em seu interior. Além disso, a terça parte deve ser deixada para os animais que se alimentam do fruto e para o crescimento de novas plantas (Carrazza; Ávila, 2010).

#### **10.6 Manejo pós-colheita e armazenamento**

Processar as castanhas adequadamente e armazená-las em condições adequadas para garantir sua qualidade e durabilidade, como sob refrigeração, uma vez que o manejo e

processamento pós-colheita podem afetar sua composição química (Monteiro; Carvalho; Vilas Boas, 2022). O baru *in natura* pode ser armazenado em galpão limpo, seco, arejado e distantes de produtos químicos (Carrazza; Ávila, 2010).

### **10.7 Conservação do Cerrado**

Promover práticas de manejo que contribuam para a conservação do ecossistema de Cerrado onde o baru cresce, evitando o desmatamento e a degradação ambiental. Nos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) o baru apresenta grande potencial, o que garante a preservação de espécies nativas e produção sustentável de alimentos (Bernardes, 2022).

## **11. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente**

O zoneamento agroclimático para o baru é um processo que identifica as regiões mais adequadas para o cultivo dessa planta com base em características climáticas e ambientais. Esse zoneamento considera fatores como temperatura, umidade, altitude, pluviosidade e outros elementos do clima que afetam o crescimento e desenvolvimento saudável do baru. As áreas com condições climáticas favoráveis para o cultivo do baru tendem a apresentar temperaturas adequadas ao longo do ano, com uma estação seca bem definida e períodos de chuva moderada. Além disso, a disponibilidade de água e a qualidade do solo também são importantes para o cultivo bem-sucedido do baru. O zoneamento agroclimático auxilia os agricultores na escolha das melhores áreas para o plantio do baru, maximizando o potencial de produção e minimizando os riscos relacionados ao clima.

Em muitas áreas do Cerrado brasileiro, onde o baru é nativo, o período chuvoso costuma ocorrer entre os meses de outubro e março. Isso pode ocorrer em diferentes momentos do ano, dependendo da região em que o cultivo é realizado. Portanto, o plantio do baru pode ser realizado preferencialmente durante esses meses para aproveitar as condições favoráveis de umidade do solo e clima para o estabelecimento das mudas.

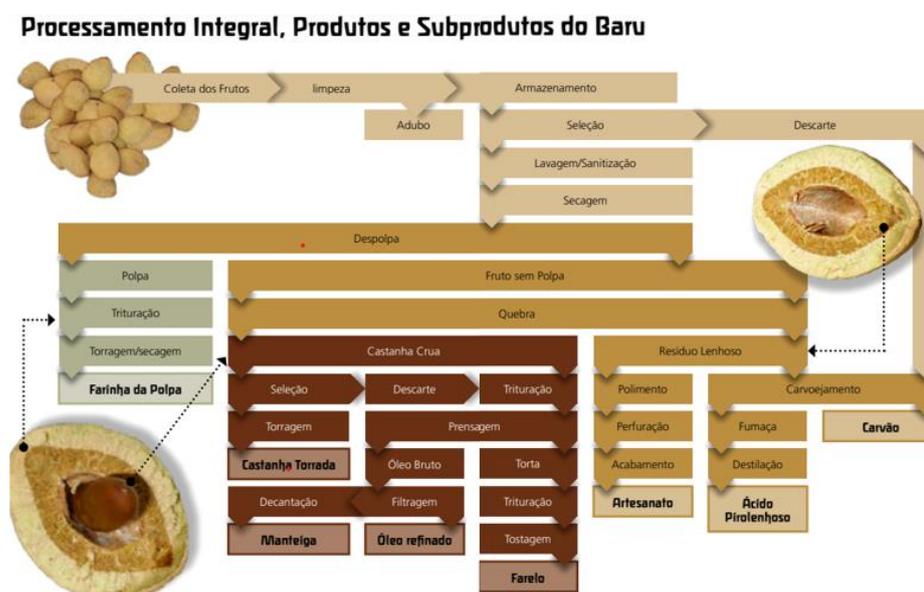
A floração geralmente ocorre de novembro a fevereiro e a frutificação plena de julho a outubro (Tabela 2), as quais mudam de acordo com a região. Por possuir safra intermitente, há variações em sua produção, a qual ocorre efetivamente a cada dois anos. A primeira frutificação ocorre no sexto ano e a árvore adulta pode produzir em média 150 kg de fruto por safra produtiva. A colheita se inicia em agosto e se estende até outubro (Carrazza; Ávila, 2010).

**Tabela 2.** Épocas de floração, frutificação e colheita do baru (Adaptado de Carrazza e Ávila, 2010).

| Calendário Sazonal |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Fase               | Mês |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|                    | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
| Floração           | x   | X   |     |     |     |     |     |     |     |     | x   | x   |
| Frutos novos       | X   | X   | x   | X   | X   | x   |     |     |     |     |     |     |
| Frutos maduros     |     |     |     |     |     |     | X   | X   | X   | X   |     |     |
| Colheita           |     |     |     |     |     |     |     | X   | X   | X   |     |     |

## 12. Senescência e aproveitamento de resíduos

A utilização eficiente dos resíduos da cultura do baru, através do seu processamento integral, produtos e subprodutos (Figura 6), reduz o desperdício e gera novas fontes de renda, contribuindo para a sustentabilidade econômica e ambiental das comunidades envolvidas na sua produção.

**Figura 6.** Fluxograma do processamento integral, produtos e subprodutos do baru (Adaptado de Carrazza e Ávila, 2010).

### 12.1 Polpa *in natura*

Para a obtenção da polpa *in natura*, o fruto é coletado, armazenado ou rapidamente processado para evitar ataques de pragas e doenças. Na unidade de processamento, os frutos são selecionados, separando os melhores para a coleta. Posteriormente, são lavados em água corrente, imersos por 10 minutos em água (100 L) com solução de hipoclorito de sódio a 10% (100 ml) para a sanitização. Os frutos devem ser lavados novamente para remoção do excesso

de cloro. É realizada a secagem dos frutos ao sol ou com uso de equipamentos de calor, como forno e estufas. A despolpa pode ser manual, com auxílio de facas, mecânica a seco ou com uso de água em despolpadeiras. Na primeira, a polpa é acondicionada em sacos plásticos e armazenada. Com o uso da água, ela é refrigerada ou pode ocorrer fermentação e ser utilizada para a produção de álcool através do processo de destilação. A desidratação da massa formada possa ser feita se houver rapidez no processo (Carrazza; Ávila, 2010).

### **12.2 Farinha da polpa**

A polpa *in natura* é moída em pilão ou liquidificador e desidratada com o auxílio de terreiros ou desidratadores para reduzir a umidade e aumentar a conservação. Em seguida é peneirada de modo a padronizar a granulometria, empacotada em embalagens e armazenadas em locais protegidos, seco e arejado. Vale ressaltar, que a polpa é rica em tanino, um componente sem valor nutricional (3,11g/100g), o qual pode ser eliminado com o aquecimento da torrefação (terreiros), desidratação solar ou desidratadores elétricos, originando a farinha da polpa (Carrazza; Ávila, 2010).

### **12.3 Extração da amêndoa**

Neste processo é possível utilizar o fruto com ou sem polpa. Quando os frutos são armazenados *in natura*, ocorre acúmulo de impurezas. Os frutos passam por um processo de limpeza e os resíduos descartados podem ser utilizados como adubo orgânico. A seleção dos que contém amêndoas é feita nessa etapa. Por conter o endocarpo lenhoso, a extração da amêndoa é feita com o auxílio de uma alavanca que corta o fruto transversalmente, de modo parcial, sem romper completamente o endocarpo, o que evita danos a amêndoa. Também é utilizada pressão mecânica com máquina elétrica, mas o barú tem que estar despolpado. As amêndoas inteiras são retiradas e as quebradas ou com danos podem ser utilizadas para fabricação de amêndoa triturada ou também como adubo. Elas são armazenadas em recipientes, empacotas a vácuo ou congeladas. Todos os resíduos que seriam descartados podem ser destinados à fabricação de carvão (Carrazza; Ávila, 2010).

### **12.4 Amêndoa torrada**

Após a extração, as amêndoas também podem ser torradas de modo manual ou com uso de fornos elétricos em temperaturas até 90°C. O ponto de torrefação é realizado de acordo com aspectos visuais e sensoriais. As que forem muito torradas devem ser descartadas e

utilizadas para fabricação de farinha de amêndoa ou óleo. Posteriormente, elas são embaladas, de preferência em recipientes herméticos, e armazenadas (Carrazza; Ávila, 2010).

### 12.5 Óleo, torta, farelo e manteiga por prensagem mecânica

Para a produção de óleo as amêndoas são trituradas em pilão, liquidificador ou desintegradora e prensadas, dando origem a torta e ao óleo bruto. A torta é triturada e tostada de modo a desativar o inibidor de tripsina (Tabela 3), pois prejudica a absorção de nutrientes no organismo, formando o farelo. O óleo é decantado, formando a manteiga, e depois ele é filtrado, quando se retiram materiais em suspensão, proporcionando sua purificação (Carrazza; Ávila, 2010).

**Tabela 3.** Componentes sem valor nutricional da semente de baru (Adaptado de Carrazza e Ávila, 2010).

| <b>Componente antinutricional</b> | <b>Semente crua</b> | <b>Semente torrada</b> |
|-----------------------------------|---------------------|------------------------|
| Ácido fítico (%)                  | 0,16                | 0,06                   |
| Inibidor de tripsina (UTI/mg)     | 38,6                | 0,63                   |

### 12.6 Carvão, ácido pirolenhoso, alcatrão e outros ácidos voláteis

Todos os resíduos lenhosos das etapas descritas anteriormente podem ser utilizados na fabricação de carvão. São utilizadas técnicas como forno de tambor e caieiras (carbonização em covas). A fumaça destes processos pode ser destilada, possibilitando o aproveitamento do alcatrão, ácido pirolenhoso e outros ácidos voláteis. O carvão de baru apresenta elevado ponto de ignição, ou seja, demora a dar início à combustão. Porém, depois de iniciada, ocorre com eficiência, devido ao excelente poder calorífico (Carrazza; Ávila, 2010).

### 12.7 Artesanato

As sementes presentes nos frutos sem polpa que seriam descartadas devido a alguma característica indesejável são utilizadas por artesãos. Eles realizam o polimento com o uso de lixas, esmeril ou equipamentos elétricos. Depois, perfuram locais específicos para montar acessórios como colares e fazem o acabamento para melhores condições finais (Carrazza; Ávila, 2010).

## Referências

- AGUIAR, I.B. et al. Efeitos do espaçamento no desenvolvimento de *Dipteryx alata* Vog. em Jaboticabal, SP, até a idade de 20 anos. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 570–572, 1992.
- AJALLA, A.C.A. et al. Produção de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) sob três níveis de sombreamento e quatro classes texturais de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, p. 888–896, 2012.
- ALVES, R.D.F.B. **Memória à seca no Cerrado: aclimação diferencial do baru**. 2018. 48 f. Dissertação de (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) - Instituto Federal Goiano, Rio Verde 2018.
- ALVES-SANTOS, A.M.; FERNANDES, D.C.; NAVES, M.M.V. Baru (*Dipteryx alata* Vog.) fruit as an option of nut and pulp with advantageous nutritional and functional properties: A comprehensive review. **NFS Journal**, München, v. 24, p. 26-36, 2021.
- ANDRADE, H.S.F. et al. Parâmetros genéticos de crescimento inicial e frutificação de *Dipteryx alata* Vogel em teste de progênie e espaçamento. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 48, n. 126, 2020.
- ANJOS, J.R.N. et al. Mancha foliar em baru (*Dipteryx alata*) causada por *Phoma multirostrata*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 593-595, 2009.
- ARARUNA, E.C. **Propagação *in vitro* de barueiro (*Dipteryx alata* Vog.)**. 2016. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- BARBARA, G.; FERRO, D.A.M. Germinação e quebra de dormência de sementes das espécies *Caryocar brasiliense* Cambess (pequi), *Dipteryx Alata* Vogel (baru) e *Peltophorum dubium* (canafistula). In: FÓRUM DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO UNIFUNEC, 2017. **Anais...** Disponível em: <<https://seer.unifunec.edu.br/index.php/forum/article/view/3241>>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- BARBOSA, G.G. et al. *In vitro* culture of zygotic embryo of baru as affected by sealing types and sucrose concentrations. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 4, p. 42390–42408, 2021.
- BERNARDES, A.M.A. et al. Tolerance of Cerrado baru tree (*Dipteryx alata*) submitted to different doses of glyphosate. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 69, n.4, p. 470-475, 2022.
- BERTI, C.L.F. et al. Crescimento de mudas de baru em substrato enriquecido com nitrogênio, fósforo e potássio. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 26, n. 2, p. 191–202, 2017.
- CAIXETA, V.M. **Qualidade fisiológica de sementes de baru de diferentes tamanhos obtidas de frutos coletados em dois anos sucessivos**. 2022. 30 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, 2022.

CAMPOS, S.B. **Avaliação do consumo regular de amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vogel) nos marcadores bioquímicos, nutricionais e na composição da microbiota intestinal humana de indivíduos com obesidade.** 2023. 119 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2023.

CARRAZZA, L.R.; ÁVILA, J.C.C. **Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto do baru.** Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2010.

CARVALHO, C.S. ***Dipteryx alata* Vogel.** Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/consulta/ficha.html?idDadosListaBrasil=29628>>. Acesso em: 21 maio 2024.

CARVALHO, P.E.R. **Baru.** Colombo: Embrapa Floresta, 2003.

COELHO, T. et al. Produção de mudas nativas do Cerrado. In: MELO, J.O.F. (Org.). **Ciências agrárias: o avanço da ciência no Brasil.** Guarujá: Científica Digital, 2022. v. 5, cap. 29, 407–435.

FERREIRA, C.M. et al. Caracterização botânica e cadeia produtiva da espécie *Dipteryx alata* Vogel. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 28, p. 201-217, 2018.

FRAGOSO, D.B. et al. Ocorrência de insetos-praga em frutos secos de baru armazenados. SILVA, J.S. (Ed.). **Pesquisas em entomologia: aspectos gerais.** São Paulo: Wissen Ed., 2022. p. 28-36.

JACKSON, Z. Testes e métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de baru. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 9, n. 3, p. 31, 2016.

LACERDA, K.A. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada no crescimento inicial de seis espécies arbóreas do Cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 17, p. 377–386, 2011.

LIMA, W.A.A. **Perspectivas atuais para a propagação vegetativa do baruzeiro (*Dipteryx alata* Vogel).** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2021.

LIMA, W.A.A. et al. Avaliação de métodos de enxertia em mudas de baruzeiro (*Dipteryx alata* Vogel, Fabaceae). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 2, e69090, p. 1-18, abr./jun. 2023.

LINNÉ, J.A. et al. Do *Dipteryx alata* Vogel seedlings recover the quality and the photosynthetic and antioxidant responses in the post-flooding? **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 83, e246451, 2021.

MASSAD, M.D. et al. Produção de mudas de baru sob diferentes volumes de tubetes e doses de osmocote<sup>®</sup>. In: OLIVEIRA, R.J. de (Org.). **Silvicultura e manejo florestal: técnicas de utilização e conservação da natureza.** Guarujá: Científica Digital, 2021. v. 1, p. 295–310.

MONTEIRO, G.M.; CARVALHO, E.E.N.; VILAS BOAS, E.V.B. Baru (*Dipteryx alata* Vog.): fruit or almond? a review on applicability in food science and technology. **Food Chemistry Advances**, Oxford, v. 1, Oct. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100103>

OLIVEIRA, M.I.B.; SIGRIST, M.R. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae-Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 195-207, 2008.

PACHECO, A.R. **Fertilization of baru seedlings (*Dipteryx alata* vog.), in nursery**. 2008. 86 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

PAULO, L.A.O. et al. Baru seed extracted oil (*Dipteryx alata* Vog.): chemical composition and thermal and oxidative stability. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 34, p. 664-672, 2023.

PEREIRA, E.B.C. et al. Enraizamento de estacas de fruteiras nativas do cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 11, 2003. Disponível em: <https://revistas.jardimbotanicodf.org/index.php/Boletim/article/view/917828>. Acesso em: 21 abr. 2024.

PREVIERO, C.A.; CAMPELO, P.H. Efeito da luminosidade sobre a emergência e o desenvolvimento de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog. Fabaceae). **Singular**. Meio Ambiente e Agrárias, Palmas, v.1, n. esp., p. 39-46, 2023.

RODRIGUES, I.B. et al. Propagação sexuada de baru: efeito de plantas matrizes e métodos de quebra de dormência. In: SEMANA AGRONÔMICA DA FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA, 8., 2018. **Anais...** Disponível em: <https://anais.unievangelica.edu.br/index.php/safaeg/article/view/386>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SANO, S.M. **Crítérios de seleção de baru para produção de amêndoas e recomposição ambiental**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2016. 8 p.

SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F.; BRITO, M.A. **Baru: biologia e uso**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

SANTOS, A.M. **Estimativas de parâmetros genéticos e avaliação da eficiência de seleção precoce em baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SANTOS, J.M. et al. Baru (*Dipteryx alata*): espécie nativa com potencial antioxidante para aplicação na indústria de alimentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2023, Diamantina. **Anais...** Disponível em: [https://www.even3.com.br/anais/cobicet2023/638558-BARU-\(DIPTERYX-ALATA\)--ESPECIE-NATIVA-COM-POTENCIAL-ANTIOXIDANTE-PARA-APLICACAO-NA-INDUSTRIA-DE-ALIMENTOS](https://www.even3.com.br/anais/cobicet2023/638558-BARU-(DIPTERYX-ALATA)--ESPECIE-NATIVA-COM-POTENCIAL-ANTIOXIDANTE-PARA-APLICACAO-NA-INDUSTRIA-DE-ALIMENTOS).

SANTOS, M.F. **Análises da microflora associada ao baru (*Dipteryx alata* Vog.) e à caroba [*Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart.]**. 1996. 106 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 1996, 106 p.

SANTOS, M.F. et al. Fungos associados às sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 19, p. 135-139, 1997.

SILVA, D.S.N. **Nutrição mineral do baru (*Dipteryx alata* Vogel) em solução nutritiva; calagem e adubação fosfatada no campo**. 2014. 89 f. (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SILVA, D.S.N. **Interação nutricional em mudas de baru e desenvolvimento de plantas sob calagem e doses de P em campo**. 2018. 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

SILVA, P.S.T. **Microrganismos e lodo de esgoto compostado na nutrição e desenvolvimento inicial de Baru e Gonçalo-Alves em vasos**. 2021. 94 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2021.

SILVA, R.W.L. et al. Molecular insight for baru *Dipteryx alata* (Fabaceae) populations based on novel SSRs. **Acta Botanica Brasílica**, Porto Alegre, v. 37, e20220168, 2023.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TAKEMOTO, E. et al. Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 60, n. 2, p. 113-117, 2001.

VIEIRA, C.R.; WEBWE, O.L.; SCARAMUZZA, J.F. Crescimento de mudas de cumbaru (*Dipteryx alata*) sob omissão de macronutrientes. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 22, n. 2, p. 42-51, 2016.

VITORINO, G.M. **Ultrassecagem e armazenamento de sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.): aspectos fisiológicos e bioquímicos**. 2018. 68 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2018.

# BURITI



**BURITI** (*Mauritia flexuosa*)

José Gabriel Vaz de Lima

## 1. Origem e distribuição geográfica

O buriti (*Mauritia flexuosa*) é uma palmeira nativa da América do Sul, amplamente distribuída em regiões tropicais, incluindo a Amazônia brasileira, Bolívia, Colômbia, Venezuela, Guianas, Trinidad, Equador e Peru. No Brasil, é principalmente encontrada nos biomas da Amazônia, Cerrado e Caatinga (Figura 1). São palmeiras típicas de áreas inundadas, entorno de nascentes e áreas úmidas, portanto, é uma espécie de grande importância econômica e cultural para muitas comunidades indígenas e ribeirinhas, uma vez que seus frutos e palmitos são utilizados na alimentação e na produção de artesanatos. Nos estados brasileiros, o buriti se concentra em áreas em áreas de baixa altitude (até 1000m) e com precipitação média anual entre 1141 a 6315 mm, e temperatura média de 22-27°C (Ferreira et al., 2018).



**Figura 1.** Estados brasileiros com ocorrência de *M. flexuosa* (Adaptado de Vianna, 2020).

## 2. Classificação botânica

A classificação taxonômica do buriti, segundo a nomenclatura binomial, é a seguinte: Reino Plantae, Divisão Magnoliophyta, Classe Liliopsida, Ordem Arecales, Família Areaceae, Gênero *Mauritia* e Espécie *Mauritia flexuosa*. O nome do gênero *Mauritia* foi dedicado a Maurício de Nassau, Rei dos países baixos (1567- 1623), (Gazel Filho; Lima, 2001).

A família Areaceae, que é composta por 256 gêneros e aproximadamente 2600 espécies, sendo cerca de 300 espécies de 11 gêneros diferentes são nativas do Brasil (Soares et al., 2023).

O gênero *Mauritia* é composto por duas espécies conhecidas *Mauritia carana* e *Mauritia flexuosa*, sendo a mais comum e amplamente distribuída na América do Sul (Vianna, 2020).

## 3. Morfologia e anatomia

O buriti é uma palmeira de estipe ereto, solitário e alto, medindo entre 20 e 30 metros e chegando até 50 cm de largura (Figura 2). As folhas dos buritis são bipinadas de até 3.5 metros de comprimento. Podem apresentar espinhos na face inferior. Em estudos anatômicos das folhas do buriti, Passos (2004), observou que as células de epiderme em condição de pleno sol são mais espessas e retas, enquanto em plantas em ambientes mais sombreados são mais sinuosas. As duas faces são cobertas por uma cutícula lisa e levemente espessa e sem projeções. Os tricomas são presentes nas estruturas foliares do buriti. Segundo Passos (2004), no mesofilo, as células do parênquima lacunoso são arredondadas, uniformes e, apesar da característica de haver espaços intercelulares, no buriti são mais compactas.



**Figura 2.** Palmeira buriti (Adaptado de Britto et al., 2022).

As flores são fusiformes de cor amarelo-alaranjado. Os cachos são formados por várias ráquias, entre 25 a 34 por cacho, que pode gerar até 600 frutos. Os frutos de casca marrom-avermelhado são drupas oblongo-globosos, medindo de 4 a 7 cm. O epicarpo, ou casca, é formado por estruturas em formato de escamas sobrepostas. O mesocarpo do fruto, ou polpa, é carnoso e alaranjado, além de ser nutritivo e oleaginoso (Figura 3). Cada fruto possui apenas uma semente rígida com endosperma homogêneo (Camillo, 2022; Brito et al., 2022).



**Figura 3.** Flores e frutos do buriti (Adaptado de Camillo, 2022).

#### **4. Germinação e propagação vegetativa**

A propagação do buriti é por sementes e, apesar de apresentar características de dormência e recalcitrância possuem boas taxas germinativas quando plantadas em solos ricos

em matéria orgânica e umidade. A dormência das sementes do buriti pode ser quebrada quando armazenada em temperaturas de 30-40°C por 15 dias (Camillo, 2022).

No campo, os frutos recém-colhidos ou apenas as sementes despolpadas podem ser plantadas diretamente em canteiros no chão ou em sementeiras suspensas. O ideal para a produção de mudas é com a semente despolpada, o que aumenta a rapidez e a taxa de germinação, em substrato arenoso e leve, sempre mantido com alta umidade. A germinação em campo se inicia entre 30 a 75 dias após o plantio e a taxa de germinação pode chegar até 80%, mas varia entre 40-50%. As mudas podem ser repicadas a partir dos 4 meses após a germinação. O crescimento é lento, desuniforme e muito exigente em água para o bom desenvolvimento (Brito et al., 2022).

A liberação para plantio das sementes após o processo de despolpa é o mais sustentável, pois utilizam mais produtos do fruto e ainda produzem novas plantas, contribuindo com a perpetuação da espécie, que em 8 a 10 anos, em média, trará novos frutos. A germinação *in vitro* é uma opção viável para o buriti, usando meio MS enriquecido com 30g/L de ágar e 7g/L de sacarose, as taxas de germinação podem chegar até 90%. Essa técnica é importante também para a manutenção de germoplasma (Camillo, 2022; Ebert et al, 2014; Spera, 2001).

## **5. Desenvolvimento de raiz, caule e folhas**

A formação de raízes laterais é fundamental para a absorção de água e nutrientes do solo. Além disso, as raízes também desempenham um papel importante na fixação do solo, evitando a erosão em áreas sujeitas a muitas chuvas e inundações, como os locais onde o buriti é comumente encontrado.

A disponibilidade de água no solo é um fator chave para o desenvolvimento das raízes do buriti. A falta de água no solo pode levar a um crescimento reduzido das raízes laterais e conseqüentemente afetar o desenvolvimento da planta como um todo. Já o excesso de água pode afetar a absorção de oxigênio pelas raízes, causando morte das células e prejudicando o desenvolvimento da planta. Além da água, a disponibilidade de nutrientes no solo também apresenta sua importância, a presença de fósforo e nitrogênio no solo pode aumentar significativamente o crescimento das raízes.

O desenvolvimento do caule do buriti é um processo crucial para a sobrevivência e crescimento da planta. O caule é responsável por suportar as folhas, flores e frutos, bem como por transportar água e nutrientes do solo para o restante da planta. A espessura do caule do buriti pode variar de acordo com a idade da planta e as condições de crescimento. Em geral, o

caule é fino nos primeiros estádios de desenvolvimento, mas pode atingir diâmetros de até 50 cm em plantas adultas.

O crescimento do caule do buriti é influenciado por diversos fatores, como a disponibilidade de luz, água e nutrientes no solo. A luz é um fator importante para o desenvolvimento do caule do buriti. Como uma espécie adaptada a ambientes úmidos, o buriti cresce bem em áreas com alta luminosidade, mas pode apresentar um crescimento reduzido em locais com sombra densa. O caule do buriti também apresenta adaptações importantes para enfrentar os desafios ambientais. Em áreas alagadas ou sujeitas a inundações, o caule pode apresentar uma estrutura aerífera (lenticelas), que permite a absorção de oxigênio necessário para a respiração da planta.

O desenvolvimento das folhas do buriti é um processo fundamental para o crescimento e a sobrevivência dessa planta. As folhas desempenham funções importantes, como a fotossíntese, a transpiração e a regulação da temperatura da planta.

As folhas do buriti são grandes, em forma de leque e possuem uma textura firme (Figura 4). As folhas jovens do buriti apresentam uma cor verde-clara, com uma superfície lisa e brilhante. Conforme as folhas amadurecem, a cor se torna mais escura.



**Figura 4.** Folhas do buriti (Adaptado de Ferreira et al., 2018).

A luz é um fator crucial para a fotossíntese e o crescimento das folhas. Em áreas com alta luminosidade, as folhas do buriti crescem mais rapidamente e apresentam uma coloração mais intensa. A água também é um fator importante para o desenvolvimento das folhas do buriti. A falta de água pode levar à queda das folhas e à redução da taxa de crescimento.

As folhas do buriti também apresentam adaptações importantes para enfrentar os desafios ambientais. Em áreas com alta incidência de ventos, as folhas podem se tornar mais espessas e resistentes para suportar as forças mecânicas.

## **6. Efeitos de fatores ecológicos**

A temperatura apresenta importante relação com o desenvolvimento do buriti. Por ser originária e distribuída em regiões mais quentes, temperaturas mais elevadas favorecem o seu desenvolvimento. Segundo Almeida (2019), a germinação de sementes do buriti ocorreu melhor entre as temperaturas de 20°C e 30°C alternadas, com uma taxa de germinação de 86%. Temperaturas mais elevadas, como acima de 35°C, e mais baixas, como 20°C, promoveram germinações entre 30-50%. Foi avaliada a taxa de germinação quanto à variação de temperatura no período e essa alternância de temperaturas, sendo que, entre os intervalos definidos, foram mais responsivos do que o uso de uma temperatura constante. De forma semelhante, em plantas maduras a temperatura influencia importantes processos fisiológicos.

Outro fator relevante que afeta o crescimento e desenvolvimento do buriti é a luminosidade. A disponibilidade de luz é um fator chave para a sobrevivência e crescimento do buriti. Áreas com maior disponibilidade de luz apresentam maior crescimento da planta. A luz influencia diretamente a fotossíntese, processo fundamental para a produção de energia na planta, o que afeta o crescimento e desenvolvimento saudável do buriti.

A disponibilidade de água é um fator crucial para a sobrevivência do buriti. A taxa de crescimento do buriti é significativamente afetada pela disponibilidade de água. Áreas com maior disponibilidade de água apresentam maior taxa de crescimento da planta. A falta de água pode levar a uma diminuição na produção de frutos e sementes, bem como na mortalidade da planta.

A polinização é outro fator importante na reprodução e sobrevivência do buriti. A polinização por abelhas e outros pequenos insetos resulta em uma maior produção de frutos e sementes de buriti.

## **7. Solos, nutrição e micorrizas**

A qualidade do solo é um fator importante para o crescimento e desenvolvimento do buriti. Solos mais arenosos e bem drenados são os ideais. A fertilidade do solo era maior em áreas com menor intensidade de uso. Isso pode ser explicado pela redução do impacto humano, que resulta na melhoria da qualidade do solo, uma vez que áreas intensivamente cultivadas podem perder nutrientes devido a práticas inadequadas de manejo do solo. Além

disso, solos com pH equilibrado, entre 5,5 e 6,5, costumam favorecer o desenvolvimento das plantas.

A nutrição adequada é outro fator importante para o crescimento e desenvolvimento do buriti. Apesar de não haver estudos para recomendação de adubação para o buriti, o teor de nitrogênio, fósforo e potássio no solo é importante para o desenvolvimento da planta. A deficiência de nutrientes pode reduzir a produtividade do buriti, enquanto o excesso pode levar a um crescimento excessivo e à redução da qualidade dos frutos.

Além disso, a presença de micorrizas é importante para a nutrição e vigor do buriti. As micorrizas são associações simbióticas entre as raízes das plantas e os fungos do solo. Essa associação é benéfica para a planta, pois permite uma melhor absorção de água e nutrientes, principalmente de fósforo, melhorando seu desenvolvimento. Além disso, a presença de micorrizas pode melhorar a resistência do buriti a estresses ambientais, como à seca e à altas temperaturas.

## 8. Relações hídricas

A presença de água é um fator importante o buriti, tanto para o desenvolvimento vegetativo, quanto para reprodução e dispersão das sementes, sendo o transporte de frutos e sementes pela água a principal forma de dispersão do buriti, pois possuem a capacidade de flutuar, consequência da presença do tecido esponjoso, com alto teor de celulose e baixa densidade presente no mesocarpo (Camillo, 2022), (Figura 5).



**Figura 5.** Buriti próximo à água (Adaptado de Silva et al., 2022).

No desenvolvimento do buriti, principalmente na germinação e crescimento vegetativo, a água é um dos principais recursos para um desenvolvimento saudável. Segundo

Almeida (2017), solos com mais disponibilidade de água, entre 80% a 100%, apresentaram melhores resultados na germinação e no desenvolvimento foliar de plantas do buriti. Porcentagens de água entre 40% e 60% apresentaram menor crescimento longitudinal e demoraram mais tempo para atingir a abertura total das folhas. Além do mais, foi encontrada uma relação linear, ou seja, diretamente proporcional à taxa de carbono assimilado e a quantidade de água disponível no solo. Os resultados mostram que 60% de água disponível no solo é o limite para um bom crescimento do buriti.

### **9. Fotossíntese e translocação**

A fotossíntese no buriti é altamente adaptada às condições tropicais, com alta taxa de fotossíntese líquida por unidade de área foliar. As folhas são os principais sítios fotossintetizantes, contendo cloroplastos com arranjos particulares que permitem a maximização da eficiência de captação da luz. O caule também é um sítio fotossintetizante, principalmente em indivíduos jovens. Os açúcares produzidos durante a fotossíntese são translocados para outras partes da planta através do floema, que é o principal tecido vascular de transporte de solutos orgânicos.

A eficiência da translocação de carboidratos do buriti é regulada por diversos fatores ambientais e fisiológicos, como temperatura, disponibilidade de nutrientes, hormônios vegetais e principalmente a umidade, sendo esse o fator mais limitante para o buriti. O estudo da fotossíntese e translocação no buriti tem importantes implicações para a conservação da espécie e seu uso sustentável. O buriti é amplamente utilizado na alimentação e medicina tradicional em várias comunidades, e a compreensão desses processos pode auxiliar no manejo adequado da espécie. Além disso, a avaliação da influência das mudanças climáticas no desempenho desses processos é essencial para a previsão dos impactos dessas mudanças no ecossistema em que o buriti está inserido.

### **10. Florescimento e frutificação**

A palmeira buriti é uma espécie dioica, ou seja, depende da existência de plantas masculinas e femininas para produzir frutos. As plantas masculinas produzem apenas cachos com flores masculinas responsáveis pela produção do pólen. Já as plantas femininas produzem apenas cachos com flores femininas que possuem ovários, logo, receberam o pólen e produziram os frutos. A floração de ambos os tipos de plantas, macho e fêmea, ocorrem no mesmo período para que a polinização cruzada seja possível (Figura 6). O vento não se

apresentar como um grande agente de dispersão de pólen para o buriti. Assim, essa função é realizada pelos pequenos insetos, como as abelhas nativas, besouros e moscas.



**Figura 6.** Flores e frutos do buriti (Adaptado de Ferreira et al., 2016).

O período de florescimento e frutificação varia de acordo com a região. No Cerrado, e em região mais secas, esse período acontece entre os meses de fevereiro e maio, e como consequência, a frutificação acontece entre dezembro e fevereiro. Já para regiões mais úmidas, como a Amazônia, o buriti floresce entre os meses de abril e junho e a frutificação entre o período compreendido pelos meses de março a agosto. É comum o processo de florescimento e frutificação do buriti ultrapassar mais de um ano (Camillo, 2022; Brito et al., 2022).

### **11. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente**

Apesar de poucos estudos sobre a temática para o buriti, Pio (2010), nota que o buriti é mais recorrente em solos hidromórficos e latossolos vermelhos, e ainda mais, próximos a corpos hídricos. Portanto, apesar não existir um zoneamento agrícola propriamente dito, é possível afirmar que em regiões secas haverá menos chances de haver a ocorrência do buriti.

### **12. Estratégias para altas produções**

As técnicas de plantio do buriti podem variar de acordo com a região e as condições climáticas. Em geral, recomenda-se o plantio em solo bem drenado, com profundidade de cerca de 50 centímetros e espaçamento entre plantas de 8 a 10 metros. A época de plantio

também é um fator importante a ser considerado, devendo ser realizado na época das chuvas, para que a planta tenha um melhor desenvolvimento e adaptação ao local.

Além disso, o manejo da adubação é fundamental para a alta produtividade do buriti. A utilização de fertilizantes orgânicos, como a adubação verde com leguminosas e a aplicação de compostos orgânicos, fornece nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas e promove a melhoria da qualidade do solo, o que é fundamental para o manejo do buriti. Também é importante monitorar os níveis de nutrientes no solo e realizar a correção de possíveis deficiências, com o uso de fertilizantes químicos, seguindo as recomendações técnicas e as boas práticas agrícolas.

A colheita adequada é uma etapa importante para a produção de frutos de qualidade e para a conservação das palmeiras de buriti. A colheita deve ser realizada de maneira cuidadosa, de forma a não danificar a árvore ou os frutos. Uma das técnicas de colheita mais comuns é a utilização de escadas para alcançar os cachos de frutos mais altos. Após a colheita, os frutos devem ser armazenados em local fresco e seco, protegidos da luz solar direta e da umidade excessiva. Os frutos podem ser consumidos frescos ou processados para a produção de polpa, óleo ou outros produtos.

### **13. Senescência e aproveitamento de resíduos**

Os resíduos do buriti apresentam um alto potencial para o reaproveitamento em diferentes setores. A polpa dos frutos pode ser utilizada na produção de alimentos, como geleias, sorvetes e suco. A polpa é rica em nutrientes, como vitamina A, ferro e cálcio. O fruto *in natura* pode ser considerado um alimento funcional. Além disso, a casca dos frutos pode ser utilizada na produção de carvão vegetal e a folha da palmeira pode ser usada na produção de artesanato, como bolsas e cestas. O óleo extraído dos frutos também apresenta potencial para a produção de cosméticos (Martins et al., 2016; Pimenta et al., 2016). A medula do caule pode ser processada, resultando em farinhas para panificação e caldos (Ferreira et al., 2016), (Figura 7).



**Figura 7.** Pães de farinha e óleo de buriti (Adaptado de Ferreira et al., 2016).

A utilização dos resíduos do buriti pode contribuir para a sustentabilidade ambiental e econômica da região, pois promove o aproveitamento de materiais que, de outra forma, seriam descartados. Além disso, o reaproveitamento de resíduos pode gerar renda e empregos para as comunidades locais que cultivam e processam o buriti. Também há estudos de uso de outras partes do buriti, como o caule e as folhas, para utilização de substrato e fonte de matéria orgânica para produção de mudas e outros cultivos (Araújo et al, 2018; Costa Júnior et al., 2019).

#### **14. Produção artesanal de cosméticos**

A produção artesanal e de cosméticos do buriti é uma atividade tradicional em várias regiões do Brasil, especialmente na região Norte. O óleo de buriti é um dos principais ingredientes utilizados na produção de cosméticos. Ele é rico em ácidos graxos, especialmente ácido oleico e ácido linoleico, além de carotenoides, vitamina E e outros nutrientes. O óleo de buriti é conhecido por suas propriedades emolientes e hidratantes, sendo amplamente utilizado em cremes, loções e outros produtos para a pele e cabelos (Brito et al., 2022).

A produção artesanal de cosméticos do buriti geralmente envolve a extração do óleo do fruto maduro, que é realizado por meio da prensagem mecânica. O óleo obtido é então filtrado e armazenado em recipientes herméticos. Em seguida, é utilizado na produção de cremes, loções, sabonetes e outros produtos cosméticos, muitas vezes combinado com outros ingredientes naturais, como manteigas vegetais, óleos essenciais e extratos de plantas.

A produção artesanal ainda é valorizada por muitos consumidores, especialmente por sua conexão com as tradições locais e o respeito ao meio ambiente. A produção artesanal é uma forma de manter a cultura local e valorizar a biodiversidade (Silva et al., 2022).

## Referências

- BRITO, B.N.C. et al. *Mauritia flexuosa*. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial:** plantas para o futuro Região Norte. Brasília, 2022.
- CAMILLO, J. *Mauritia flexuosa*. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial:** plantas para o futuro Região Norte. Brasília, 2022.
- FERREIRA, M.G.R. et al. *Mauritia flexuosa*. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial:** plantas para o futuro Região Centro-Oeste. Brasília, 2018.
- FERREIRA, M.G.R. et al. *Mauritia flexuosa*. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial:** plantas para o futuro Região Norte. Brasília, 2022.
- GAZEL FILHO, A.B.; LIMA, J.A.S. **O buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L.) e seu potencial de utilização**. Belém: Embrapa Amapá, 2001. (Documentos, 27).
- MARTINS, R.C. et al. *Mauritia flexuosa*. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial:** plantas para o futuro Região Centro-Oeste. Brasília, 2016.
- PIMENTA, R.S. et al. *Mauritia flexuosa*. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial:** plantas para o futuro Região Centro-Oeste. Brasília, 2016.
- SILVA, R.J.F. et al. *Mauritia flexuosa*. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial:** plantas para o futuro Região Norte. Brasília, 2022.
- SOARES, K.P. et al. Arecaceae. In: JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Flora do Brasil**. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB53>>. Acesso em: 07 jul. 2023.
- VIANNA, S.A. *Mauritia*. In: JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Flora do Brasil 2020**. Disponível em: <<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15722>>. Acesso em: 07 jul. 2023.

# CAMBUCCI



**CAMBUCCI** (*Campomanesia phaea*)

Ariel Sharon de Araújo Nogueira Marcelino

## 1. Origem e distribuição geográfica

O cambucizeiro, conhecido cientificamente como *Campomanesia phaea* (O.Berg) Landrum, é uma árvore frutífera nativa do bioma Mata Atlântica. Popularmente conhecido por nomes como cambuci, camuci e cambuchi, devido à semelhança de seu fruto com potes de cerâmica indígenas de mesmo nome, essa espécie tem sua distribuição predominante no sudeste do Brasil, em estados como Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, principalmente na região montanhosa da Serra do Mar paulista (Lorenzi et al., 2006).

O bioma Mata Atlântica, que originalmente ocupava 15% do território brasileiro, distribuindo-se ao longo de 17 estados é caracterizado pelo seu alto nível de diversidade biológica e possui o cambucizeiro como parte da sua flora original. No entanto, conforme relatório da Fundação SOS Mata Atlântica (2024), apenas 24% da cobertura florestal original da Mata Atlântica permanece, com 12,4% dela mantida em um estado bem preservado. Esta

região abriga cerca de 72% da população brasileira e representa aproximadamente 80% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Assim, mesmo fragmentada e reduzida, devido à expansão agrícola e degradação ambiental, a Mata Atlântica continua sendo um importante pilar econômico e biológico, abrigando um valioso patrimônio genético de espécies de plantas.

O cambucizeiro é valorizado cultural e gastronomicamente, sendo seus frutos apreciados como fonte de alimentos. Além de suas propriedades nutricionais, os frutos são ricos em compostos antioxidantes, vitaminas e minerais (Vallilo et al., 2005). O aproveitamento de suas potencialidades estimula abordagens de conservação e manejo sustentável para a proteção dessa espécie vulnerável e que enfrenta desafios de conservação, bem como criar oportunidades econômicas para comunidades locais e para o desenvolvimento regional.

## 2. Classificação botânica

A classificação botânica para o cambucizeiro está descrita na tabela abaixo, segundo A. Engler e A. Cronquist.

|                  | <b>Engler</b>             | <b>Cronquist</b>          |
|------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Divisão</b>   | Angiospermae              | Magnoliophyta             |
| <b>Classe</b>    | Dicotyledoneae            | Magnoliopsida             |
| <b>Subclasse</b> | Metachlamydeae            | Rosidae                   |
| <b>Ordem</b>     | Myrtales                  | Myrtales                  |
| <b>Família</b>   | Myrtaceae                 | Myrtaceae                 |
| <b>Gênero</b>    | <i>Campomanesia</i>       | <i>Campomanesia</i>       |
| <b>Espécie</b>   | <i>Campomanesia phaea</i> | <i>Campomanesia phaea</i> |

O cambucizeiro [*Campomanesia phaea* (O. Berg.) Landrum] pertence à família Myrtaceae, notoriamente uma das maiores famílias de angiospermas, com indivíduos relatados em todos os biomas brasileiros. Possuindo cerca de 4629 espécies distribuídas em 129 gêneros, a família Myrtaceae é composta por plantas como: a pitanga (*Eugenia uniflora*), goiabeira (*Psidium guajava*), jabuticaba (*Plinia cauliflora*), gabioba (*Campomanesia pubescens*) e exóticas como o eucalipto (*Eucalyptus* spp.), que desempenham importantes papéis ecológicos, medicinais, econômicos, agrônômicos e paisagísticos.

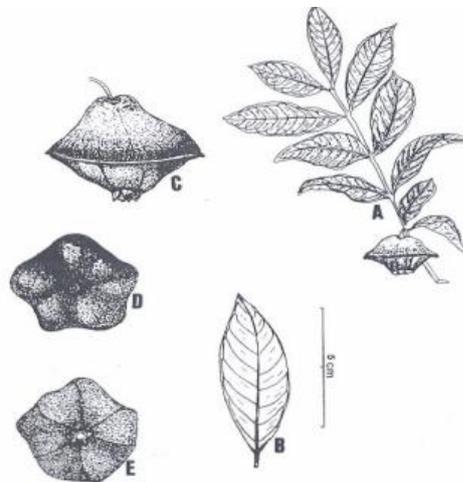
Inicialmente foi descrita como *Abbevillea phaea* O. Berg e, posteriormente, como *Paiva langsdorfii* O. Berg. Hoje, está alocada no gênero *Campomanesia*, como *Campomanesia phaea* com cerca de 42 espécies conhecidas e todas ocorrentes em território brasileiro (Lorenzi et al., 2006). Esse gênero comporta espécies com diferentes fenologias e

em muitos remanescentes de floresta atlântica, essa família se destaca pela presença do maior número de indivíduos, se tornando indispensável no que diz respeito à história, ecologia e conservação desse bioma.

### 3. Morfologia

A morfologia e anatomia do cambucizeiro pode ser afetada pela sua distribuição, uma vez que essa planta pode ser encontrada desde locais com serra até próximos ao nível do mar, causando modificações em suas características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, principalmente em relação aos seus frutos. Essas informações são importantes para adequar manejos culturais e definir aplicações industriais.

O cambuci é uma planta de porte arbóreo com tamanho entre 3-5 m de altura, mas podendo atingir maior altura em ambiente natural. É uma planta seletiva higrófila e heliófila, ou seja, são plantas adaptadas a locais com umidade elevada e alta necessidade de luz solar direta para seu desenvolvimento, respectivamente (Tokairin, 2017). Esses atributos são compatíveis com as características do bioma e ambiente em que se encontra, dada as diferentes fitofisionomias que a Mata Atlântica possui (Figura 1).



**Figura 1.** Partes do cambucizeiro: a) Ramo; b) Folha; c) Fruto; d) Visão superior do fruto e) Visão inferior do fruto (Adaptado de Jorge, 1992).

Seu tronco apresenta coloração variando de acinzentada à cinza-escuro e diâmetro entre 20 e 30 cm com presença de ritidoma com aparência escamosa e descamação longitudinal, não em placas irregulares como em outras espécies de *Campomanesia* (Lorenzi, 1992; Tokairin, 2017). As folhas do cambuci são de filotaxia oposta cruzada e com presença de pecíolo com tamanhos entre 7 e 10 cm de comprimento. Possuem formato ovalado,

podendo ser glabras ou pilosas, com ápice agudo ou cuneado, folhas elípticas ou lanceoladas, e canaliculatas. A enervação é pinada, com 5 a 8 pares, inconspícuas na face adaxial e proeminentes na face abaxial, onde estão localizados os estômatos, do tipo anomocítico (Leão, 2012; Luber et al., 2017). As folhas do cambucizeiro apresentam glândulas secretoras de óleo, localizadas na periferia do limbo foliar, que podem apresentar grande valor comercial. Compostos como óxido de cariofileno, alfacadinol, beta-cariofileno, entre outros, estão presentes e suas propriedades são de interesse para indústria (Adati, 2001)

As inflorescências são unifloras, hermafroditas, pentâmeras e compostas por todos os verticilos florais (sépalas, pétalas, estames e carpelos). As inflorescências podem chegar a medir 2,5 cm de diâmetro e estão inseridas nas axilas dos ramos (Leão, 2012). Possui ovário súpero e multilocular com cerca de 10 óvulos por lóculo e possuem grande número de estames, o que é comum entre espécies da família Myrtaceae (Donadio et al., 2002) o que justifica a alogamia e necessidade de polinização cruzada e atuação de agentes polinizadores na reprodução do cambucizeiro.

Os frutos são bagas lisas de formato discoide com dimensões de 2 a 3 cm de diâmetro. Possui epicarpo rígido e coloração verde brilhante quando imaturo, e cálice persistente. Os frutos são carnosos, com grande número de sementes, variando de 9 a 13 sementes por fruto, de formato orbicular e plano, servindo de alimento para as aves silvestres (Leão, 2012; Luber et al., 2017).

#### **4. Germinação e propagação vegetativa**

As sementes são a principal forma de propagação das plantas, sendo um mecanismo vital para a manutenção da diversidade genética, biológica e perpetuação da espécie. Todavia, para atender às demandas agrícolas e ambientais, métodos de propagação vegetativa, como estaquia e enxertia, foram desenvolvidas.

O cambuci é uma espécie que produz considerável número de sementes. Em ambiente natural, essas sementes são dispersas por mamíferos e aves silvestres da Mata Atlântica (Lorenzi, 1992). Para o cambuci, existem poucas informações quanto a eficiência de métodos agrônômicos de propagação vegetativa, bem como o tratamento e armazenamento de sementes. A propagação seminal é a que tem maior destaque para essa planta.

De acordo com Donadio et al. (2002), as sementes de cambucizeiro, apesar de inúmeras, possuem baixo índice de fertilidade, aproximadamente 30%. Além disso, a germinação é lenta, com baixa porcentagem de germinação. São categorizadas como sementes recalcitrantes e dependem das condições de armazenamento adequadas para manterem sua

viabilidade, como o armazenamento em câmara fria. De Maluf e Pisciotano-Ereio (2005), demonstraram que o armazenamento em saco plástico e câmara fria eram melhores que em condições de ambiente natural, mantendo sua viabilidade inicial por até 240 dias, ultrapassando o proposto por Lorenzi (1992).

A semeadura após a coleta dos frutos não parece ser a melhor forma de obter bons resultados relacionados à germinação para as sementes do cambucizeiro (Forte, 2021). Ainda segundo Forte (2021), estratificação úmida a frio é um meio eficiente para a superação da dormência. Isso foi percebido quando as sementes foram submetidas a temperatura de 15°C e os resultados indicaram que o potencial de germinação de plântulas foi de 93,25%. Para a mesma temperatura, também foi percebido um melhor tempo médio de germinação em dias, sendo de 74,23. Esses dados são muito importantes em termos de produção de mudas por via seminal, pois reduzem o período de formação e maior uniformidade de plântulas.

Tratando-se de propagação vegetativa, para o cambuci, os métodos que utilizam estacas não parecem ser viáveis. O desenvolvimento de raízes adventícias parece ser impactado negativamente pela presença de compostos fenólicos que, quando oxidados, liberam exsudados tóxicos aos tecidos das plantas. Além disso, há uma barreira física imposta pelo tecido esclerenquimático, que também pode atrapalhar no desenvolvimento radicular. Vale salientar, ainda, que esses podem não ser os únicos fatores envolvidos. O surgimento de calos também foi relatado (Santoro et al., 2020).

Assim, esses estudos esclarecem sobre fatores que podem viabilizar a germinação e limitar a propagação vegetativa, pouco discutidos na literatura, abrindo espaço para que outros métodos sejam aplicados. A compreensão dos mecanismos de dormência e estratégias de superação são cruciais para o desenvolvimento de técnicas mais eficientes de produção de mudas, otimização de práticas agrônômicas e conservação de cambucizeiro.

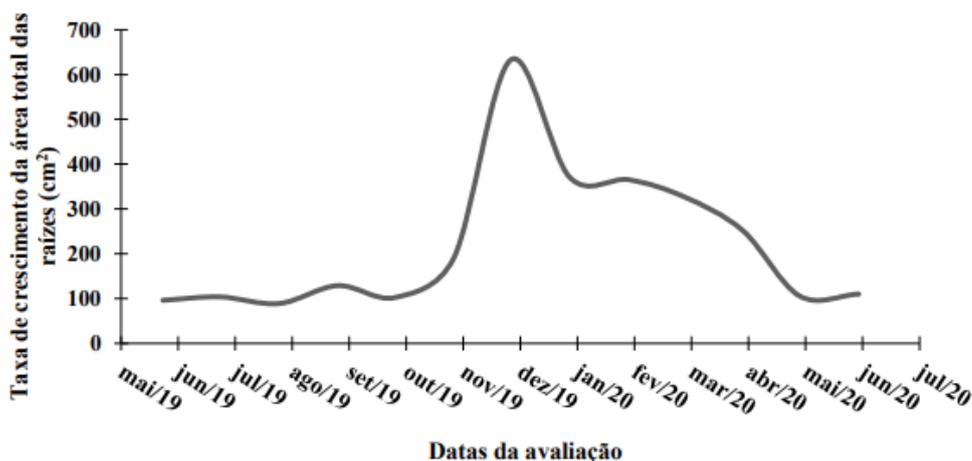
## **5. Desenvolvimento de raízes**

Assim como grande parte das plantas lenhosas da família Myrtaceae, o cambuci possui um sistema de raízes do tipo pivotante. Esse sistema radicular é constituído por uma raiz principal, de geotropismo positivo, de onde surgem raízes secundárias e laterais, responsáveis pela absorção de água e nutrientes disponíveis no solo. Esse tipo de raiz além de dar melhor estabilidade a planta, permite explorar os solos mais profundamente e são comuns em ambientes onde a disponibilidade hídrica é limitada.

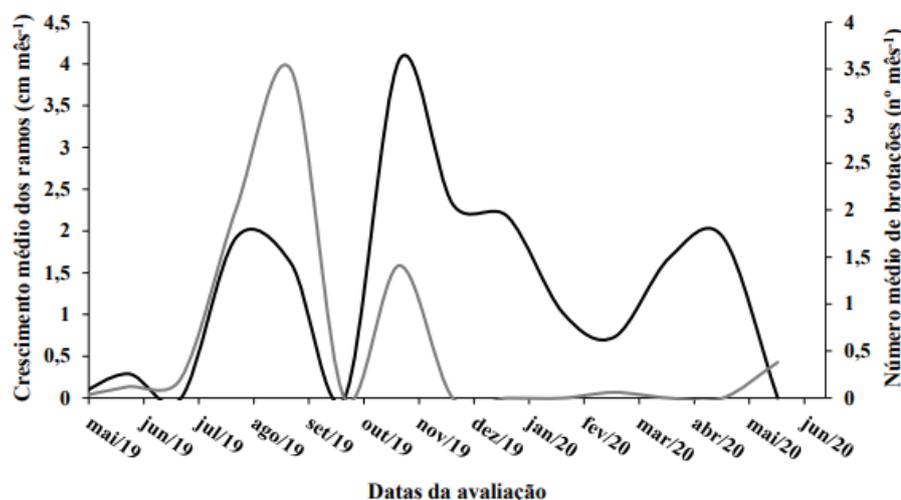
A Mata Atlântica possui uma grande diversidade edáfica, mas, no geral, seus solos são caracterizados por solos profundos, ácidos, altamente intemperizados e ricos em matéria

orgânica. A composição do solo, no que diz respeito a sua textura, mineralogia, fertilidade, capacidade de drenagem e disponibilidade nutricional são de extrema importância para o pleno desenvolvimento radicular do cambuci.

Em caso de déficit hídrico, por exemplo, o crescimento do vegetal é reduzido, podendo não haver desenvolvimento de flores e, conseqüentemente, de frutos. O pico de crescimento radicular do cambucizeiro coincide com os meses com maior disponibilidade hídrica e o de desenvolvimento de brotos é retomado quando o desenvolvimento de raízes é reduzido. Isso mostra um equilíbrio entre crescimento radicular e desenvolvimento da parte aérea, como mostram dados obtidos por Leão (2021) nas Figuras 3 e 4.



**Figura 2.** Taxa de crescimento da área total (cm<sup>2</sup>) das raízes de cambucizeiros (*Campomanesia phaea*). ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Período de 2019-2020 (Adaptado de Leão, 2021).



**Figura 3.** Crescimento médio dos ramos (preto) e número médio de brotações (cinza) em plantas de cambucizeiros (*Campomanesia phaea*). ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Período de 2019-2020 (Adaptado de Leão, 2021).

## 6. Desenvolvimento do caule

O cambucizeiro é uma espécie que possui caule lenhoso e ereto, de 20-30 cm diâmetro quando maduro. Quando jovem essa planta pode apresentar um caule liso com surgimento de ritidoma de aspecto escamoso com o passar do tempo. Essa casca exterior protege a planta de danos mecânicos e da ação pragas e patógenos (Lorenzi, 1992).

Ainda não existem informações suficientes a respeito dos primórdios que garantem a expansão e desenvolvimento em altura do cambucizeiro, mas a extensão do tronco depende, principalmente, de fatores ambientais e genéticos. O cambuci apresenta alturas de 3-5 m, mas em ambiente natural pode chegar a 16 m de altura, respondendo a fitofisionomia, onde essa espécie cresce em condições de sombreamento, e às condições edafoclimáticas da Mata Atlântica (Lorenzi, 2002; Tokairin, 2017). As árvores de Cambuci cultivadas em culturas comerciais não irrigadas podem variar entre 4–8 e 12–16 m de altura quando atingem as idades de 10 e 40 anos, respectivamente (Tokairin, 2017).

O caule é um dos principais órgãos da planta, pois é responsável por ligar as raízes a parte aérea, permitindo a translocação de água e nutrientes do solo para as partes mais altas e, da mesma forma, a distribuição de fotoassimilados para as partes mais baixas, incluindo as raízes, demonstrando um complexo e funcional sistema de vasos condutores (Taiz; Zeiger, 2017).

## 7. Desenvolvimento das folhas

O desenvolvimento foliar se dá através dos meristemas apicais da planta, por meio de sucessivas divisões celulares. Essas divisões respondem a mensagens genéticas que são interpretadas para dar origem a folha e todas as estruturas relativas ao genótipo, como por exemplo: número de cloroplastos, morfologia, anatomia, disposição das enervações, estômatos, entre outros. Após isso, a estrutura segue em um processo de crescimento, onde as células entram em diferenciação e funcionalidade, adquirindo a especificidade necessária para o desempenho das funções fisiológicas adequadas àquela planta (Taiz; Zeiger, 2017).

Não estão bem detalhadas as particularidades a respeito do desenvolvimento das folhas do cambuci, senão aqueles comuns a plantas lenhosas da família Myrtaceae, respeitando as taxas de crescimento e padrões específicos que variam conforme o ambiente e as condições genéticas. Em *Campomanesia xanthocarpa*, é possível observar após três ou quatro dias a emergência do hipocótilo logo após a emissão das raízes secundárias. Nesta fase, também há exposição do hipocótilo que logo torna-se ereto e há expansão dos

paracotilédones, órgãos fotossintetizantes, que possibilitam o crescimento, desenvolvimento e o estabelecimento inicial da plântula no ambiente.

À medida que a plântula se desenvolve, o hipocótilo adquire aspecto lenhoso logo após a expansão dos paracotilédones, marcando a transição para um estágio de crescimento mais robusto. Segue-se, então, o desenvolvimento do primeiro par de eofilos, as primeiras folhas que emergem da plântula. Com filotaxia oposta e cruzada e dando fim ao estágio de plântula, essas são as primeiras folhas presentes no estágio inicial de desenvolvimento de *C. xanthocarpa*.

A partir daí, a planta crescerá vigorosamente por meio da biossíntese de fotoassimilados oriundos da fotossíntese em conjunto com a absorção de água e sais minerais pelas raízes. A compreensão desses estágios é fundamental para o manejo dessa e de outras espécies, estendendo-se para o cambucizeiro.

## **8. Efeitos de fatores ecológicos**

### **8.1 Temperatura**

A temperatura da Mata Atlântica varia consideravelmente, desde a proximidade com o oceano e até em latitude e altitude. O clima onde o cambucizeiro ocorre naturalmente é classificado como Cfb, segundo classificação de Kopen-Geiger, sendo mesotérmico úmido, sem estação seca definida. As temperaturas médias variam entre 18°C e 25°C, com temperaturas mais altas durante o dia devido a incidência de radiação solar. Nesse clima, há distribuição de chuvas ao longo do ano, sem estação seca definida.

### **8.2 Umidade**

A umidade do ar na Mata Atlântica é, geralmente, alta, principalmente durante os períodos com maior intensidade de chuvas, frequentemente superiores a 70% de saturação. A precipitação média desse bioma pode variar entre 1.200 mm e 2.000 mm.

### **8.3 Radiação solar**

A Mata Atlântica recebe uma quantidade significativa de radiação solar durante o ano. Esse fornecimento, aliado a intensidade pluviométrica e alta temperatura, permitem vigoroso desenvolvimento vegetal, tendo as espécies de porte menores dificuldade para receber luminosidade devido à redução pela copa das árvores mais altas. Há ainda, a influência da topografia desse bioma, variando a disponibilidade de radiação solar para as plantas. O cambucizeiro, geralmente, cresce sob sombreamento, que pode ocasionar um

desenvolvimento vegetativo mais lento, porém, prevenindo estresses variados, como danos por radiação solar direta, por exemplo.

## 9. Relações hídricas

As relações hídricas são fundamentais para entender o crescimento, desenvolvimento, adaptação e eventos de floração e frutificação nas espécies vegetais. A literatura carece de informações específicas sobre as relações hídricas do cambucizeiro. A goiabeira (*Psidium guajava*), que também é uma espécie pertencente à família Myrtaceae, é amplamente estudada e está bem consolidada como uma frutífera de valor agrônomo no Brasil. Desta forma, adotaremos a goiabeira como referência em relação as demandas hídricas.

A goiabeira (*Psidium guajava*) possui grande adaptabilidade a diferentes condições hídricas, podendo tolerar períodos de estiagem e de alagamento sem que interfiram significativamente sobre sua produtividade (Chane et al., 2019). Isso se deve a um sistema radicular altamente eficiente, comum às espécies arbóreas da família Myrtaceae, com longas raízes de fixação e um sistema de raízes superficiais que ultrapassam o diâmetro da copa das árvores, sendo verdadeiros interceptadores de água, que garante sua sobrevivência mesmo em baixa disponibilidade hídrica. Portanto, é razoável supor que o cambuci possua a adaptações radiculares semelhantes.

A contribuição da água para a cultura da goiabeira também está atrelada ao sucesso da floração, frutificação e qualidade dos frutos. A seca e baixa umidade podem induzir o abortamento de flores e frutos e, quando combinadas com altas temperaturas, pode induzir o desfolhamento.

O lançamento de flores requer uma quantidade considerável de umidade, e o excesso de água pode prejudicar a produção de frutos, causando danos a epiderme, como rachaduras, e comprometendo a qualidade sensorial dos frutos, com menor teor de sólidos solúveis, podendo estender esses conhecimentos para o cambucizeiro, na fase de enchimento de fruto. Além disso, o excesso pode contribuir para o aparecimento de pragas e doenças (Souza et al., 2010; Sharme et al., 2020). Assim, a dinâmica de irrigação para a cultura deve ser calculada de modo a atender aos diferentes estágios fenológicos, a fim de beneficiar práticas de cultivo e conservação.

No que diz respeito à demanda hídrica e à irrigação, a salinidade é um dos problemas que mais causam preocupação no rendimento das culturas. O excesso de íons afeta os ajustes osmóticos da relação entre raiz e solo, prejudicando a absorção de sais minerais e água, importantes para o desenvolvimento da planta (Jalil; Ansari, 2020). Esse é um problema

bastante presente em regiões com baixa pluviosidade, alta evaporação bem como manejo inadequado de irrigação e utilização de fertilizantes.

## **10. Solos, nutrição e micorrizas**

Naturalmente, os solos da Mata Atlântica, onde o cambucizeiro se desenvolve, são solos ácidos, ricos em matéria orgânica, com baixa saturação por bases e baixo teor de fósforo (Leão, 2012). Essas características acarretariam baixo desenvolvimento e produtividade nas plantas. Todavia, é relatado que o cambucizeiro consegue driblar esses problemas e garantir uma boa produção, demonstrando ser uma espécie resiliente.

Isso é demonstrado em estudo realizado por Soares (2022) que notou que maiores doses altas de fósforo resultaram em maior desenvolvimento inicial de cambucizeiro. Todavia, a correção do solo não afetou o desenvolvimento das plantas na maior parte das variáveis analisadas, como altura da planta e número total de folhas, massa seca de raiz e parte aérea, bem como alterações no sistema radicular e na área foliar das mudas. Ainda notou que não houve nenhuma alteração nos parâmetros de condutância estomática, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, eficiência no uso da água, teor de clorofilas, entre outros, demonstrando que essa espécie está bem adaptada às condições edáficas do local de origem.

Apesar de resiliente e adaptada, o cambuci demanda macronutrientes e micronutrientes para o seu desenvolvimento. Soares (2022) submeteu mudas de cambucizeiro à omissão de macronutrientes e observou perdas significativas de desenvolvimento, teor de clorofilas, biomassa da parte aérea e radicular. A privação de nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e ferro (Fe) causam distúrbios que impactam diretamente sobre o crescimento, produtividade e sobrevivência do cambuci, uma vez que são constituintes essenciais de moléculas e estruturas envolvidas no metabolismo das plantas.

Sugere-se que plantas de cambucizeiro apresentem associações simbióticas com fungos micorrízicos arbusculares. Entretanto, ainda não existem estudos que elucidem a maneira que interagem e quais espécies estão envolvidas na colonização do seu sistema radicular.

## **11. Fotossíntese e translocação**

A fotossíntese é o processo bioquímico pelo qual a planta converte energia luminosa em energia química na forma de glicose. Esse processo é mediado por estruturas dentro dos

cloroplastos que permitem o redirecionamento energético para a produção de energia e redução de cofatores essenciais para vias biossintéticas (Taiz; Zeiger, 2017)

A fotossíntese é um mecanismo altamente conservado, presente em plantas, algas e bactérias, com fases bem estabelecidas. Divide-se em fase luminosa, onde há fixação de luz pela reação de Hill-Bendal e fase escura, onde há a fixação de carbono mediado pelo ciclo de Calvin-Benson-Bassham. Durante a fase luminosa ocorre a captação de luz em um centro de reação por pigmentos chamados clorofilas, os fótons capturados são a energia necessária para excitação de elétrons que viabilizarão as reações de oxidação fotoquímica da água e do O<sub>2</sub>, e a produção de ATP, ferredoxina reduzida e NADPH. De forma subsequente, esses produtos seguem para a fase escura onde acontece a fixação do carbono atmosférico em compostos orgânicos essenciais para manutenção da vida na terra (Taiz; Zeiger, 2017).

O ciclo de Calvin-Benson-Bassham se trata de uma rota autotrófica de três fases: carboxilação, redução e regeneração, cujo produto final é a formação de compostos de três carbonos, chamados trioses fosfato. As plantas C<sub>3</sub>, assim chamadas porque o primeiro produto do ciclo de Calvin-Benson é um composto de três carbonos, o 3-fosfoglicerato. Essas plantas costumam ser menos eficientes na fixação de carbono no que diz respeito a influência da concentração de CO<sub>2</sub> e temperatura sobre processos biológicos. Em altas temperaturas, o CO<sub>2</sub> compete com o O<sub>2</sub> pelo sítio ativo da rubisco, diminuindo a eficiência fotossintética e fixando carbono às custas de energia pela reciclagem do 2-fosfoglicolato. A produção e a dinâmica só são possíveis graças a uma complexa rede de 12 enzimas envolvidas na sua transformação, com destaque a primeira enzima chamada ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase/oxigenase, também conhecida como rubisco.

Uma vez produzidas, as trioses fosfato são remanejadas para outros compartimentos e podem ser armazenadas ou utilizadas para processos anabólicos ou catabólicos, na forma de amido ou sacarose, respectivamente. A translocação é responsável pelo transporte dos fotoassimilados para outras partes da planta através do floema. O movimento é impulsionado por um potencial de pressão que favorece o carregamento dos solutos e o fluxo de água permitindo a mobilização no corpo da planta, respeitando uma relação harmoniosa entre fontes e drenos (Taiz; Zeiger, 2017).

A fotossíntese e a translocação são processos interdependentes e essenciais para a sustentação do crescimento e desenvolvimento vegetal, fornecendo recursos que favorecem a vida na terra. Esses mecanismos são amplamente estudados e auxiliam na tomada de decisão na aplicação de técnicas agrônômicas.

## 12. Florescimento e frutificação

A floração do cambucizeiro acontece entre os meses de agosto e novembro, com grande produção de flores de coloração branca. Entretanto, a floração acontece apenas durante dois dias, com antese noturna, iniciando próximo ao amanhecer (Cordeiro, 2015). As flores do cambuci são polinizadas por insetos, principalmente abelhas de hábitos noturnos e crepusculares das espécies *Megommation insigne*, *Ptiloglossa latealcarata*, *Megalopta sodalis*, *Zikanapis seabrai* e *Apis mellifera*, que é diurna. Como não apresentam outros recursos além do pólen, é comum que sejam observados apenas insetos como visitantes florais.

Em estudo realizado por Cordeiro (2015), testes manuais de autopolinização não geraram flores no cambucizeiro, denunciando os mecanismos de autoincompatibilidade. Entender a ecologia e o processo de polinização auxilia na determinação de estratégias adequadas de manejo e tratos culturais, como abordagens sustentáveis, manutenção dos arredores, seleção de variedades, estratégias de melhoramento e utilização de agroquímicos que não interfiram sobre a fauna relacionada à planta (Tokairin, 2017).

A floração do cambucizeiro inicia-se no mês de outubro e é estendida até janeiro. Essa floração estendida é caracterizada como anual intermediária. Por ser uma floração escalada, há abertura de poucas flores por dia, o que ocasiona o surgimento de frutos em diferentes estádios de maturação em uma mesma planta (Cordeiro, 2015). No auge da colheita, os produtores podem realizar colheitas de frutos de cambuci até 3 vezes ao dia. O período entre a floração e a colheita é de 150 dias, geralmente (Tokairin, 2017).

O cambucizeiro ocorre em regiões que vão desde ambientes próximos ao nível do mar até ambientes de serra, podendo haver variação fenotípica e, possivelmente, mudanças em sua constituição química, principalmente em relação aos seus frutos. Pouco se sabe sobre o período de produção de frutos pelo cambuci, Campanini et al. (2017) em pesquisa etnobotânica e etnoecológica em comunidade do sudoeste de São Paulo, obtiveram informações importantes, mas variáveis, quanto ao tempo de frutificação, estando em um intervalo entre 3 e 15 anos após o seu plantio. Provavelmente, essa variação se dá por questões como solo, adubação, irrigação e ausência de conhecimento exato quanto ao período e época em que esses cambucizeiros foram plantados. Além disso, a área de estudo se encontra no ambiente de ocorrência natural do cambucizeiro, estando essa espécie bem adaptada às condições edafoclimáticas daquela fração territorial da Mata Atlântica.

Essas informações, mesmo que empíricas, são importantes, pois lançam luz sobre o manejo cultural e produção de cambucis realizados por moradores e pequenos produtores locais.

Azevedo et al. (2017), avaliando a composição físico-química de frutos de cambuci, observaram que os frutos apresentavam variabilidade em relação a parâmetros como pH e acidez, quando eram de tamanhos diferentes e obtidos de árvores cultivadas em um mesmo local. Além disso, frutos de mesmo tamanho, mas de locais diferentes, exibiram mesma firmeza, mas diferentes concentrações de fenóis, minerais, taninos, proantocianidinas e capacidade antioxidante. Essas variações podem ser relacionadas com a idade da planta, com as variações edafoclimáticas dos locais onde foram colhidos, bem como os sistemas de cultivo empregados.

Essas características permitem que o cambuci seja direcionado para outras vias. Além do consumo *in natura*, que pode ser dificultado devido ao baixo pH do fruto (pH = 2,91), o fruto pode ser aproveitado pela indústria, para a fabricação de sorvetes, geleias, licores, cachaça, xarope, farinha, bolo, dentre outros produtos, pelo seu alto rendimento de polpa e elevado teor de pectina (Vallilo et al., 2005; Tokairin, 2017).

Estudos de caracterização e pós-colheita evidenciam o alto poder nutricional do cambuci. Os frutos são ricos em ácido ascórbico, compostos fenólicos e flavonóides, taninos e vitaminas e minerais (Tokairin, 2017). Esses compostos estão associados com a prevenção no risco de doenças, se tornando um aliado na promoção de saúde.

### **13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente**

O cambucizeiro é nativo da Mata Atlântica e não existem dados que categorizem o seu zoneamento agroclimático, tendo o conhecimento restrito às características do ambiente de ocorrência natural. Desta forma, o zoneamento do cambuci respeita as características do bioma em que está inserido, como o clima com precipitações médias anuais variando entre 1.200 mm e 2.000 mm e temperaturas entre 18-25°C, bem como solos levemente ácidos e ricos em matéria orgânica (Leão, 2012).

Algumas pesquisas, como Forte (2021), avaliaram o desenvolvimento fora do ambiente de ocorrência natural e observaram maior incremento no crescimento vegetativo em função da disponibilidade de água, destacando a possibilidade de cultivar em regiões de clima diferente, quando manejadas de forma adequada.

Naturalmente, as plantas possuem adaptações para se consolidar no meio ambiente e suportar suas variações. O cambuci é autoincompatível, o que favorece a produção de frutos e

sementes por polinização cruzada. Esse tipo de polinização é importante para a variabilidade genética da espécie (Cordeiro, 2015). A presença de ritidoma espesso protege a planta de danos mecânicos e patógenos, assim como a alta presença de taninos e outros compostos que conferem resistência a pragas e patógenos (Lorenzi, 1992; Bezerra, 2021).

O cambuci também apresenta raízes profundas, que permitem uma boa fixação e captação de água no ambiente, e folhas pilosas que auxiliam na redução da perda de água por transpiração (Leão, 2012; Luber et al., 2017). O grande número de flores pode não ser uma adaptação vantajosa, isso porque em algumas espécies vegetais, o alto investimento em órgãos florais está relacionado com alta taxa de abortos e baixa germinação das sementes.

#### **14. Estratégias para altas produções**

Por ser um fruto exótico, as informações sobre alta produção e seus custos são escassos. Entretanto, avaliações e tecnologias pós-colheita para promover a conservação e incremento no teor nutricional dos frutos já são aplicadas, tais como a utilização de embalagens, conservação refrigerada. A pós-colheita de frutos afeta diretamente a qualidade, a vida útil e o valor comercial de produtos agrícolas. Uma gestão eficiente dessa etapa pode resultar em benefícios para a cadeia de abastecimento e para a produção em um contexto geral.

O cambuci pertence ao grupo de frutos não climatéricos com base no seu comportamento respiratório durante o processo de amadurecimento. Isto é, o cambuci não exibe picos de etileno e consumo de oxigênio durante o amadurecimento como em frutos climatéricos (Tokairin, 2017). As tecnologias empregadas devem se adequar às características desses frutos.

Tokairin (2017) determinou a temperatura de 5°C como adequada para a conservação de cambuci, estendendo a vida útil e evitando a degradação por desenvolvimento de microrganismos. Já Bezerra (2022) estudou o uso de embalagens e concluiu que filmes plásticos de polipropileno biorientado (BOPP) apresentou um melhor ambiente para a conservação do cambuci, orientado pela concentração de gases no interior da embalagem, o mesmo percebido por Souza (2023) que observou melhor aparência e firmeza, e menor incidência de podridão dos frutos em relação a outras embalagens.

Ainda há um longo caminho a ser percorrido quanto as tecnologias ideais para os frutos do cambuci. Mas a utilização de conservação refrigerada e a aplicação de embalagens adequadas são práticas cruciais para a manutenção da qualidade dos frutos. Oferecer uma atmosfera apropriada garante vida útil e manutenção das características organolépticas dos

alimentos, bem como o prolongamento da vida útil e a disposição de um material funcional e de qualidade para o consumidor.

### 15. Efeitos de reguladores vegetais

O cambuci possui frutos em formato discoide, suculentos e com casca fina. São apreciados *in natura*, apesar de possuírem uma adstringência acentuada. Acredita-se que os frutos do cambucizeiro apresentam padrão não-climatérico, sendo colhidos após o seu amadurecimento, no estágio de maturação marcado por coloração verde-amarelada e região equatorial levemente arredondada (Tokairin, 2017). Suas características palatáveis aliadas ao seu padrão de amadurecimento, tornam a pós-colheita do cambuci necessárias de aplicação de técnicas de conservação e processamento, uma vez que frutos geralmente apresentam uma vida pós-colheita curta.

A conservação é refrigerada, com a utilização de embalagens na conservação de frutos de cambuci (Tokairin, 2017; Bezerra, 2021). A aplicação de métodos como destanização demonstram ser eficientes para a redução de proantocianidinas, desde que aplicados em concentrações adequadas. A Figura 4 demonstra os efeitos da aplicação de 14,0 mL de etanol por kg de fruto. Doses muito altas causam degradação da casca dos frutos, modificando cor e apresentando rachaduras (Bezerra, 2021)



**Figura 4.** Frutos de cambucizeiro com danos na casca após tratamento com 14,0 mL de etanol  $\text{kg}^{-1}$  de fruto (Adaptado de Bezerra, 2021).

Os reguladores vegetais possuem um amplo espectro de aplicações, desde a promoção da germinação até os processos de desenvolvimento e amadurecimento dos frutos. A aplicação de giberelinas não demonstrou ser promissora para a germinação de sementes de cambuci (Leão, 2021). A aplicação de reguladores na germinação ainda é escassa, mas acredita-se que a combinação com tecnologias eficientes na manutenção do potencial de germinação pode ter bons resultados.

Na brotação de explantes, a aplicação de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) foi recomendada para evitar a abscisão de brotos. Além disso, cultivos *in vitro* suplementados com citocinina 6-benzilaminopurina (BAP) e auxina ácido naftalenoacético (ANA) não tiveram nenhum efeito sobre a indução e desenvolvimento de brotações em explantes de *Campomanesia phaea* (Oliveira-Junior, 2021).

Timidamente, a aplicação de reguladores vegetais surge como medida para potencializar a cultura do cambucizeiro. Entretanto, ainda há muito a ser investigado. A aplicação de técnicas utilizadas para outras espécies do mesmo gênero, que são mais estudadas, podem acelerar esse processo.

## **16. Senescência e aproveitamento de resíduos**

A senescência é um processo natural relacionado com o envelhecimento e morte programados de tecidos e órgãos vegetais (Taiz; Zeiger, 2017). Para o cambuci, a senescência dos frutos configura-se como a inaptidão comercial, apresentando perda de textura, coloração, apodrecimento, bem como alterações químicas que afetam o aroma, o sabor e suas características organolépticas.

Estudos anteriores demonstram a presença de compostos valorizados em cambucis, tanto na casca, como também na polpa. Compostos fenólicos, vitaminas, minerais e compostos antioxidantes estão presentes em concentrações interessantes e atrativas para a indústria.

Uma vez categorizados como não comerciáveis, os frutos remanescentes podem ser direcionados para o aproveitamento industrial para fins variáveis, como a formulação de geleias, sucos, entre outros subprodutos. Como também para extração de compostos bioativos que podem ser utilizados para a formulação de medicamentos e suplementos.

O aproveitamento de resíduos é uma área ampla que precisa de atenção e demandam de tecnologias de processamento sustentáveis e estratégias eficientes. A implementação de práticas de economia circular que promovam a redução do desperdício e a maximização da utilização do cambuci geram valor à cadeia produtiva dessa planta. A promoção de pesquisas interdisciplinares e colaborativas é essencial para explorar todo o potencial do cambucizeiro e criar soluções integradas que beneficiem o meio ambiente, a economia e a sociedade.

## Referências

- ADATI, R.T. **Estudo biofarmacognóstico de *Campomanesia phaea* (O. Berg.) Landrum. Myrtaceae.** 2001. 128 f. Dissertação (Mestrado em Fármacos e Medicamentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- AZEVEDO, M.C.S. et al. Physicochemical variability of cambuci fruit (*Campomanesia phaea*) from the same orchard, from different locations and at different ripening states. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 97, p. 526-535, 2017.
- BEZERRA, Y.C. **Conservação pós-colheita e métodos de destanização de frutos de cambucizeiro (*Campomanesia phaea*).** 2021. 93 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021.
- CAMPANINI, C. et al. Etnoecologia do cambuci (*Campomanesia phaea* (O. Berg) Landrum) pela população de Paranapiacaba, sudeste do Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 10, n. 4, p. 1179-1203, 2017.
- CORDEIRO, G.D. **Fenologia reprodutiva, polinização e voláteis florais do cambuci (*Campomanesia phaea* (O. Berg) Landrum – Myrtaceae).** 2015. 89 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.
- DONADIO, L.C.; MÔRO, F.V.; SERVIDONE, A.A. **Frutas brasileiras.** Jaboticabal: Novos Talentos, 2002.
- FORTE, M.J. **Cambucizeiros: dormência em sementes e desenvolvimento de plantas a pleno sol.** 2021. 58 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021.
- LEÃO, M.M. **Características do óleo essencial extraído das folhas de *Campomanesia phaea* (O. Berg.) Landrum (Cambuci) obtido em duas microrregiões da Mata Atlântica.** 2012. 123 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- LORENZI, H. et al. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1992.
- LORENZI, H. et al. **Brazilian frutis & cultivated exotics (for consuming in natura).** Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.
- LUBER, J. et al. Flora do Espírito Santo: *Campomanesia* (Myrtaceae). **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 68, p. 1767-1790, 2017.
- MALUF, A.M.; EREIO, W.A.P. Secagem e armazenamento de sementes de Cambuci. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 707-714, 2005

OLIVEIRA JUNIOR, M.A. **Cultivo *in vitro* de cerejeira-do-Rio-Grande (*Eugenia involucrata* DC.) e de cambucizeiro (*Campomanesia phaea* (O. Berg) Landrum).** 2019. 142 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021.

SANTORO, M.B. **Multiplicação do cambucizeiro [*Campomanesia phaea* (O. Berg.) Landrum], espécie nativa da Mata Atlântica.** 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

SOARES, M.R.R. **Mudas de cambucizeiro [*Campomanesia phaea* (O. Berg) Landrum]: adubação fosfatada, calagem e deficiência nutricional.** 2022. 84 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2017.

TOKAIRIN, T.O. **Caracterização e conservação pós-colheita de cambuci, fruto nativo da Mata Atlântica.** 2017. 133 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

VALLILO, M.I. et al. Características físicas e químicas dos frutos do cambucizeiro [*Campomanesia phaea* (O. Berg.) Landrum]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, p. 241-244, 2005.

# CRAMBE



**CRAMBE** (*Crambe abyssinica*)

Luiz Henrique Marcandalli

Mariane Jeronimo Forte

## **1. Origem e distribuição geográfica**

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) teve sua origem na região quente e seca de um país africano, a Etiópia. E foi domesticado na Europa, na zona fria e seca do Mediterrâneo; apresentando assim, uma boa adaptação a diferentes condições climáticas (Soares, 2017).

O cultivo do crambe provavelmente começou na antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas e seu cultivo, atualmente, é maior nos Estados Unidos e México. Têm-se registros de apenas uma pequena parte da história dessa oleaginosa, principalmente relacionada à sua colheita (Werner, 2014). Foi usado pela primeira vez como cultura em 1933 na Estação Botânica de Boronez, na URSS, e fazia parte de um programa de criação sueco em 1949 (Oplinger et al., 1991). Estudos intensivos sobre o cultivo de crambe foram realizados na década de 1960. Mais recentemente, o interesse em desenvolver o crambe como uma safra industrial foi selecionada em um esforço para descobrir os óleos vegetais renováveis para substituir o óleo fóssil.

As pesquisas no Brasil começaram por volta do ano de 1995, pela Fundação MS, no Estado de Mato Grosso do Sul. Considerando as exigências climáticas do crambe temos que a região Centro-Sul do Mato Grosso do Sul, Norte e Nordeste do Paraná e Sul de São Paulo foram os locais que apresentaram uma melhor adaptação com viabilidade de cultivo comercial desta espécie (Werner, 2014).

## 2. Classificação botânica

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) (Figura 1) é uma oleaginosa da família das Brassicaceae, antigamente era conhecida como Cruciferae ou Crucíferas. Pertence ao gênero *Crambe* e possui 39 espécies conhecidas, como a *Crambe abyssinica* Hochst, a qual possui uma base genética estreita, dificultando o seu melhoramento genético. A família Brassicaceae possui integrantes com finalidades oleríficas parecidas ao crambe, como a colza (*Brassica napus* L. var. oleífera), canola (*B. napus*) e também a mostarda (*B. juncea*; *B. campestris*; *B. alba*; *B. nigra*). Além dessas, diversas espécies da família são cultivadas como plantas hortícolas e foram introduzidas no Brasil, a exemplo do Repolho (*B. Oleracea* var. capitata), Couve (*B. oleracea* var. acephala), Couve-flor (*B. oleracea* var. botrytis), Brócolis (*B. oleracea* var. itálica), Couve-chinesa (*B. pekinensis*), entre outras (Werner, 2014).



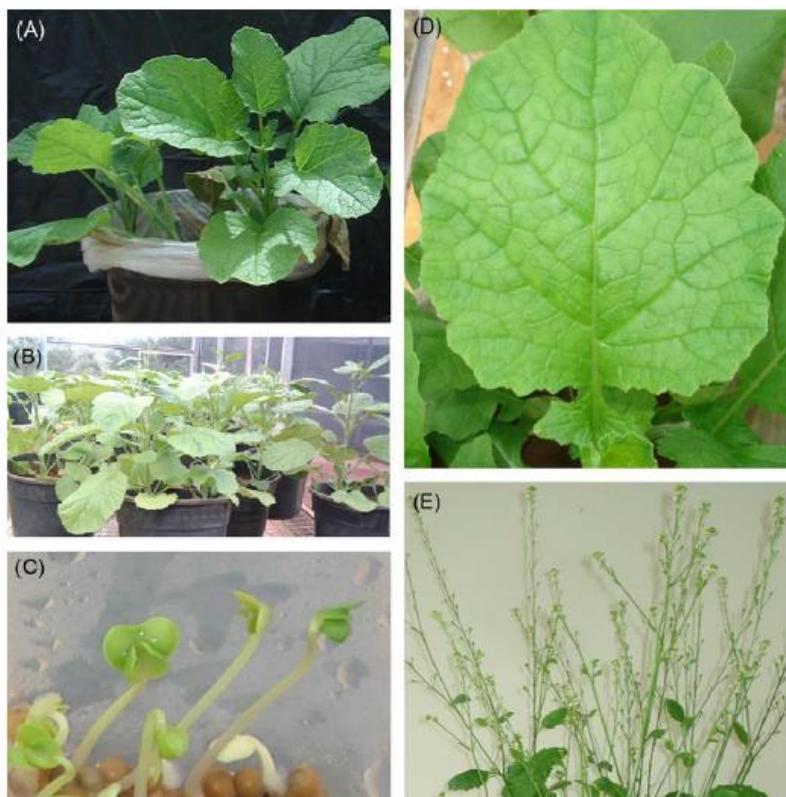
**Figura 1.** Folhas (A), flores (B), planta em desenvolvimento (C), e sementes maduras (D) de *Crambe abyssinica* (Adaptado de Oliva, 2010).

### 3. Morfologia e anatomia

O crambe é uma planta herbácea anual, com crescimento determinado e altura de aproximadamente um metro (Figura 2 A e B) e, sua haste ramifica-se próximo ao solo, formando assim mais ramos, por volta de trinta ou mais, que novamente se ramificam, formando ramos terciários.

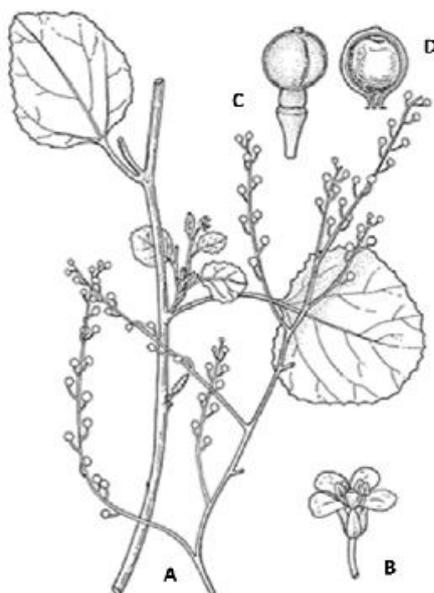
Suas folhas são ovais e assimétricas (Figura 2 D), possuindo uma lâmina foliar com aproximadamente 10 cm de comprimento e 7,6 cm de largura, possuindo uma superfície lisa. O pecíolo é pubescente e possui 20 cm de comprimento, aproximadamente (Oliva, 2010).

Possui inflorescência do tipo racemo (Figura 2 E e 3 A), com flores (Figura 3 B) de colorações amarela ou branca, hermafroditas, pequenas, possuem quatro sépalas e quatro pétalas de aproximadamente 3 mm. A polinização não é cruzada, apesar do crambe ser predominantemente autopolinizante, mas 9–14% da polinização cruzada foi relatada (Vollmann; Ruckenbauer, 1991).



**Figura 2.** Imagens de plantas de crambe: plantas em desenvolvimento (A e B), sementes em germinação (C), detalhe das folhas (D) e florescimento (E), (Adaptado de Colodetti et al., 2012).

Seu fruto (Figura 3 C e D) é do tipo cápsula, inicialmente verde, porém ao atingir a maturidade torna-se amarelo e, em cada fruto tem-se uma única semente (Figura 1 C), de cor verde ou marrom esverdeada. O tamanho desta semente varia de acordo com o diâmetro (0,8 a 2,6 mm) e ela é envolvida por um pericarpo ou cápsula (Oliva, 2010). O peso de 1000 sementes é de aproximadamente 7,5 g.



**Figura 3.** Crambe: A) parte inferior e superior da planta em fase de frutificação; B) flor, C) fruto; D) corte longitudinal da parte superior do fruto (Adaptado de Werner, 2014).

A função do pericarpo é de proteger as sementes de possíveis choques mecânicos e abrasões, serve de barreira para entrada de microrganismos, permitindo que elas possam ser armazenadas por períodos longos e sem perda significativa do poder germinativo (Colodetti et al., 2012).

Porém, testes de germinação apontam que quando o pericarpo da semente é retirado, as porcentagens de germinação são melhores, assim como se observa, uma maior velocidade de germinação (Barbizan, 2014).

As sementes de crambe contêm de 26 a 38% de óleo, 21,6 a 26% de proteína, 16,4 a 18% de fibra e 5,8% de cinza e o teor de K, P, Ca e Mg do fruto é de 5,8, 7,3, 4,3 e 2,2 g/kg na base da matéria seca, respectivamente (Lalas et al., 2012).

A composição de ácidos graxos no óleo da semente de crambe consiste em torno de 1,8 % de ácido palmítico, 0,7% ácido esteárico, 17,2 % ácido oleico, 8,7 % ácido linoleico, 5,2 % ácido linolênico, 3,4 % de ácido eicosanoico, 58,0–62,0% de ácido erúcido (ácido cis-13-docosenoico), 0,7 % de ácido brassidico, 0,7 % de ácido tetracosanoico, 1,6 % nervônico e 2,5% de outros. Na Tabela 1 observa-se a proporção de ácidos graxos presentes no crambe e uma comparação com outras culturas, como dendê, soja e girassol (Colodetti et al., 2012).

**Tabela 1.** Proporção de ácidos graxos (%) presentes no óleo vegetal extraído de dendê, soja, crambe e girassol (Adaptado de Colodetti et al., 2012).

| Ácido graxo    | Espécie oleagionosa                   |                                |  |  |
|----------------|---------------------------------------|--------------------------------|--|--|
|                | Dende<br>( <i>Elaeis guineensis</i> ) | Soja<br>( <i>Glycine max</i> ) | Crambe<br>( <i>Crambe abyssinica</i> ) | Girassol<br>( <i>Helianthus annuus</i> ) |
| Palmítico      | 43,9                                  | 10,3                           | 1,8                                    | 6,0                                      |
| Esteárico      | 4,9                                   | 4,7                            | 0,7                                    | 5,9                                      |
| Oleico         | 39,0                                  | 22,5                           | 17,2                                   | 16,0                                     |
| Linoleico      | 9,5                                   | 54,1                           | 8,7                                    | 71,4                                     |
| Linolênico     | 0,3                                   | 8,3                            | 5,2                                    | 0,6                                      |
| 0,6            | 0,0                                   | 0,0                            | 3,4                                    | 0,0                                      |
| Brassicídico   | 0,0                                   | 0,0                            | 58,0 a 62,0                            | 0,0                                      |
| Tetracosanoico | 0,0                                   | 0,0                            | 0,7                                    | 0,0                                      |
| Nervônico      | 0,0                                   | 0,0                            | 1,6                                    | 0,0                                      |
| Outros         | 2,4                                   | 0,1                            | 2,5                                    | 0,1                                      |

O óleo da semente de crambe contém altos níveis de  $\beta$ -sitosterol (51,93%), campestanol (21,98%) e brassicasterol (12,35%). Além disso, o óleo também contém  $\alpha$ -,  $\beta$ - e  $\delta$ -tocoferóis a 7,67, 125,04 e 3,99 mg / kg, respectivamente (Lalas et al., 2012). E o conteúdo e a composição do óleo variam dependendo das condições do seu cultivo e manejo.

#### 4. Germinação e propagação vegetativa

O crambe apresenta sementes com dormência pós-colheita, sendo este um mecanismo típico de espécies não domesticadas e está presente para aumentar a longevidade e o sucesso das mesmas. Porém, a dormência leva a subestimar a porcentagem de germinação, além de ocasionar a emergência de plantas voluntárias no campo após a colheita.

Nas sementes de *Crambe cordifolia* a dormência pode ser considerável, exigindo, por exemplo, mais de dois anos após a maturação para ser superada, em relação a, por exemplo, *Crambe abyssinica* que possui uma dormência leve. Em *Crambe marítima*, tanto o pericarpo, quanto a testa, contribuem para a dormência. Em uma ampla faixa de temperatura e com tratamentos promotores da germinação como luz, pré-resfriamento e a alternância de temperaturas, as sementes de crambe são capazes de germinar (Oliva, 2010).

O crambe é uma cultura hexaploide com o número cromossômico de  $2n = 6x = 90$ . O melhoramento convencional por seleção sucessiva dentro de *C. abyssinica* começou na década de 1950, em países europeus e, cepas melhoradas da Rússia e da Suécia foram introduzidas no Canadá e nos Estados Unidos no final dos anos 50. Pouco depois, três novas variedades, foram criadas e lançadas na década de 1970 pela Estação Experimental Agrícola da Universidade de Purdue, nos EUA. Dois novos cultivares, BelAnn e BelEnzian, criados

por introgressão e seleção em massa, foram lançados em 1985 pelo USDA-ARS em Beltsville, Maryland, EUA, como fontes de alto rendimento de ácido erúico (Campbell et al., 1986).

No início dos anos 90, o Centro de Pesquisa de Reprodução de Plantas da DLO, na Holanda, iniciou um programa de reprodução em crambe. Sendo que foram avaliadas as características agronômicas de mais de 20 acessos de crambe coletados de cultivadores ou linhagens da Suécia, EUA, Alemanha, URSS, Polônia, Bulgária e Dinamarca. Durante dois anos de avaliação de campo mostraram uma grande variação na precocidade, comprimento do ramo superior, peso de 1.000 sementes e também na composição da área foliar, dependendo do ano. A boa nutrição teve um grande impacto no desenvolvimento das culturas, na qualidade das sementes e no rendimento de sementes, assim como o teor de óleo foram consideravelmente afetados pelas condições ambientais. Porém, obteve-se pouca variação no conteúdo de ácido erúico e glucosinolatos nas sementes (Mastebroek et al., 1994).

O peso de 1.000 sementes é significativamente correlacionado com o rendimento de sementes por planta. Lara-Fioze et al. (2013), relataram que a germinação e o vigor das sementes estão positivamente correlacionados, mas o peso de 1.000 sementes e o teor de óleo não estão correlacionados com a germinação ou vigor das sementes.

*C. abyssinica* apresenta baixa variabilidade genética (Warwick; Gugel, 2003) em algumas características agronômicas importantes, como resistência, tempo de maturação e resistência a pragas (Mastebroek et al., 1994). Por outro lado, o crambe tem um número de características agronômicas superiores que podem servir como fonte de genes para a melhoria de culturas de brássicas, particularmente para a resistência do besouro da pulga (Anderson et al., 1992). Com o auxílio das técnicas de recuperação de embriões, cruzamentos artificiais entre *C. abyssinica* e brássicas podem ser realizados para superar as barreiras entre as espécies (Warwick; Gugel, 2003). Wang et al. (2004) estudaram progênies sexuais de híbridos somáticos assimétricos entre *B. napus* e *C. abyssinica* e demonstraram que uma parte do genoma de *C. abyssinica* pode ser transferida para *B. napus* via hibridização assimétrica e mantida em progênies sexuais dos híbridos.

## 5. Desenvolvimento de raízes

O sistema radicular do crambe é pivotante, podendo alcançar profundidades maiores que 15 centímetros, o que faz com que essa cultura seja tolerante a longos períodos de estiagem. E em condições de estresse, desenvolve raízes longas; sendo mais tolerante à seca

do que o milho, canola, mostarda, por exemplo, em todos os estádios de desenvolvimento (Carpiski et al., 2013).

As brássicas têm um sistema radicular com profundidade de enraizamento que varia de 3 a 5 cm na emergência. O sistema radicular continua a se desenvolver com raízes secundárias crescendo para fora e para baixo a partir da raiz principal. O crescimento da raiz é devido à divisão celular e aumento na região de crescimento na extremidade da raiz. O desenvolvimento da raiz é relativamente constante, com uma média de aproximadamente 2 cm por dia, desde que haja boa umidade do solo.

Onde a água do solo e os nutrientes são abundantes, o balanço entre a raiz e o caule e o crescimento das folhas geralmente mudam em favor do crescimento do caule à custa das raízes. Quando a água é limitada, o oposto geralmente ocorre. Os crescimentos da raiz e do caule complementam-se ajustando seu tamanho relativo para atender aos requisitos básicos de toda a planta em resposta às condições climáticas e do solo.

Com manejo hídrico suficiente, as raízes das brássicas são responsáveis por cerca de 25% da matéria seca da planta no alongamento do caule, em comparação com cerca de 20% das plantas não estressadas. No pico de floração e no comprimento máximo do caule, as raízes atingirão cerca de 85% de sua profundidade máxima. A profundidade da raiz, como a altura da planta, variará de 90 a 190 cm, mas terá uma média de 140 cm na maturidade para *Brassica napus* e 90 cm para *B. rapa*, por exemplo. O sistema varia com o tipo de solo, teor de umidade, temperatura, salinidade e estrutura física do solo (Chongo; McVetty, 2001).

As raízes absorvem água e nutrientes do solo e transportam-nos para o caule. As raízes não crescem em busca de água ou nutrientes, apenas interceptam a água e os nutrientes presentes no espaço de poros do solo em que entram em contato. Os fatores que limitam a penetração das raízes no solo incluem um lençol freático alto, solo seco, compactação do solo, competição por umidade e nutrientes, camada de sal ou temperaturas frias do solo. Por exemplo, as raízes das plantas de canola não crescem em solo encharcado, seco ou compactado.

À medida que as raízes crescem, elas usam oxigênio e liberam dióxido de carbono. A aeração restrita do solo, devido ao excesso de água ou à compactação do solo, resulta em baixo oxigênio, alto dióxido de carbono e, eventualmente, morte da raiz. Solo úmido com subsolo seco durante o estágio inicial do crescimento das plantas promove um sistema radicular superficial. As raízes penetram o solo seco apenas ligeiramente além das fontes de umidade disponíveis. Insetos e doenças como vermes das raízes e podridão da raiz marrom danificam a raiz e restringem a absorção de água e nutrientes.

## 6. Desenvolvimento do caule

Esta fase de crescimento refere-se ao desenvolvimento de brotações laterais (perfilhamento) e ocorre em muitas espécies de plantas, mas não é aplicável às variedades de brássicas da primavera cultivadas no Canadá.

As hastes exibem as folhas à luz do sol e ao ar. As hastes das brássicas também são importantes estruturas fotossintéticas durante o período de crescimento das vagens e sementes.

O alongamento do caule sobrepõe-se ao desenvolvimento das folhas e normalmente ocorre mais cedo. No início ou imediatamente antes do alongamento do caule, inicia-se a flor e o início do ramo. O comprimento máximo da haste sobrepõe-se ao desenvolvimento floral e é atingido no pico de floração. À medida que as hastes se alongam, as raízes continuam a crescer mais profundamente. Os estádios vegetativos, ou dias desde a semeadura até a primeira flor, podem variar de 30 a 50 dias em *B. rapa* e 40 a 60 dias em *B. napus*, dependendo da data de semeadura e condições de crescimento.

Plantas de *B. napus* crescem mais altas (75 a 175 cm) em média do que plantas de *B. rapa* (50 a 125 cm). O diâmetro e altura da haste são influenciados pela época de semeadura, umidade, variedade, fertilidade do solo e população de plantas. Plantas em culturas de baixa densidade têm hastes mais espessas e são mais resistentes ao acamamento. As plantas em cultivos de alta densidade são mais finas e mais propensas ao acamamento. O menor espaçamento agrava o problema da maturidade desigual da vagem e cria um microambiente ideal para a propagação de doenças como a esclerotinia e a alternaria. A infecção por doenças reduz a capacidade fotossintética dos caules e vagens, reduzindo os rendimentos (Allen et al., 1971).

## 7. Desenvolvimento das folhas

Quatro a oito dias após a emergência, a plântula desenvolve suas primeiras folhas verdadeiras. A primeira folha verdadeira a se desenvolver e expandir totalmente tem a aparência de babados. A planta estabelece rapidamente uma roseta com folhas mais velhas na base aumentando em tamanho e folhas menores e mais novas se desenvolvendo no centro. As plantas de *B. rapa* desenvolvem rosetas menores de três a cinco folhas verde-amareladas, enquanto as plantas de *B. napus* desenvolvem rosetas maiores de até seis folhas azuis esverdeadas. Não há um número definido de folhas produzidas por uma brássica. Em boas condições de crescimento normalmente produz de 9 a 30 folhas na haste principal dependendo

da variedade e condições de crescimento. A área máxima de folhas individuais na planta na ausência de tensão é de cerca de 250 cm<sup>2</sup>.

A contagem das folhas deve ser feita quando ela estiver visivelmente separada do broto terminal. Durante este estágio de crescimento da roseta, o comprimento da haste permanece essencialmente inalterado, embora sua espessura aumente.

A taxa de crescimento da cultura está intimamente relacionada com a quantidade de radiação solar captada pelas folhas. Pesquisas demonstraram que as folhas das brássicas influenciam o rendimento das sementes nos estádios iniciais de crescimento, influenciando o desenvolvimento da capacidade total de afundamento da planta, o conjunto de vagens e o desenvolvimento precoce das sementes. O desenvolvimento rápido das folhas também estimula o crescimento das raízes, reduz a evaporação da umidade do solo e atenua a presença de plantas invasoras. Existe uma correlação positiva entre o rendimento de sementes e o índice máximo de área foliar.

Índice de área foliar (IAF) é uma medida da área superficial superior das folhas por unidade de superfície do solo. Um IAF de 4 é de 4 m<sup>2</sup> de área superficial da folha por m<sup>2</sup> de superfície do solo. As plantas de *B. napus* geralmente desenvolvem folhas maiores que *B. rapa* e possuem maior IAF. Um IAF de cerca de 4 é necessário para o dossel da cultura para interceptar cerca de 90% da radiação solar recebida. Quanto maior a área foliar que a cultura pode expor ao sol, mais matéria seca a cultura pode produzir por dia. Quanto mais matéria seca, maior o rendimento potencial.

Pesquisadores relatam que o IAF máximo para *B. napus* é entre 3 e 6 enquanto que *B. rapa* tem média de 3,5. As folhas são a estrutura de planta fotossintética mais importante para a fixação de alimentos para o crescimento. O IAF das brássicas começa a diminuir logo após a primeira flor. Na floração, as hastes tornam-se a principal estrutura fotossintética, embora as folhas ainda sejam importantes. No início do amadurecimento, as paredes e caules das vagens são responsáveis pela maioria da fotossíntese, enquanto as folhas dão apenas uma pequena contribuição.

Plantas em cultivos de baixa densidade populacional (20 plantas/m<sup>2</sup>) têm um IAF maior do que plantas em cultivos de alta densidade populacional (126 plantas/m<sup>2</sup>). As plantas competem umas com as outras por luz, umidade e nutrientes. Em culturas de germinação irregulares, a área foliar das plantas emergentes pode tornar-se grande o suficiente para causar um crescimento fraco e espinhoso, ou a morte de plantas emergentes (Morrison et al., 1992).

## **8. Efeitos de fatores ecológicos**

Com relação à temperatura, o crambe é uma espécie relativamente tolerante ao frio, no qual expressa seu maior potencial produtivo e uma maior resistência à seca, quando exposto a temperaturas amenas, ou seja, menores que 25°C, durante sua fase vegetativa. As fases fenológicas nas quais esta espécie é mais sensível a baixas temperaturas são: a de plântula e no florescimento; assim, quando ocorrem geadas verifica-se um abortamento das flores. Contudo, o crambe apresenta bom desenvolvimento em locais mais quentes (Colodetti et al., 2012).

Considerando as condições climáticas do Brasil e que a cultura do crambe é resistente ao frio e de ciclo curto, tem seu cultivo em época de safrinha. Conseguindo produzir de maneira satisfatória em condições que a maioria das culturas não conseguiria produzir (Soares, 2017). Colodetti et al. (2012) definiram, por meio de vários experimentos nos Estados Unidos, as necessidades térmicas do crambe. Sendo a temperatura base mínima de 2,5°C e para completar totalmente o seu ciclo e atingir a maturação fisiológica, seria necessário em média 1350 graus-dia. Para o desenvolvimento do crambe recomendam-se locais com precipitação média anual de 350 a 1200 mm, temperatura média anual de 5,7 a 16,2°C e solos com pH variando de 5,0-7,8 (Werner, 2014). Trata-se de uma espécie que não tolera alta umidade relativa do ar ou chuvas em grandes quantidades, porém é bastante resistente ao déficit hídrico, principalmente a partir do seu desenvolvimento vegetativo. Com relação à umidade do solo, a referida espécie necessita da umidade presente no solo para garantir uma boa germinação e estabelecimento da cultura, requerendo 50 mm de água após a semeadura. E a necessidade total fica em torno de 150 a 200 mm de água, distribuída até o início do florescimento (Colodetti et al., 2012).

As raízes desta cultura podem chegar a mais de 15 centímetros de profundidade, o que faz com que a planta tenha grande tolerância a períodos de deficiência hídrica do solo. Sua colheita é normalmente feita em sequeiro, sem o uso de irrigação e, não tolera solos muito encharcados, ácidos e com alumínio (Werner, 2014).

## **9. Relações hídricas**

A diminuição da disponibilidade de água no solo durante a imposição do déficit hídrico sobre o crambe ocasionou uma redução significativa na sua condutância estomática (gs). O fechamento estomático é uma das primeiras respostas das plantas ao déficit hídrico, pois reduz a perda de água por meio da transpiração. Com isso, o rápido decréscimo de gs

observado para as plantas de 'FMS CR1101' foi de 4 dias após a supressão da irrigação, o que nos mostra uma resposta preventiva para diminuir a perda de água dos tecidos foliares.

As diferenças que se observaram nos valores de conteúdo relativo de água foliar (CRA) entre o cultivar FMS Brillhante e o FMS CR1101 sugerem uma melhor manutenção do estado hídrico foliar em 'FMS Brillhante' nos primeiros dias da imposição de deficiência hídrica, sendo que isto pode estar relacionado a um maior crescimento radicular observado para este cultivar. Este maior crescimento do sistema radicular possibilita a absorção de água em áreas mais profundas do solo e também o investimento no crescimento das raízes representa uma estratégia eficiente para evitar as condições de déficit hídrico. Ao estudar as variáveis morfológicas de quatro cultivares de cana-de-açúcar expostas à condição de déficit hídrico, foi verificado que os cultivares que apresentaram menor crescimento radicular foram os mais sensíveis ao déficit hídrico. Além disso, a diminuição do crescimento da parte aérea acompanhada pelo relativo ganho de matéria seca nas raízes é um indicativo de uma possível estratégia adaptativa para diminuir a desidratação durante o período de déficit hídrico (Martins, 2015).

## **10. Solos, nutrição e micorrizas**

A cultura não tolera solos ácidos, exige solos bem corrigidos e preferencialmente eutróficos, pois a acidez do solo reduz a tolerância da planta à seca e diminui o potencial produtivo. Para o desenvolvimento do sistema radicular da planta é necessário que exista boas condições na primeira camada do solo, em uma profundidade entre 20 e 40 centímetros. Solo descompactado permite que a raiz consiga se aprofundar e, assim, o crambe é capaz de suportar a seca. Apesar da sua rusticidade, o crambe responde bem à fertilidade do solo, recomendando-se a adubação quando os níveis de nutrientes estiverem baixos. Sendo uma cultura recicladora de nutrientes e com bom potencial de aproveitamento de adubações residuais das culturas antecessoras, o crambe não tem apresentado respostas significativas a adubações de plantio em solos corrigidos e férteis.

Para o nitrogênio seriam esperadas respostas em condições poucos favoráveis à liberação de N da matéria orgânica do solo, como em solos com baixos teores de matéria orgânica ou após culturas com palhada pobre em N. As respostas, no entanto, têm sido de baixa magnitude (Pitol et al., 2010). A adubação com fósforo em quantidades adequadas para a planta estimula o seu desenvolvimento radicular, garante uma planta vigorosa, estimula o florescimento, ajuda a formação das sementes e também aumenta a produtividade. O manejo da adubação fosfatada é de grande importância para a obtenção de um óleo de boa qualidade,

garantindo assim maior ganho em qualidade ao produtor. Contudo, ainda não foram definidas as doses ideais desses nutrientes para cultura (Freitas, 2010).

O crambe é bastante rico em N e S, reflexo de um teor de proteína elevado nos grãos. Os teores de P, K, Ca, Mg, Cu e B são comparáveis aos da soja e superiores aos do milho. A cultura apresenta menores níveis de exportação dos principais macronutrientes e maiores para os principais micronutrientes quando comparado à cultura mais difundida na safrinha, o milho (PITOL et al., 2010). A Fundação MS recomenda adubações moderadas de reposição de nutrientes, variando com a produtividade esperada, exportação dos nutrientes pela cultura e disponibilidade do nutriente no solo: 10 a 20 kg ha<sup>-1</sup> de N; 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 15 a 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Na Tabela 2 mostra-se a exportação dos nutrientes pelo crambe em comparação com milho e soja (Colodetti et al., 2012).

**Tabela 2.** Exportação de nutrientes por diferentes culturas agrícolas (Adaptado de Colodetti et al., 2012).

|                                   | <b>Exportação</b>        |                         |                        |
|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
|                                   | <b>Crambe (25 sc/ha)</b> | <b>Milho (80 sc/ha)</b> | <b>Soja (50 sc/ha)</b> |
|                                   | <b>kg/ha</b>             |                         |                        |
| <b>N</b>                          | 60                       | 77                      | 153                    |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> | 21                       | 43                      | 30                     |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>             | 16                       | 29                      | 60                     |
| <b>C</b>                          | 10                       | 2                       | 16                     |
| <b>Mg</b>                         | 8                        | 7                       | 9                      |
| <b>S</b>                          | 4                        | 5                       | 6                      |
|                                   | <b>g/ha</b>              |                         |                        |
| <b>Fe</b>                         | 158                      | 58                      | -                      |
| <b>Zn</b>                         | 66                       | 133                     | 120                    |
| <b>Mn</b>                         | 48                       | 29                      | 90                     |
| <b>Cu</b>                         | 14                       | 6                       | 30                     |
| <b>B</b>                          | 41                       | 15                      | 60                     |

## 11. Fotossíntese e translocação

O crambe é uma planta C3, sendo esta classificação baseada segundo o mecanismo fotossintético utilizado pela planta. No qual nas plantas C3 têm-se a transformação de CO<sub>2</sub> atmosférico em açúcares simples, como o ácido 3-fosfoglicérico, utilizando o ATP e o NADPH+ formados na fase fotoquímica da fotossíntese. E a carboxilação é catalisada pela enzima ribulose 1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (rubisco). As taxas de fotossíntese das plantas C3 são elevadas, mesmo com alta fotorrespiração e, tendo em vista que a planta atinge altas taxas com radiação solar relativamente baixa, ainda assim são altamente produtivas.

As plantas C3, como crambe, possuem algumas diferenças em relação às plantas C4, como cana-de-açúcar, por exemplo; nas quais se pode citar que o mecanismo fotossintético em C3 ocorre apenas no mesófilo, enquanto nas C4 ocorre também na bainha do feixe vascular. A temperatura ótima para que ocorra a fotossíntese é de 20-30°C, já em C4 a temperatura adequada está situada entre 30-45°C. Deve-se atentar também que em C3 apenas a enzima rubisco possui atuação, porém em plantas C4 além da rubisco, a PEPcase também participa do processo fotossintético.

Na literatura, existem poucas informações sobre como a maioria das plantas oleaginosas C3, como crambe, produzem bem menos carboidratos do que as de açúcares de metabolismo C4. Para produzir óleo a planta gasta três vezes mais a energia que é usada para produzir açúcar (Beltrão; Oliveira, 2009).

## **12. Florescimento e frutificação**

O florescimento do crambe inicia-se da base para as pontas dos ramos, com ramificações simultâneas sob condições adequadas de crescimento. Esta cultura apresenta hábito de florescimento indeterminado, no qual o florescimento e produção de sementes ocorrem por um longo período (pode durar mais de 2 meses), sendo importante ressaltar que nessas plantas uma colheita em época desfavorável resulta em sementes com diferentes estádios de maturação e potencial de crescimento; já em plantas de florescimento determinado, a maturação das sementes é diferente, visto que são relativamente uniformes entre as inflorescências.

Após esse período, a maturação dos frutos do crambe ocorre rapidamente, entre uma a duas semanas e os primeiros frutos formados ficam aderidos à planta até que o último fruto tenha atingido a maturidade. Com isso, têm-se vários estádios de desenvolvimento das sementes na planta e uma colheita na época correta evita perdas de frutos por degrana. O crambe está pronto para ser colhido com 90 a 100 dias após a semeadura, quando a maior parte das folhas caem, o caule fica amarelado e em torno de 75% dos frutos estão marrons (Oliva, 2010).

## **13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente**

O cultivo de crambe foi iniciado por volta de 1930 na antiga URSS. Suas características agrônomicas e de usos industriais foram bastante estudados na década de 1960. O teste da colheita foi estendido para outras regiões da URSS, Suécia e também Polônia (Mastebroek et al., 1994). Seu cultivo e seu processamento comercial começaram a se

expandir rapidamente tanto na América do Norte e Europa, quanto na Ásia (Warwick; Gugel, 2003) nos anos 90. Por exemplo, os cultivares Belann e Belenzian, cultivadas no Vale do Pó, no norte da Itália no início dos anos 90, mostraram uma boa adaptabilidade a essa latitude, com bons rendimentos, por um período de cultivo curto, por volta de 90-100 dias, baixa deiscência de sementes mesmo durante o período de maturidade, ótima resistência à escassez de água e boa resistência contra ataques fúngicos, de insetos, entre outros (Fontana et al., 1998).

O crambe possui amplas adaptações climáticas e também agronômicas. É geralmente tolerante à seca e ao frio, moderadamente tolerante a solos salinos e sensível a solos encharcados. Pode ser plantado em ecossistemas semi-áridos e áridos, onde solos salinos e água de irrigação salina são comuns (Ionov et al., 2013). Também pode ser cultivado com bons rendimentos Europa Central, como uma cultura de primavera-verão, e também nos países do sul do Mediterrâneo, porém como uma cultura de inverno. O rendimento pode variar de 179 a 3200 kg ha<sup>-1</sup> dependendo das condições do solo e do clima, data de semeadura e manejo (Ionov et al., 2013). Entretanto, para alcançar altos rendimentos, são necessários solos bem drenados e férteis de textura moderadamente grossa a fina (pH 6,0–7,0 ou ligeiramente maior). Fertilizantes também são necessários para atingir altos rendimentos.

O controle de plantas invasoras é sempre um ponto importante para alcançar altos rendimentos, inclusive na cultura do crambe. Além disso, as invasoras também podem contribuir para restringir a umidade para as sementes, afetando negativamente a germinação e pode-se ter problemas na cultura com a presença de fedegoso (*Chenopodium album* L.), amarantus (*Amaranthus* sp.) e rabo-de-raposa (*Setaria* sp.), entre outros.

O arranjo espacial de plantio pode variar de 12,5 a 90 cm entre linhas. Fileiras estreitas tendem a reduzir a ramificação, porém promovem uma maturidade mais uniforme. Larguras de filas de 15 a 30 cm podem fornecer altos rendimentos se as plantas invasoras não forem um problema sério. Na Europa, por exemplo, na Suécia ou na Inglaterra, a largura da linha de 12,5 cm foi usada para alcançar altos rendimentos. E em relação a profundidade de plantio, este é um fator crítico para crambe para se obter rendimentos aceitáveis, recomenda-se ter 0,6 cm em solos normais e até 2,5 cm em regiões mais secas (Oplinger et al., 1991).

Em comparação com a colza, o crambe é geralmente mais resistente a doenças e insetos. Um estudo mostrou que o crambe é mais resistente à *Phyllotreta cruciferae* (Goeze) do que a colza (Anderson et al., 1992).

O crambe pode ser cultivado como cultura de cobertura. A decomposição e liberação de nutrientes de resíduos das culturas de crambe na implantação do sistema plantio direto tem

sido relatada. Heinz et al. (2011) observaram que a cinética da decomposição de resíduos em crambe era similar à da liberação de nutrientes, com uma fase rápida inicial seguida por uma mais lenta. K, P e Mg são liberados mais rapidamente para as culturas subsequentes, enquanto a maior velocidade da liberação de nutrientes ocorre em torno de 15 dias após o manejo da biomassa.

#### 14. Estratégias para altas produções

A baixa variabilidade genética em *C. abyssinica* limita seu melhoramento genético através de métodos convencionais. A modificação genética é um método complementar importante para o melhoramento convencional para melhorar as propriedades das plantas. Qi et al. (2014) relataram um protocolo de transformação de crambe usando os nós cotiledonares como explantes. Utilizando o protocolo de transformação mediado por *Agrobacterium tumefaciens*, Li et al. (2012), transformaram com sucesso três genes-alvo em crambe para aumentar os níveis de ácido erúico no óleo de sementes e obtiveram uma linhagem transgênica com 73% de ácido erúico do óleo de semente total comparado com 60% no tipo silvestre e linhas transgênicas com produção de ésteres de cera no óleo de semente (Zhu et al., 2016), bem como a produção de óleo com alto teor de ácido oleico (Li et al., 2015).

Os estudos enzimáticos sobre o ácido erúico revelaram que aumentar ainda mais o nível do mesmo está no estágio inicial de desenvolvimento das sementes (Guan et al., 2013). Essas conquistas demonstraram a viabilidade de desenvolver o crambe em uma bioplataforma para a produção industrial de matérias-primas. Alguns genes importantes envolvidos na biossíntese do óleo foram caracterizados em crambe. Três alelos de genes FAD2 (FAD2-1, FAD2-2 e FAD2-3) que codificam para a enzima dessaturase de FA foram identificados recentemente, e o FAD2-3 tem se mostrado altamente expresso durante o desenvolvimento da semente (Cheng et al., 2013).

Diferentes métodos moleculares são necessários para avaliar linhas transgênicas ou níveis de expressão gênica. Estudos demonstraram que, para a análise *Southern blot* em crambe, são necessários mais de 50 µg de DNA para uma banda clara. A escolha das enzimas para a digestão do DNA não foi rígida para a confirmação da integração do T-DNA, enquanto para a determinação do número de cópias dos transgenes, as enzimas adequadas devem ser escolhidas. Aumentar a concentração de enzima poderia melhorar a digestão, e 20 µL de enzima foi recomendado para uma digestão completa de até 80 µg de DNA de crambe. Para a análise quantitativa da reação em cadeia da polimerase em tempo real (qRT-PCR), a amostragem aos 20 dias após o florescimento foi o tempo adequado para a PCR quantitativa

em tempo real (qRT-PCR) dos genes envolvidos na biossíntese do óleo de sementes (Li et al., 2013).

## 15. Efeitos de reguladores vegetais

Os reguladores vegetais podem favorecer o desenvolvimento vegetal da planta, além de contornar possíveis limitações na produção. Estes são análogos aos hormônios produzidos pelas plantas, porém são sintéticos e quando aplicados podem induzir, inibir ou modificar processos morfofisiológicos do vegetal.

O Stimulate<sup>®</sup> é um regulador vegetal, por exemplo, no qual tem em sua composição auxina (0,005%), giberelina (0,005%) e citocinina (0,009%); que dependendo da concentração utilizada pode estimular o alongamento, divisão e diferenciação celular, principalmente em leguminosas.

A giberelina quando aplicada pode induzir a divisão e o alongamento celular no meristema subapical, assim como aumentar o número de flores por planta. A citocinina por sua vez, quando aplicada, participa na formação de brotos, floração e abscisão. E a auxina pode aumentar a atividade fotossintética quando aplicada, por exemplo, e prolongar o período de florescimento.

Para uma espécie como *Jatropha curcas*, também utilizada para biodiesel, o uso de auxina e citocinina promoveu um aumento na produção de sementes, de óleo e uma melhor qualidade do fruto. Para canola, espécie pertencente à mesma família do *Crambe abyssinica*, a aplicação de auxina sintética pode aumentar o número de sementes e aplicação de ácido abscísico pode auxiliar na maturação e no acúmulo de reservas da semente de canola (Boiago, 2017).

De acordo com resultados de Boiago (2017), o teor de lipídeos e a atividade antioxidante dos grãos de crambe não foi alterado durante o armazenamento com a aplicação de reguladores vegetais. Sendo que foram testados diferentes biorreguladores, em diferentes safras, sendo que na safra de 2014, o mais relevante foi o IAA e na safra de 2015 destacou-se o Stimulate<sup>®</sup> e o GA3 para os grãos de crambe.

## 16. Senescência e aproveitamento de resíduos

Devido ao elevado teor de ácido erúico o crambe é considerado como um cultivo de semente oleaginosa dedicado para a produção de óleo industrial, que é uma matéria prima importante para a indústria oleoquímica. Também devido às suas diversas aplicações industriais potenciais, o óleo de ácido erúico atraiu interesse de muitas empresas para

investir mais recursos para otimizar a extração de óleo e para avaliar os usos potenciais deste óleo como matéria-prima para fluidos hidráulicos, oleoquímicos, lubrificantes, aditivos e como material inicial para novas fibras, resinas, plásticos, vernizes, etc. (Carlsson et al., 2011). Como uma safra de óleo industrial, o crambe tem clara vantagem sobre a colza, uma vez que ela não se cruza com outras culturas oleaginosas, incluindo a colza, e contém naturalmente muito mais ácido erúico em seu óleo de semente, porém atualmente o óleo de ácido erúico ainda é produzido em sua maior parte pela colza. A estabilidade oxidativa do biodiesel produzido a partir do óleo de crambe tem se mostrado mais estável do que o óleo de soja (Wazilewski et al., 2013), fornecendo mais um potencial uso de crambe como uma cultura de óleo.

A torta de sementes de crambe contém altos níveis de proteínas e fibras, mas também altos níveis de glicosinolatos (3 a 6% (p / p)) que são tóxicos após a hidroxilação e devem ser removidos se o bolo de sementes for usado como alimento nutricional potencial para animais. Os altos níveis de proteína e fibra fazem do bolo de sementes de crambe um potencial subproduto valioso em diferentes campos não alimentares. O bolo de sementes de crambe foi estudado para produção de plástico à base de proteínas (Newson, 2015).

Tendo em vista dados de plantios controlados no Brasil e no exterior, o crambe pode render entre 1200 a 2000 kg ha<sup>-1</sup> por colheita de semente. Ressaltando que pode chegar a quatro ciclos de produção por ano, pode-se perceber o considerável potencial de fornecimento de óleo vegetal para produção de biodiesel; o conteúdo de óleo varia de 36 a 38% no grão, com a extração mecânica (prensas e extrusoras) retira-se de 20 a 25% de óleo e na extração com solvente 35 a 37% de óleo.

O óleo tem 60% de ácido erúico que é usado como lubrificante industrial, inibidor da corrosão, como ingrediente na manufatura da borracha sintética, isolamento elétrico, para confecção de películas plásticas, surfatantes, agentes da flutuação e inibidores da corrosão. Outros derivados do óleo podem ser usados em novos tipos de nylon, base para pinturas e revestimentos, líquidos hidráulicos de alta temperatura, produtos farmacêuticos, cosméticos, ceras e principalmente para biodiesel. O óleo ainda é insumo para a indústria química fabricar polímeros, lubrificantes e plásticos.

O farelo de sementes de crambe resultante da extração do óleo tem conteúdo considerável de glicosinolatos. Por isto, é recomendado como fonte de proteína somente para dietas de ruminantes podendo ser adicionado com segurança até 5% da ração, não sendo recomendado para monogástricos, ou seja, não é indicado o seu uso para suínos e aves.

## 17. Futuro

O crambe não é uma nova oleaginosa, mas foi seriamente reconsiderada nos últimos anos como uma cultura de óleo industrial. No entanto, em comparação com outras culturas oleaginosas, a pesquisa sobre a criação e cultivo de crambe é relativamente menos intensiva e precisa ser melhorada. Com o auxílio de modernas tecnologias de melhoramento genético, como a transformação genética e a mutagênese dirigida, o potencial para melhorar as qualidades e quantidades de óleo, bem como outras importantes características agronômicas do crambe, tornou-se maior. Com o recente estabelecimento de protocolos de transformação eficientes e outras ferramentas moleculares modernas, agora é possível modificar geneticamente o crambe conforme necessário. Como a sequência do genoma de *C. abyssinica* ainda não está disponível e os controles moleculares de muitas características agronômicas são diferenciadas, em crambe, o melhoramento genético dessas importantes características é atualmente limitado. No entanto, a informação da sequência de DNA de alguns genes obtidos em crambe mostrou um alto grau de homologia com os genes de *Arabidopsis*, o que facilitaria a identificação de genes alvo para uma determinada característica, para o melhoramento genético de crambe. Além disso, como uma cultura de sementes oleaginosas, o potencial de usar a torta de sementes como plásticos baseados em proteínas e toda a biomassa acima do solo de crambe para diversos usos, deve ser mais estudada para desenvolver o crambe em uma cultura multiuso.

## Referências

ALLEN, E.J.; MORGAN, D.G.; RIDGMAN, W.J. A physiological analysis of the growth of oilseed rape. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 77, p. 339-341, 1971.

ANDERSON, M.D.; PENG, C.; WEISS, M.J. Crambe, *Crambe abyssinica* Hochst, as a flea beetle resistant crop (Coleoptera: Chrysomelidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 85, p. 594–600, 1992.

BARBIZAN, T. **Parâmetros agronômicos de crambe cultivado no sudoeste do Paraná**. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

- BELTRÃO, N.E.M.; OLIVEIRA, M.I.P. produção de energia e produtividade: *Ricinus communis* L. x *Saccharum officinale* L. CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA ENERGIA E RICINOQUÍMICA, 3., 2008, Salvador. **Resumos...** Salvador: Embrapa Algodão, 2008.
- BOIAGO, N.P. **Características químicas e fisiológicas de frutos de crambe cultivados com aplicação de reguladores vegetais.** 2017. 75 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.
- CAMPBELL, T.A. et al. Registration of ‘Belann’ and ‘Belenzian’ crambe. **Crop Science**, Madison, v. 26 n. 5, p. 1082-1083, 1986.
- CARLSSON, A.S. et al. Replacing fossil oil with fresh oil – with what and for what? **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 113, n. 7, p. 812–831, 2011.
- CARPISKI, M. et al. Sensibilidade do crambe (*Crambe abyssinica*) a variação de nível de lençol freático. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 26-45, 2013.
- CHENG, J. et al. Functional analysis of the omega-6 fatty acid desaturase (CaFAD2) gene family of the oil seed crop *Crambe abyssinica*. **BMC Plant Biology**, London, v. 13, p. 146, 2013.
- CHONGO, G.; MCVETTY, P.B.E. Relationship of physiological characters to yield parameters in oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 81, p. 1-6, 2001.
- COLODETTI, T.V. et al. Crambe: aspectos gerais da produção agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 258-269, 2012.
- COSTA, L.M. **Estudo da secagem do crambe e avaliação da qualidade das sementes durante o armazenamento.** 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2011.
- FONTANA, F. et al. Agronomic characterization of some *Crambe abyssinica* genotypes in a locality of the Po Valley. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 9, p. 117–126, 1998.
- FREITAS, M.E. **Desempenho agrônômico do crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) em função da adubação e da densidade de semeadura.** 2010. 53 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.
- FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL. **Tecnologia de produção:** soja e milho. Custo de produção da soja. Maracaju, 2009.
- GUAN, R. et al. Bottlenecks in erucic acid accumulation in genetically engineered ultra-high erucic acid *Crambe abyssinica*. **Plant Biotechnology Journal**, Oxford, v. 12, n. 2, p. 193–203, 2013.

HEINZ, R. et al. Decomposition and nutrient release of crambe and fodder radish residues. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 1549-1554, 2011.

IONOV, M. et al. Growth, development and yield of *Crambe abyssinica* under saline irrigation in the greenhouse. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Madison, v. 199, p. 331–339, 2013.

LALAS, S. et al. Full characterisation of *Crambe abyssinica* Hochst. seed oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 89, p. 2253–2258, 2012.

LARA-FIOREZE, A.C.C. et al. Genetic diversity among progenies of *Crambe abyssinica* Hochst for seed traits. **Industrial Crops and Production**, Amsterdam, v. 50, p. 771–775, 2013.

LI, X. et al. Down-regulation of crambe fatty acid desaturase and elongase in Arabidopsis and crambe resulted in significantly increased oleic acid content in seed oil. **Plant Biotechnology Journal**, Oxford, v. 14, n. 1, p. 323-331, Jan. 2016.

LI, X.Y. et al. Development of ultra-high erucic acid oil in the industrial oil crop *Crambe abyssinica*. **Plant Biotechnology Journal**, Oxford, v. 10, p. 862–870, 2012.

LI, X.Y. et al. Efficient selection and evaluation of transgenic lines of *Crambe abyssinica*. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 162, 2013.

MARTINS, R.F. **A. respostas fisiológicas de dois genótipos de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) ao déficit hídrico**. 2015. 49 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

MASTEBROEK, H.D.; WALLENBURG, S.C.; SOEST, L.J.M. Variation for agronomic characteristics in crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex Fries). **Industrial Crops and Production**, Amsterdam, v. 2, p. 129–136, 1994.

MORRISON, M.J.; STEWART, D.W.; MCVETTY, P.B.E. Maximum area, expansion rate and duration of summer rape leaves. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 72, p. 117-126, 1992.

NEWSON, W.R. **Bio-based materials from Crambe and Carinata industrial oilseed meals: compression moulded and extruded oilseed meal plastics**. 2015. Thesis (PhD) - Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, 2015.

OLIVA, A.C.E. **Qualidade de sementes de crambe submetidas a métodos de secagem e períodos de armazenamento**. 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2010.

OPLINGER, E.S. et al. **Alternative field crops manual, crambe**. University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension; University of Minnesota: Center for Alternative Plant & Animal Products and the Minnesota Extension Service, 1991. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

PITOL, C.; BROCH, D.L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Maracajú: Fundação MS, 2010.

QI, W. et al. Regeneration and transformation of *Crambe abyssinica*. **BMC Plant Biology**, London, v. 14, p. 235, 2014.

SOARES, C.A. **Evapotranspiração e eficiência fotossintética em crambe sob estresse hídrico**. 2017. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2017p.

VOLLMANN, J.; RUCKENBAUER, P. Estimation of outcrossing rates in *Crambe* (*Crambe abyssinica* Hochst. ex. Fries) using a dominant morphological marker gene. **Bodenkultur**, Wien, v. 42, p. 361–366, 1991.

WANG, Y.P. et al. Cytogenetic characterization and fae1 gene variation in progenies from asymmetric somatic hybrids between *Brassica napus* and *Crambe abyssinica*. **Genome**, Ottawa, v. 47, n. 4, p. 724–731, 2004.

WARWICK, S.I.; GUGEL, R.K. Genetic variation in the *Crambe abyssinica* – *C. hispanica* – *C. glabrata* complex. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 50, p. 291–305, 2003.

WAZILEWSKI, W.T. et al. Study of the methyl crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) and soybean biodiesel oxidative stability. **Industrial Crops and Production**, Amsterdam, v. 43, p. 207–212, 2013.

WERNER, E.T. **Cultivo in vitro de *Crambe abyssinica* Hochst.: germinação, micropropagação, estabilidade genética e anatomia foliar**. 2014. 180 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2014.

ZHU, L.H. et al. Dedicated industrial oilseed crops as metabolic engineering platforms for sustainable industrial feedstock production. **Science Reports**, Fukuoka, v. 6, n. 6, Feb. 2016. DOI: 10.1038/srep22181.

# CRAVO



**CRAVOS (*Dianthus* spp.)**

Rodrigo Candido Jacobassi

## 1. Origem e distribuição geográfica

Das plantas pertencentes à família Caryophyllaceae, estão o cravo, distribuído em cerca de 75 a 80 gêneros e mais de 2000 espécies espalhadas ao redor do mundo, principalmente nas regiões temperadas e semi-temperadas do hemisfério norte, sendo os principais centros de distribuição a região do Mediterrâneo, regiões do oeste da China e da Ásia, Himalaia, além de poucas espécies na África, América e Oceania (Dequan et al., 2001). A planta *Dianthus caryophyllus*, popularmente conhecida no Brasil como Cravo, provavelmente é originária das regiões do mediterrâneo de países como Grécia e Itália (regiões da Sicília e Sardenha), porém, devido ao longo tempo de cultivo da espécie, se torna difícil confirmar com precisão a sua região de origem (Tutin; Walters, 1993; Whealy, 1992).

A Cravina, de nome científico *Dianthus chinensis*, é originária da Ásia e da Europa, enquanto o Cravo, cientificamente conhecido como *Dianthus caryophyllus*, considerado a planta ornamental mais antiga em cultivo, tem a Europa como seu centro de origem (Global Biodiversity Information Facility - GBIF, 2024; Galbally; Galbally, 1997). A origem do nome

*Dianthus* vem das escritas de Teofrasto sobre Dios (Deus) Anthos (Flor), a flor dos Deuses (Whealy, 1992). De acordo com Whealy (1992), os principais centros produtores de cravos do mundo estão nos EUA, América Latina, Europa, Quênia e Israel. Na América Latina, a indústria de exportação de cravos cresceu devido a condições climáticas favoráveis para o cultivo nessas regiões, mão-de-obra acessível e habilidade para exportar o produto com qualidade para outras regiões do mundo.

**Tabela 1.** Espécies comerciais populares do gênero *Dianthus* (Adaptado de Office of the Gene Technology Regulator, 2015; (a) Galbally e Galbally, 1997; (b) GBIF, 2024; (c) *D. neglectus* é identificado por Galbally e Galbally, 1997, mas seu nome alternativo é *D. pavonius*, de acordo com o GBIF, 2024).

| Nome botânico                           | Origem   |
|---|--|
| <i>D. alpinus</i> L.a                   | Alpes Australianos                                     |
| <i>D. arenarius</i> L.ab                | Montanhas do norte e do leste da Europa                |
| <i>D. armeria</i> L.b                   |  |
| <i>D. arvernensis</i> L.a               | Montanhas de Auvergne da França                        |
| <i>D. barbatus</i> L.ab                 | Cultivada no Reino Unido já em 1573                    |
| <i>D. carthusianorum</i> L.b            |  |
| <i>D. caryophyllus</i> L.ab             | Mediterrâneo   |
| <i>D. chinensis</i> L.ab                | Colinas do leste da Ásia                               |
| <i>D. deltoides</i> L.ab                | Europa e Ásia. Foi reportada no Reino Unido em 1581    |
| <i>D. erinaceus</i> Boiss.a             |  |
| <i>D. fragrans</i> M.F. Adamsb          |  |
| <i>D. freynii</i> Vandasa               | Hungria e Bósnia                                       |
| <i>D. gratianopolitanus</i> Vill.ab     | Sudoeste da França, introduzida no Reino Unido em 1792 |
| <i>D. haematocalyx</i> Boiss. & Heldr.a | Grécia   |
| <i>D. knappii</i> Asch. & Kanitza       | Hungria  |
| <i>D. microlepis</i> Boiss.a            | Montanhas da Bulgária                                  |
| <i>D. myrtinervius</i> Grischa          | Prados alpinos da Macedônia                            |
| <i>D. neglectus</i> Loisel.abc          | Alpes italianos e suíços                               |
| <i>D. nitidus</i> Waldst & Kit.ab       | Montanhas da Macedônia                                 |
| <i>D. plumarius</i> L.ab                | Sul da Rússia  |
| <i>D. repens</i> Willd.b                | Prados do leste da Europa                              |
| <i>D. seguieri</i> Vill.b               | Regiões temperadas do leste do Mediterrâneo            |
| <i>D. squarrosus</i> M. Bieba           | Sul da Rússia  |
| <i>D. superbus</i> L.ab                 | Europa Central e Norte da Ásia                         |
| <i>D. sylvestris</i> Wulfenab           | Sul da Europa  |

## 2. Classificação botânica

De acordo com o GBIF (2024), as plantas de cravo são dicotiledôneas, pertencentes à família Caryophyllaceae, gênero *Dianthus* L. O número de espécies que se encontram dentro deste gênero é de 663 (GBIF, 2024). Dentre todas essas espécies, o *Dianthus caryophyllus* é uma das mais cultivadas.

**Tabela 2.** Classificação botânica do craveiro (Adaptado de GBIF, 2024).

|                |                 |
|----------------|-----------------|
| <b>Reino</b>   | <b>Plantae</b>  |
| <b>Filo</b>    | Tracheophyta    |
| <b>Classe</b>  | Magnoliopsida   |
| <b>Ordem</b>   | Caryophyllales  |
| <b>Família</b> | Caryophyllaceae |
| <b>Gênero</b>  | <i>Dianthus</i> |

## 3. Morfologia

As características morfológicas da planta variam de acordo com os três tipos de cravos cultivados, sendo estes: craveiros de borda, cravos anuais e cravos de floração perpétua. O craveiro de borda é o tipo de cravo mais antigo ainda em cultivo, sendo seu ancestral a espécie silvestre *Dianthus caryophyllus*, que, em virtude do melhoramento genético ao longo de séculos, resultou em muitas variedades cultivadas e híbridos. Cravos cultivados em casa geralmente são do tipo borda devido a sua resistência ser muito maior do que os cultivares de floração perpétua (Office of the Gene Technology Regulator, 2015; Galbally; Galbally, 1997).

Cravos anuais são resultado da hibridação entre *Dianthus chinensis* e craveiros de borda. Apesar de serem perenes, o comportamento destes cravos é anual em virtude de a hibridação ter dado origem a um hábito de floração perpétua que faz com que as plantas praticamente se esgotem na estação, produzindo uma emissão contínua de inflorescências. Já os cravos originários na Europa de floração perpétua constituem o mais recente cultivar de plantas de cravo. Acredita-se que eles tenham sido originados através do cruzamento entre *Dianthus caryophyllus* e *Dianthus chinensis* e foram propagados para o mercado de flores de corte. Craveiros de floração perpétua, em sua maioria, são cultivados em casas de vegetação por agricultores produtores de flores devido ao seu desenvolvimento não ser satisfatório quando cultivados em campo aberto ou jardins (Galbally; Galbally, 1997; Hughes, 1993).

De acordo com a Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) (2024), a cravina, como é popularmente conhecida, de nome científico *Dianthus chinensis* é uma planta herbácea de caule cespitoso, ou seja, cresce formando tufo ou touceiras, podendo

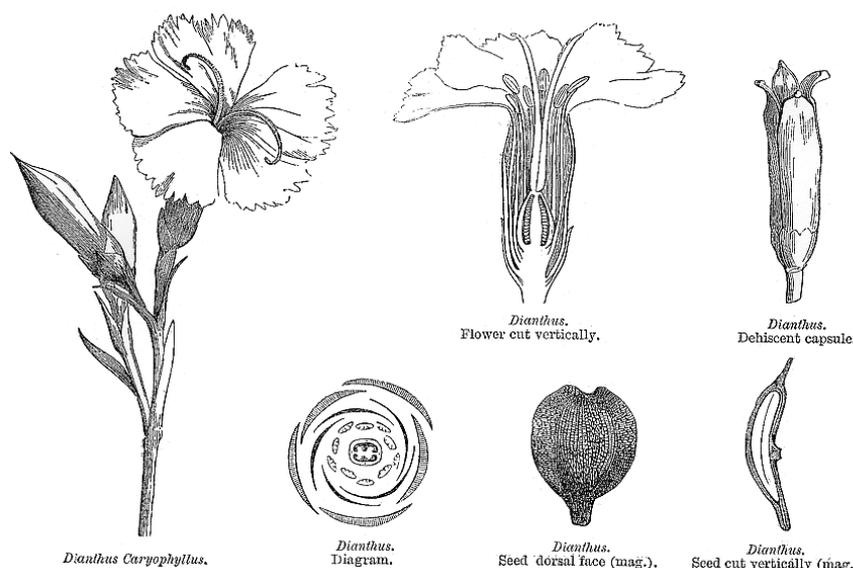
atingir até 40 cm de altura. Suas folhas possuem filotaxia oposta, são sésseis, lineares e lanceoladas, de margem inteira, base estreita e ápice acuminado, formando uma espécie de ponta. As folhas são cartáceas, cerosas e glabras, de cor verde-azulada.

As suas flores ocorrem solitárias ou em inflorescências cimosas, ou seja, onde o eixo principal produz pedicelos com uma flor precedida por brácteas e cálice, com flores que se abrem de cima para baixo ou do centro para fora. A corola é dialipétala, composta usualmente por 5 pétalas com borda franjada. As cores variam, podem ser vermelhas, púrpura, rosa, lilás ou brancas, em cores sólidas ou mescladas nesses tons. Os frutos são do tipo cápsula, com cálice persistente, sementes pretas e globosas (Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO, 2024).

A cravina é considerada uma espécie muito variável morfologicamente, estando presente, em seus locais de origem, como plantas silvestres e como plantas cultivadas, além da ampla gama de cultivares ornamentais. Os estudos taxonômicos mostram a dificuldade de se estabelecer chaves que consigam separar adequadamente essas categorias, tornando muito difícil a sua identificação (UNIRIO, 2024).

De acordo com o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR, 2016), a espécie *Dianthus caryophyllus* L., popularmente conhecida como cravo, é uma planta herbácea, anual, com altura de 0,3 a 0,6 m, ramos eretos ou levemente pendentes. As folhas são finas e de cor azulada e as flores são dobradas na cor branca, amarela, rosa e vermelha, em diversas tonalidades e tamanhos (Figura 1).

São facilmente reconhecidas pelas cores fortes e contrastantes de suas flores e pelo franjado de suas pétalas. Por apresentar uma floração abundante e persistente, é bastante requisitada como flor de vaso, para formação de maciços ou como borda de canteiros, compondo ambientes românticos e campestres (UNIRIO, 2024).



**Figura 1.** Características de uma flor de *Dianthus caryophyllus* L. (Adaptado de Watson e Dallwitz, 1992).

#### 4. Propagação vegetativa

As plantas do gênero *Dianthus* podem ser propagadas de maneira assexuada, através do método conhecido como estaquia, ou por meio de sementes (SENAR, 2016). A estaquia é um método que consiste no plantio de pequenas estacas de caule, raízes ou folhas que, plantados em um meio úmido, dão origem à novas plantas (Menegaes et al., 2022). As estacas devem ser retiradas, preferencialmente, após o florescimento ou durante o período de repouso vegetativo da planta (SENAR, 2016). No caso das plantas do gênero *Dianthus*, utiliza-se o caule da planta como estaquia. Este deve ser cortado logo acima de um nó e bifurcado longitudinalmente através do nó, para dentro da zona de meristema intercalar. A fenda é mantida aberta com um pequeno fragmento de palito até que as raízes adventícias se desenvolvam a partir dos lados divididos (Cutler et al., 2011).



**Figura 2.** Estaca de *Dianthus* (cravo); n (nó). As raízes adventícias se desenvolvem a partir dos lados partidos (Adaptado de Cutler et al., 2011).

## 5. Desenvolvimento de raízes, caule e folhas

As plantas de cravo podem ter um bom desenvolvimento em qualquer tipo de solo, porém, desde que o solo em questão seja bem drenado e estruturado. Os solos devem ser preparados até uma profundidade de 40 cm, visto que as raízes da planta não ultrapassam 30 cm, ficando em média com 25 a 30 cm de profundidade. O pH ideal do solo para o desenvolvimento das raízes das inúmeras espécies de cravo fica entre 5,5 e 6,5. É imprescindível esterilizar o solo antes do plantio para evitar problemas com fungos como *Fusarium* ou nematoides. Normalmente essa esterilização é feita através da utilização de brometo de metila (KF Bioplants, 2008).

Alguns cultivares selecionados podem ser cultivados como flores de vaso, como é o caso da espécie *D. caryophyllus*. Neste caso, o plantio é feito em vasos com substrato e é empregada a técnica de propagação vegetativa denominada estaquia, sendo que as plantas, após estarem enraizadas, envasadas e despontadas, irão desenvolver de 4 a 5 caules vigorosos com uma folhagem cinzenta-azulada, apresentando um padrão ondulado atrativo. As plantas atingem uma altura de 18 a 23 cm acima do solo até o momento da floração com uma quantidade abundante de botões que irão continuar a se abrir por um período de duas a três semanas, em caso de condições ambientais favoráveis (Goldsberry, 1988).

As folhas de cravo crescem em pares e opostas entre si em cada nó e apresentam um padrão espiral no caule. Geralmente, um único botão ou ramo vegetativo se desenvolve na axila de um par de folhas de um lado de um nó e na posição oposta das folhas nos nós imediatamente acima ou abaixo dele (Goldsberry, 1988).

## 6. Efeito de fatores ecológicos

### 6.1 Temperatura

Trata-se do fator que mais impacta no crescimento e florescimento das plantas do gênero *Dianthus*. Os cravos de melhor qualidade são cultivados em áreas com alta intensidade de luz durante o período de inverno e que, ao mesmo tempo, apresentam temperaturas médias durante os meses de verão. Para o estágio de crescimento vegetativo do craveiro, temperaturas moderadas são consideradas as mais adequadas, sendo que a temperatura durante a noite é de suma importância para a qualidade das flores. A variação entre as temperaturas diurna e noturna deve ser a maior possível e a temperatura durante a noite deve ser baixa o bastante para que se produza cravos com alta qualidade (KF Bioplants, 2008).

A temperatura ideal para produção de cravo é de 28°C durante o dia e de 16 a 18°C durante a noite. É importante ressaltar que o craveiro é uma cultura que se desenvolve sob

temperaturas amenas, portanto, cultivá-lo em regiões com temperaturas altas durante o dia e durante a noite, especialmente durante o período de florescimento, pode resultar em baixa uniformidade de abertura de flores e rachaduras no cálice. Plantas de cravo cultivadas em vaso se desenvolvem bem em temperaturas noturnas ao redor de 12°C e diurnas ao redor de 16°C (KF Bioplants, 2008; Goldsberry, 1988).

Temperaturas mais elevadas são exigidas quando o propósito do cultivo é a formação de estacas para propagação vegetativa, ao contrário do cultivo para produção de flores, visto que temperaturas mais amenas aceleram a fase reprodutiva do craveiro. A temperatura ótima para plantas jovens de cravo é em torno de 3 a 5°C maior em relação às plantas em estágio de florescimento (Whealy, 1992).

## **6.2 Luz**

O craveiro é uma planta de dias longos que floresce naturalmente no verão, sendo que os dias longos aceleram, e os dias curtos retardam a emissão da inflorescência (Whealy, 1992). Embora haja divergência de resposta ao fotoperíodo entre as espécies de cravo, o fotoperíodo crítico para a maioria delas é de 13 horas (Hoeven, 1987). Tratamentos de dias longos inibem o crescimento dos ramos laterais, portanto, plantas matrizes são conduzidas sob dias curtos para aumentar a emissão de ramos laterais e a qualidade das estacas para garantir a produção dos propágulos vegetativos (Pokorny; Kamp, 1960).

Plantas submetidas a tratamentos de dias longos florescem mais cedo e de maneira mais uniforme, porém apresentam menor quantidade de nós vegetativos e entrenós mais longos do que plantas submetidas a tratamentos de dias curtos. Vale lembrar que o fotoperíodo não influencia na qualidade ou tamanho da flor, sendo que a maioria dos cultivares respondem aos tratamentos de 2 a 3 semanas de luz (Sparnaaij et al., 1987). Utilizar um sistema de emissão de luz cíclico durante o período noturno, do momento em que o Sol se põe até o momento em que ele nasce, aumenta o peso da matéria fresca da flor e a resistência do pedúnculo (KF Bioplants, 2008).

## **6.3 Umidade relativa do ar**

Nos estágios iniciais de crescimento e desenvolvimento, a umidade relativa do ar deve ser mantida na faixa de 80 a 85%. Já na fase de crescimento pleno, níveis de umidade um pouco menores, na faixa de 60 a 65% são ideais para o cultivo das espécies do gênero *Dianthus*. É importante lembrar que tempo quente e muito úmido não irá favorecer o

estabelecimento e crescimento da cultura, visto que plantas de cravo não são adaptadas a tais condições de clima (KF Bioplants, 2008).

#### **6.4 Dióxido de carbono**

Os níveis de dióxido de carbono afetam tanto o crescimento quanto a qualidade do material produzido. Baixos níveis de dióxido de carbono, na faixa de 100 a 150 ppm, em cultivo em casas de vegetação durante o dia, inibem o crescimento devido ao equilíbrio que é estabelecido entre a taxa de fotossíntese e a taxa de respiração da planta. Portanto, o uso de ventilação ou suplementação complementar com dióxido de carbono é necessário para manter o crescimento adequado e melhorar a qualidade da planta. A suplementação com dióxido de carbono é feita durante o dia e a quantidade fornecida varia de acordo com o nível de luz. O nível de dióxido de carbono dentro da casa de vegetação deve ser mantido na faixa de 300 a 500 ppm em dias nublados e de 750 a 1500 ppm em dias de sol (Whealy, 1992).

A suplementação com dióxido de carbono pode aumentar a produtividade em até 35%, reduzir o ciclo da cultura, ou seja, antecipar a colheita, e aumentar o peso seco. O fato de contribuir para o aumento da produtividade e antecipação da colheita resulta em uma produção mais uniforme, o que é sempre benéfico para o produtor que busca concentrar as etapas do manejo para que ocorram em um único momento, além de facilitar o escoamento logístico e entrega da produção para os distribuidores ou clientes finais (Whealy, 1992).

Caso o produtor opte pela suplementação com dióxido de carbono, é de suma importância que também haja aumento nos estímulos com irrigação e nutrição adequados. A suplementação faz com que a planta cresça e se desenvolva mais, portanto, ela se torna mais exigente em água e nutrientes. Caso ela tenha o estímulo, mas não encontre água suficiente ou elementos nutricionais essenciais para o seu desenvolvimento naquele momento, a produtividade não irá responder ao que se espera com a suplementação de dióxido de carbono. O equilíbrio entre os fatores de manejo, climáticos e culturais é o que irá garantir o sucesso da produção no final do ciclo (Whealy, 1992).

### **7. Relações hídricas**

Embora a irrigação aérea possa ser utilizada no cultivo das plantas de cravo até que os botões estejam visíveis, sistemas de irrigação de superfície são mais comuns de serem utilizados. Dentre os sistemas de irrigação mais utilizados no manejo hídrico estão: irrigação por gotejamento, irrigação por sulcos e inundação e irrigação por tubos perfurados (Whealy, 1992).

Há pouco estudo publicado acerca do efeito da irrigação na produtividade e qualidade das plantas de cravo. Segundo Jasper (1966), a máxima produtividade e a melhor qualidade são obtidas quando a tensão de água no solo é mantida em  $-0,04$  bars. Por outro lado, Hanan (1969) mostrou que, quando a radiação solar está perto de  $600 \text{ cal m}^2$ , a demanda hídrica das plantas de cravo cultivadas em casas de vegetação cobertas com vidro é de aproximadamente  $12 \text{ mm}$ , ao passo que, caso a cobertura seja de plástico, a demanda cai para  $67\%$  deste valor. Segundo Khristov e Parlov (1977), as plantas de cravo devem ser irrigadas quando  $40\%$  da quantidade de água disponível no solo se esgota. Taylor et al. (2008) observaram que as maiores taxas de florescimento e a melhor qualidade foram obtidas quando a tensão da água disponível no solo foi de  $45 \text{ kPa}$ .

Quando adotado o método de propagação vegetativa, logo após o plantio das estacas, deve-se entrar imediatamente com irrigação. A nebulização com água deve ser adotada por, pelo menos, duas semanas. Depois de três semanas, opta-se pela irrigação por gotejamento. A quantidade de água a ser fornecida via irrigação depende de fatores como temperatura, luminosidade, umidade, tipo de solo e temperatura do solo. Plantas de cravo já desenvolvidas necessitam de  $4$  a  $5 \text{ L/m}^2/\text{dia}$ . É importante verificar a condutividade elétrica (EC) e pH da água a ser utilizada na irrigação e evitar a utilização de água parada para reduzir a probabilidade de ocorrência de doenças (Jawaharlal et al., 2010).

No segmento de produção de flores de corte, a irrigação é uma prática utilizada de maneira superestimada, ou seja, quase sempre os produtores aplicam uma lâmina de irrigação maior do que a necessidade da cultura. Uma prática comum de irrigação entre agricultores produtores de flores na Turquia é a de aplicar uma grande quantidade de água diariamente sem nenhum parâmetro como, por exemplo, levando em consideração a quantidade de água presente na zona radicular da planta. Há um conceito quase que unânime entre os agricultores de que quanto mais irrigação, maior produtividade. Estimar a quantidade de água presente na zona radicular da planta é um parâmetro interessante para calcular de maneira mais precisa a lâmina ideal de água a ser aplicada via irrigação, sem contar que, racionalizando o uso da água para fins agrícolas, além de contribuir para a conservação do recurso natural, previne a contaminação da água com inseticidas, pesticidas e fertilizantes que são utilizados nas lavouras comerciais (Menguc; Eris, 1987; Ozkan et al., 1998; Ozzambak, 2003).

## **8. Solos, nutrição e micorrizas**

Um solo considerado ideal para o cultivo de cravo é aquele de textura média-argilosa, bem drenado a uma profundidade de  $0,75$  a  $1$  metro e levemente alcalino (Aydinsakir et al.,

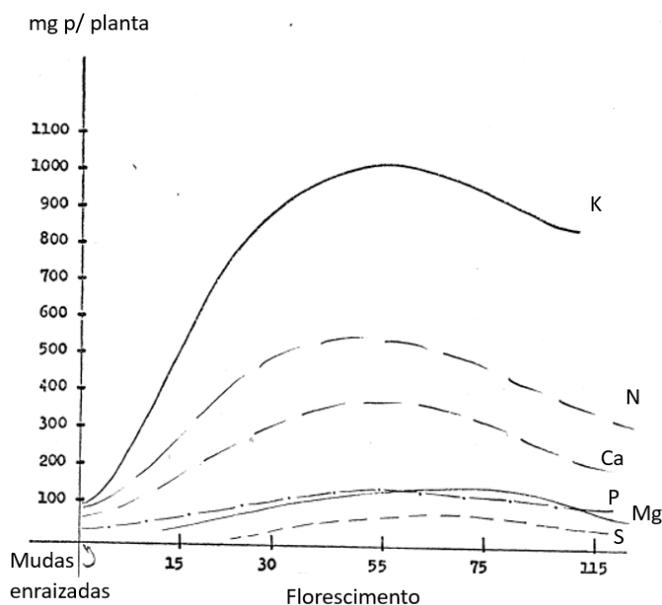
2011). Quanto a exigência nutricional do craveiro, em um trabalho conduzido por Fernandes et al. (1971), em que a espécie objeto do estudo foi o *Dianthus caryophyllus* L., os autores observaram que os teores de nitrogênio, potássio, cálcio e enxofre no caule decresceram conforme o desenvolvimento da planta, sendo que a maior oscilação de nutrientes foi observada nas folhas. Os teores de nitrogênio e potássio mantiveram-se constantes durante o ciclo da planta e os teores de magnésio e enxofre sofreram leve oscilação até os 75 dias, decrescendo após este período.

Fernandes et al. (1971) observaram que, até os primeiros 15 dias após o transplante das estacas, a extração de nutrientes foi muito baixa, como já era de se esperar em virtude de o processo de desenvolvimento inicial ser mais lento. A extração acentua-se a partir deste ponto para atingir o seu pico no período compreendido entre 55 e 75 dias do ciclo, época em que geralmente se inicia a floração.

De acordo com a Tabela 3, observa-se que se destacam dentre os macronutrientes potássio, nitrogênio e cálcio na absorção pelo cravo, desde os 15 primeiros dias do ciclo. Também não é possível notar correlação entre elemento absorvido e estágio do ciclo, visto que todos eles foram absorvidos desde os primeiros dias do ciclo até o final, de maneira contínua.

**Tabela 3.** Teor dos nutrientes em mg nas diversas partes da planta *Dianthus caryophyllus* L. (Adaptado de Fernandes et al., 1971).

| Idade da planta (dias) | Parte da planta | MACRONUTRIENTES (mg) |       |         |        |       |       |
|------------------------|-----------------|----------------------|-------|---------|--------|-------|-------|
|                        |                 | N                    | P     | K       | Ca     | Mg    | S     |
| Enraizamento           | Caule           | 11,56                | 4,47  | 25,74   | 5,14   | 1,48  | 1,23  |
|                        | Folhas          | 36,72                | 6,91  | 48,14   | 19,81  | 4,47  | 2,73  |
|                        | TOTAL           | 48,28                | 11,38 | 73,88   | 24,95  | 5,95  | 3,96  |
| 15                     | Caule           | 15,99                | 4,54  | 29,14   | 8,11   | 2,1   | 1,77  |
|                        | Folhas          | 42,73                | 8,22  | 51,5    | 21,53  | 5,46  | 2,66  |
|                        | TOTAL           | 58,72                | 12,76 | 80,64   | 29,64  | 7,56  | 4,43  |
| 30                     | Caule           | 45,08                | 11,73 | 112,47  | 20,01  | 7,77  | 4,62  |
|                        | Folhas          | 167,87               | 18,04 | 238,7   | 60,5   | 21,95 | 12,54 |
|                        | TOTAL           | 212,95               | 29,77 | 351,17  | 80,51  | 29,72 | 17,16 |
| 55 (botões florais)    | Caule           | 144,3                | 40,3  | 382,07  | 65,1   | 22,94 | 14,26 |
|                        | Folhas          | 367,23               | 40,38 | 550,84  | 168,46 | 55,44 | 34,89 |
|                        | TOTAL           | 511,53               | 80,68 | 932,91  | 233,56 | 78,38 | 49,15 |
| 75                     | Caule           | 163,55               | 47,62 | 461,34  | 126,82 | 26,83 | 17,72 |
|                        | Folhas          | 418,42               | 33,89 | 557,7   | 220,22 | 63,4  | 37,75 |
|                        | Flores          | ---                  | 0,8   | 7,7     | 1,8    | 0,64  | 0,42  |
|                        | TOTAL           | 581,97               | 82,31 | 1026,74 | 348,84 | 90,87 | 55,89 |
| 115                    | Caule           | 250,62               | 29,49 | 513,63  | 169,65 | 51,48 | 29,25 |
|                        | Folhas          | 150,38               | 47,42 | 367,82  | 74,87  | 19,32 | 14,87 |
|                        | Flores          | 32,89                | 4,11  | 34,66   | 8,27   | 3,03  | 2,19  |
|                        | TOTAL           | 433,89               | 81,02 | 916,11  | 252,79 | 73,83 | 46,31 |



**Figura 3.** Curvas de absorção de macronutrientes em função dos dias de amostragem durante o ciclo das plantas de *Dianthus caryophyllus* L. (Adaptado de Fernandes et al., 1971).

O craveiro é considerado uma cultura exigente do ponto de vista nutricional, sendo que, em caso de deficiência, é possível notar sintomas específicos para cada nutriente que se encontra em déficit. Do mesmo modo que a falta causa deficiência, o excesso pode vir a ocasionar toxicidade (Lei de Shelford), portanto é de suma importância garantir que o balanço nutricional esteja adequado para que se tenha produtividade e qualidade ao final do ciclo.

O excesso de nitrogênio pode ocasionar caules pouco resistentes, ao passo que a falta dele está relacionada com a inibição da iniciação floral. Redução de produtividade e longevidade, falta de resistência nos caules e aborto do cálice são sintomas ocasionados pela falta ou suprimento inadequado de potássio durante o ciclo de desenvolvimento do craveiro. Para garantir o suprimento de cálcio, dependendo do pH, calcário dolomítico ou gesso pode ser utilizado para atingir os teores ideais do macronutriente secundário. A falta de cálcio pode ser facilmente identificada através de um sintoma de deficiência que se apresenta na forma de necrose de 1 a 2 polegadas nas pontas das folhas e queimaduras nos cálices (Whealy, 1992).

A deficiência de fósforo reduz o crescimento das plantas fazendo com que elas fiquem atrofiadas. A fonte mais usual para o fornecimento de fósforo é o superfosfato triplo, sendo que o fertilizante deve ser adicionado e misturado com o solo para otimizar a disponibilidade de fósforo antes do plantio (Whealy, 1992).

De acordo com Adams et al. (1979), a deficiência de boro aumenta a ocorrência de rachaduras nos cálices e induz ao aborto de botões florais. Whealy (1992) considera de 20 a 25 ppm como teor ideal de boro nas folhas, sendo que, em caso de teores inferiores a este, é possível que se venha a observar sintomas como encurtamento de entrenós, pontas das hastes das flores engrossadas ou alargadas e botões florais distorcidos. A deficiência de boro fica mais evidente em cultivos com suplementação de dióxido de carbono e seu sintoma de toxicidade se apresenta como uma necrose na ponta das folhas mais novas.

## **9. Fotossíntese e translocação**

Wijk e Buitendijk (1970) realizaram um experimento em que foi mensurada a taxa de fotossíntese líquida em solos com níveis de aeração diferentes. Um dos resultados encontrados pelos pesquisadores no estudo foi o de que quanto maior a intensidade luminosa sobre as plantas de cravo, mais importante é a aeração do solo para o crescimento da planta. O aumento na intensidade luminosa atua de maneira conjunta com a aeração do solo, de maneira que quanto maior a intensidade luminosa e a aeração do solo, maior será a taxa de fotossíntese líquida, o que influencia de maneira direta no crescimento e desenvolvimento. Segundo Wijk e Buitendijk (1970), a relação entre aeração do solo e atividade fotossintética é uma relação

indireta e extremamente relacionada com o papel que essa aeração exerce sobre a absorção de água pelas raízes das plantas, sendo essa absorção iniciada e controlada pela transpiração.

A possibilidade de regulação da abertura estomática permite que a planta consiga se adaptar e se desenvolver em diferentes condições de clima e ambiente, além de estabelecer um equilíbrio no balanço osmótico. Essa alteração na abertura estomática influencia, portanto, a assimilação de carbono e, conseqüentemente, a taxa fotossintética (Wijk; Buitendijk, 1970). Cerca de 21.500 Lux é considerado o mínimo de intensidade de luz natural exigido para uma taxa de fotossíntese adequada em plantas de cravo (Vikaspedia, 2024).

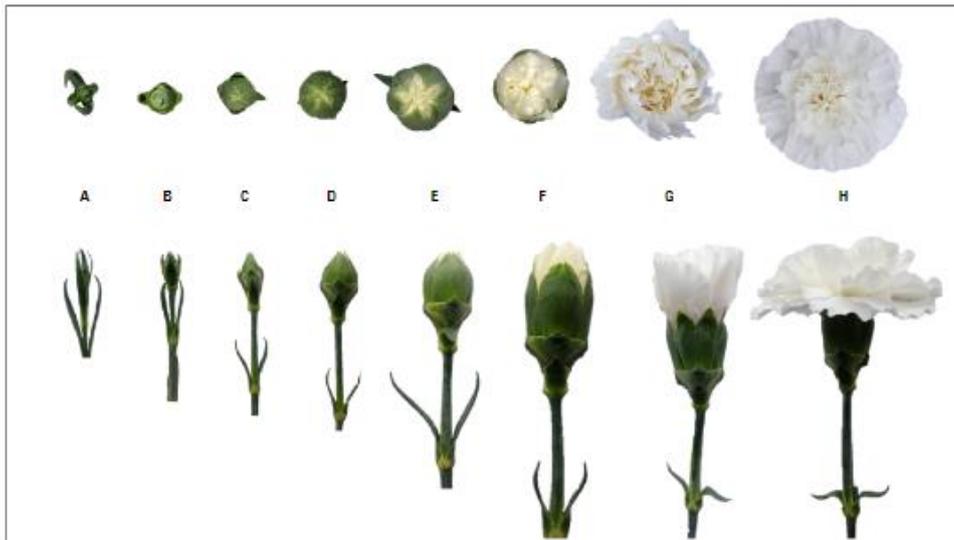
## 10. Florescimento e frutificação

A duração dos estádios fenológicos varia de acordo com o cultivar plantado, temperatura e fotoperíodo (Bunt; Powell, 1983; Medina et al., 2022). O estágio denominado “barril” é marcado pela abertura das sépalas, permitindo a emergência da corola formada pelas pétalas. A temperatura base ou ponto crítico da cultura é aquela em que os processos metabólicos e fisiológicos começam a ser afetados (Medina et al., 2022). Segundo Lopez et al. (2010), a temperatura base para a espécie *Dianthus caryophyllus* é de 12°C.

De acordo com a Tabela 4, no experimento conduzido por Medina et al. (2022), nota-se que o tempo necessário para que cada cultivar iniciasse a abertura do botão floral no estágio “barril”, variou de cultivar para cultivar, sendo o cultivar Idilio o mais precoce entre os três. Para o cultivar Ilusion, a quantidade em graus dias (GD) que marcou o estágio “barril” foi 226 GD, aproximadamente, enquanto no cultivar Moon Light, esse número ficou perto de 210 GD.

**Tabela 4.** Duração dos estádios fenológicos de desenvolvimento do botão floral de três cultivares de *Dianthus caryophyllus* L. (Adaptado de Medina et al., 2022).

| Estádios fenológicos | Idilio |      | Ilusion |      | Moon Light |      |
|----------------------|--------|------|---------|------|------------|------|
|                      | GD     | Dias | GD      | Dias | GD         | Dias |
| Arroz                | -      | -    | -       | -    | -          | -    |
| Ervilha              | 116,3  | 7    | 133,8   | 8    | 116,3      | 7    |
| Grão de Bico         | 118,4  | 7    | 117,6   | 7    | 135,1      | 8    |
| Barril               | 194,1  | 12   | 226,4   | 14   | 210,1      | 13   |
| Estrela              | 162,6  | 10   | 211,5   | 13   | 129,9      | 8    |
| Bala                 | 63,7   | 4    | 90      | 5    | 63,7       | 4    |
| Ponto de Corte 3     | 72     | 4    | 76,1    | 5    | 53,5       | 3    |
| Ponto de Corte 5     | 34,9   | 2    | 33,7    | 2    | 36,8       | 2    |
| Acumulativo total    | 762    | 46   | 889,1   | 54   | 745,4      | 45   |



**Figura 4.** Estádios de desenvolvimento dos botões florais em *Dianthus caryophyllus* L., cultivar Moon Light. (A): Arroz, (B): Ervilhas, (C): Grão de Bico, (D): Barril, (E): Estrela, (F): Bala, (G): Ponto de Corte 3, (F): Ponto de Corte 5 (Adaptado de Medina et al., 2022).

## 11. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

As condições climáticas naturais para o cultivo de cravos ocorrem próximas a 30°, tanto para o norte, quanto para o sul da linha do equador. Os países que produzem cravos são: Espanha, Quênia, Colômbia, Israel, Sri Lanka, Polônia, Holanda, França, Alemanha, Itália, Ilhas Canárias, Austrália, Estados Unidos da América, África do Sul, entre outros. A altitude ideal para o cultivo de cravo é de 2000 a 2500 metros (Jawaharlal et al., 2010).

## 12. Estratégias para altas produções

**Amarração:** A operação de amarração é muito importante e ocorre ao longo de todo o ciclo de produção do craveiro. Essa prática ajuda a manter as plantas dentro da área delimitada pela rede para crescerem retas, sem pender na base (Jawaharlal et al., 2010).

**Pinching:** Trata-se da quebra da dominância apical pela retirada do ápice, uma operação muito importante para garantir o máximo de produção de flores com qualidade. Em alguns cultivares não é necessário adotar essa prática, porém em outras ela é extremamente importante para estimular a emissão de novos ramos. Na produção de cravos, três tipos de podas são adotados, sendo estes: “poda simples”, “poda e meia” e “poda dupla” (Jawaharlal et al., 2010).

No caso da “poda simples”, o topo da haste principal é removido deixando 5 pares de folhas nas quais de 4 a 5 novos ramos irão brotar e se desenvolver ao mesmo tempo. Esse método é aplicado particularmente em cultivares que produzem uma proporção alta de

inflorescências com qualidade como os cultivares híbridos de cravos comuns (Jawaharlal et al., 2010).

Já a “poda e meia” é utilizada com o intuito de regular a produção de flores ao longo do ano. O método é baseado na remoção da ponta da haste principal para induzir a brotação de 4 a 5 novos ramos. A partir do momento que esses novos ramos tiverem se desenvolvido a ponto de apresentarem de 5 a 6 pares de folhas, apenas metade deles terão a ponta da haste removida. Essa prática promove uma produção estável de flores, porém reduz a quantidade na primeira colheita (Jawaharlal et al., 2010).

Há também a “poda dupla” que consiste na remoção da haste principal uma única vez, seguido pela poda de todos os ramos laterais que se desenvolveram após a primeira poda a partir do momento em que apresentam de 6 a 8 cm de comprimento ou de 5 a 6 pares de folhas. Esse método produz uma grande quantidade de brotos que irão originar flores, porém, em contrapartida, os ramos se tornam fracos e a qualidade das flores também não é das melhores. Em virtude disso, dentre os três métodos que foram mencionados, esse é o menos utilizado (Jawaharlal et al., 2010).

Eliminação de brotações secundárias: Essa prática se baseia na remoção de brotos secundários indesejáveis dos ramos com inflorescência. Essa remoção ocorre quando os ramos apresentam de 2 a 3 cm de comprimento (Jawaharlal et al., 2010).

Eliminação de botões florais: Trata-se de uma prática que ocorre em diversos cultivares de cravos. No craveiro comum, em que há uma flor por caule, essa prática é empregada com o intuito de obter flores bonitas e com boa qualidade. Os botões axilares e laterais são removidos apenas após o seu surgimento, sem ocasionar danos às folhas ou ramos. Geralmente, os botões axilares que se encontram seis entrenós abaixo do botão da inflorescência terminal são removidos para estimular o desenvolvimento do botão floral principal. Em cravos utilizados para formação de buquês de flores, ou seja, que produzem mais de uma flor por caule, o processo ocorre de maneira inversa, ou seja, o botão floral terminal é removido para estimular o desenvolvimento dos botões laterais, dando origem a várias flores (Jawaharlal et al., 2010).

Rachadura no cálice: Trata-se de uma anomalia fisiológica muito importante e que requer atenção no cultivo de cravo. Podemos associar esse problema a inúmeros fatores genéticos, ambientais, nutricionais e a determinadas práticas culturais. Cultivares com cálix curto e largo são mais suscetíveis a ter o cálice dividido do que os cultivares de cálice longo e estreito. Temperaturas irregulares ou instáveis durante o florescimento podem induzir a rachadura (Jawaharlal et al., 2010).

Temperaturas abaixo de 10°C levam ao desenvolvimento de um espiral extra de pétalas dentro do cálice. O cálice, incapaz de manter essas novas pétalas em crescimento, parte-se ao meio. Além da temperatura, o aspecto nutricional também influencia na divisão do cálice, sendo que teores baixos de nitrogênio e/ou boro podem vir a induzir o aparecimento da anomalia (Jawaharlal et al., 2010).

A regulagem da temperatura durante o dia (20-25°C) e a noite (12,5-15,5°C), além da seleção de cultivares resistente para o plantio estão entre as medidas preventivas para evitar a divisão do cálice. Pulverizações quinzenais com borax (0,1%) e amarração do botão floral que já iniciou a emissão da inflorescência com elástico estão entre as práticas culturais mais adotadas pelos produtores para prevenir/evitar o surgimento da desordem fisiológica (Jawaharlal et al., 2010).

### 13. Efeitos de reguladores vegetais

A utilização de reguladores vegetais tem sido reportada por promover ganhos na produção de flores no cultivo de cravo. Recomenda-se duas pulverizações de ácido giberélico (GA3) a 100 ppm em momentos distintos, sendo a primeira logo após a poda da ponta da haste principal e a segunda quando os ramos axilares estiverem com um comprimento de 8 a 10 cm, para induzir a emissão antecipada da inflorescência e caules longos (Jawaharlal et al., 2010).

Inibidores de crescimento como chlormequat (CCC 25%) e daminozida (SADH 0,4%) têm sido mencionados como promotores de iniciação floral, além de contribuírem para o aumento da produção de flores. Além dos efeitos já mencionados, a utilização desses dois retardadores atua de maneira preventiva contra a divisão do cálice, promovendo não só uma maior produção, mas uma alta produção de flores com qualidade (Jawaharlal et al., 2010).

A aplicação do inibidor hidrazina maleica (500 a 1000 ppm) aumenta o número de flores, porém, atrasa a emissão da inflorescência (Jawaharlal et al., 2010).

### Referências

ADAMS, P.; HART, B.M.A.; WINSOR, G.W. Some effects of boron, nitrogen and liming on the bloom production and quality of glasshouse carnations. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 54, n. 2, p. 149-154, 1979.

AYDINSAKIR, K.; TUZEL, I.H.; BUYUKTAS, D. The effects of different irrigation levels on flowering and flower quality of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) irrigated by drip irrigation. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 10, n. 66, p. 14826-14835, 2011.

BUNT, A.C.; POWELL, M.C. Quantitative response of the carnation to solar radiation, long days and supplementary light source. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 1, n. 141, p. 139-150, 1983.

CUTLER, D.; BOTHA, T.; STEVENSON, D. **Anatomia vegetal**: uma abordagem aplicada. Porto Alegre: Artmed, 2011. 292 p.

DEQUAN, L. et al. Caryophyllaceae. In: WU, Z.Y.; RAVEN, P.H.; HONG, D.Y. (Ed.). **Flora of China**. St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2001. p. 1-3.

FERNANDES, P.D. et al. Nutrição mineral de plantas ornamentais II absorção de macronutrientes pelo craveiro. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 28, p. 135-143, 1971.

GALBALLY, J.; GALBALLY, E. **Carnation and pinks for garden and greenhouse**: their true history and complete cultivation. Madison: Timber Press, 1997. 310 p.

GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. Disponível em: <<https://www.gbif.org/pt>>. Acesso em: 10 abr. 2024.

GOLDSBERRY, K.L. ABC's of pot carnation culture. **Colorado Greenhouse Growers' Association**, Denver, p. 1-5, 1988.

HANAN, J.J. Effect of watering frequency and inert medium on carnations. **Colorado Flower Growers' Association**, Denver, n. 234, p. 1-3, 1969.

HOEVEN, V.D. The influence of daylength on flowering of carnations. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 1, n. 216, p. 315-320, 1987.

HUGHES, S. **Carnations & pinks**: the complete guide. Marlborough: The Crowood Press, 1993. 216 p.

JASPER, F.D.R. Effect of watering treatment on growth of carnations. **Colorado Flower Growers' Association**, Denver, n. 194, p. 1-3, 1966.

JAWAHARLAL, M. et al. **A technical guide on carnation**. Tamil Nadu Agricultural University, 2010. 62p.

KF BIOPLANTS. **Carnation manual**. 2008. p. 1-20.

KHRISTOV, K.H.; PAVLOV, P. Greenhouse carnation growth in relation to soil moisture and chlorocholine chloride treatment. **Priroda**, Zagreb, v. 26, n. 5, p. 88-89, 1977.

LOPEZ, M.A. et al. Modelo de aparición de nudos en clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) cv. Delphi cultivado en sustratos. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 28, n. 1, p. 47-54, 2010.

MEDINA, M.F.L.; SANDOVAL, E.H.P.; LÓPEZ, H.E.B. Phenology analysis growing and degree days of flower bud growth in three *Dianthus caryophyllus* L. varieties under greenhouse conditions. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, Bogotá, v. 16, n. 3, p. 1-13, 2022.

MENEGAES, J.F.; FERREIRA, C.F.; MOCCELLIN, R. **Plantas ornamentais: conceitos básicos de cultivo**. Nova Xavantina: Pantanal Ed., 2022. 146 p.

MENGUC, A.; ERIS, A. Carnation growing and it's problems in Turkey. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 216, p. 23-28, 1987.

OFFICE OF THE GENE TECHNOLOGY REGULATOR. **The biology of *Dianthus caryophyllus* L. (Carnation)**. Australian Government (Department of Health), 2015. 29 p.

OZKAN, C.F. et al. Effect of boron non calyx splitting in carnations grown in Antalya region. In: NATIONAL ORNAMENTAL PLANTS CONGRESS, 1., 1998. p. 195-201.

OZZAMBAK, M.E. Carnation growing. **Aegean University (Agriculture Faculty) Farmnote**, n. 36, p. 16, 2003.

POKORNY, F.A.; KAMP, J.R. Photoperiodic control of growth and flowering of carnations. **St. Florists Association**, Illinois, n. 202, p. 6-8, 1960.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Plantas ornamentais: produção de flores de corte**. Brasília, 2016. 80 p.

SPARNAAIJ, L.D.; DEMMINK, J.F.; KOEHORST, V.P. Factors influencing the response to photoperiod (LD treatment) during the winter in an autumn-planted carnation crop. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 1, n. 216, p. 303-312, 1987.

TAYLOR, R.D.; HILL, J.; GROUT, W.W. Does irrigation regime affect the post harvest quality and vase life of cut flower carnations (cv. Santorini)? **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 792, p. 663-668, 2008.

TUTIN, T.G.; WALTERS, S.M. *Dianthus* L. In: TUTIN, T.G. et al. (Ed.). **Flora Europaea**. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. p. 227-246.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Herbário da UNIRIO: *Dianthus chinensis* L.** Disponível em: <<https://www.unirio.br/ccbs/ibio/herbariohuni/dianthus-chinensis-l>>. Acesso em: 10 abr. 2024.

VIKASPEDIA. Disponível em: <<https://vikaspedia.in/agriculture/crop-production/package-of-practices/flowers/carnation>>. Acesso em: 25 maio 2024.

WATSON, L.; DALLWITZ, M.J. **The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification and information retrieval**. 1992. Disponível em: <[caryo258.gif](https://caryo258.gif) (900×1252) (delta-intkey.com)>. Acesso em: 20 maio 2024.

WHEALY, C.A. Carnation. In: LARSON, R.A. (Ed.). **Introduction to floriculture**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Academic Press, 1992. p. 43-65.

WIJK, V.A.L.M.; BUITENDIJK, L. Growth reactions of carnation, measured by net photosynthesis, on different air contents of the soil. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Amsterdam, v. 18, p. 149-157, 1970.

# CUPUAÇU



**CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*)**

Rômulo Felipe Dias Macedo

## **1. Origem e distribuição geográfica**

O cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Will. Ex Spreng.) K. Schum.] é uma árvore frutífera que cresce na região amazônica e pode ser encontrada em todos os estados do norte do Brasil. É uma cultura de baixa manutenção e tem grande valor social e econômico, já que é uma fonte de renda e emprego para produtores rurais da região. Além disso, o cupuaçu é uma alternativa promissora para a agricultura, pois é amplamente utilizado na agroindústria (Primo et al., 2017).

Existem 22 espécies no gênero *Theobroma*, que é comumente encontrado na região neotropical. Essas espécies crescem nas florestas tropicais úmidas do hemisfério ocidental, abrangendo uma faixa de latitude entre 18° Norte e 15° Sul. O gênero *Theobroma* se estende desde o México até a região sul da floresta amazônica (Alves et al., 2022). Apesar de ser encontrado pela região neotropical, foi definido por Cuatrecasas (1964) que a região de

origem do *Theobroma grandiflorum* é a floresta nativa ao sul do rio Amazonas, oeste do rio Tapajós, sul e sudeste do estado do Pará e a região pré-amazônica do Maranhão.

## 2. Classificação botânica

O cupuaçu é uma fruta da espécie *Theobroma grandiflorum* Will. Ex Spreng.) K. Schum pertencente à família das Malvaceae e o termo "cupuaçu" é derivado da língua Tupy, onde "kupu" significa "parecido com cacau" e "uasu" significa "grande". No entanto, dependendo da região em que é cultivado, o fruto têm diversos outros nomes. Por exemplo, na maioria dos estados da Amazônia, é chamado de "cupu", enquanto no Maranhão é conhecido como "pupu" ou "pupuaçu", e na Bahia, pode ser entendido como "cacau-cupuaçu" (Alves et al., 2022).

Segundo Cuatrecasas (1964) o gênero *Theobroma* é dividido em 22 espécies, sendo que, 9 dessas espécies podem ser encontradas na Amazônia brasileira, a saber: *T. bicolor*, *T. cacao*, *T. canumanense*, *T. grandiflorum*, *T. microcarpum*, *T. obovatum*, *T. speciosum*, *T. subincanum* e *T. sylvestre*. Das espécies encontradas na Amazônia brasileira, as cultivadas comercialmente no Brasil são o *T. cacao* (cacau) e *T. grandiflorum* (cupuaçu) (Souza; Alves; Souza, 2017).

## 3. Morfologia

Quando na natureza, a árvore do cupuaçu possui tronco reto que pode alcançar patamares de 30 metros de altura e perímetro de tronco acima de 10 centímetros apresentando manchas brancas em sua cor acinzentada e em pomares cultivados a estatura da planta fica em torno de 6 a 10 metros de altura (Alves et al., 2022). A copa não tem um formato definido (Figura 1 A) e é pouco espessa com folhas simples e alternas, com pecíolos curtos, com lâmina verde podendo apresentar muito ou pouco brilho, com ápice foliar acuminado, bordas lisas e base obtusa. As folhas possuem tricomas estrelados em ambas as faces e os estômatos estão concentrados na face inferior (Ferreira; Nogueira; Damião Filho, 2006).

A planta do cupuaçu é alógama, auto incompatível, possui inflorescências que são classificadas como cimulosas, axilares ou ramifloras e contêm de três a cinco flores. Essas flores são as maiores dentro do seu gênero e se desenvolvem nos ramos da planta, tendo pedicelos que medem de 3 a 5 cm (Figura 1 B). Elas são hermafroditas, actinomorfas, heteroclamídeas e hipógenas, com cinco sépalas espessas que são triangulares e livres ou parcialmente unidas na base. As pétalas são carnosas, possuem base arredondada-cuculadas e uma lâmina unguiculada subtrapezoidal que pode variar de branco ao vermelho-violeta,

estando conectadas à cógula (Souza; Alves; Souza, 2017). Além disso, a flor possui cinco estaminoides estéreis petaloides, que são triangulares e linguiformes e possuem uma cor vermelho escuro. O androceu é composto por dois verticilos de estames que estão localizados dentro da cógula. O ovário é súpero, pentalocular e cada lóculo contém aproximadamente 10 óvulos anátropos. O estilete é filiforme e a planta pode produzir frutos com ou sem sementes que possuem 6 calhas (Alves et al., 2022).

O cupuaçu é frequentemente tipificado como baga, sendo um fruto simples e indeiscente, com pericarpo diferenciado por uma casca seca externa e camadas carnosas internas. Tem um formato oblongo, ovado, elíptico, obovado ou redondo, com ou sem constrição basal e ápice arredondado ou com protuberância. O epicarpo é duro e lenhoso, com 2 mm de espessura e cor verde, recoberto por uma camada pulverulenta de coloração ferrugínea. O mesocarpo é menos lenhoso e tem espessura variando entre 0,5 mm e 0,7 mm, com cor creme. O endocarpo é carnoso e tem um aroma forte, envolvendo as sementes e firmemente aderido ao tegumento por fibras (Souza et al., 2006).

As sementes variam em número de 15 a 50, em média 32 por fruto, com 2,5 cm de largura e 0,9 cm de espessura, superpostas em torno da placenta e dispostas longitudinalmente em relação ao comprimento do fruto, além disso, existem cupuaçuzeiros sem sementes (Figura 1 C) conhecidos tipicamente como mamau (Alves et al., 2022).



**Figura 1.** A – Cupuaçuzeiro; B – Flor; C - Frutos Sem e Com Caróço (Adaptado de Souza, Alves e Souza, 2017)

#### 4. Germinação e propagação vegetativa

Durante a germinação das sementes (Figura 2) de *Theobroma grandiflorum*, a primeira estrutura a emergir é o hipocótilo, sendo uma planta hipógea, que é capaz de se desenvolver em uma ampla faixa de temperatura. No entanto, a parte aérea da planta é mais sensível às

temperaturas extremas do que a raiz e o hipocótilo. O crescimento da parte aérea é limitado entre 15 e 20°C, enquanto a temperatura máxima recomendada fica entre 35 e 40°C. Para o teste de germinação das sementes de *Theobroma grandiflorum*, uma temperatura de 30°C é ideal, permitindo um bom desenvolvimento inicial das plantas (Ferraz et al., 2012).

A propagação do cupuaçuzeiro pode ocorrer de duas maneiras, sendo elas a via sexuada (por meio de sementes) ou através de processos assexuados, principalmente por enxertia. Embora a primeira opção ainda seja comum, ela apresenta uma grande desvantagem devido à polinização cruzada, resultando em variações significativas nas plantas propagadas. A enxertia, por outro lado, é recomendada para propagar matrizes com características agroindustriais desejáveis, como boa produtividade, alto rendimento de polpa e resistência a pragas e doenças, entre outras (Carvalho; Müller, 2004).

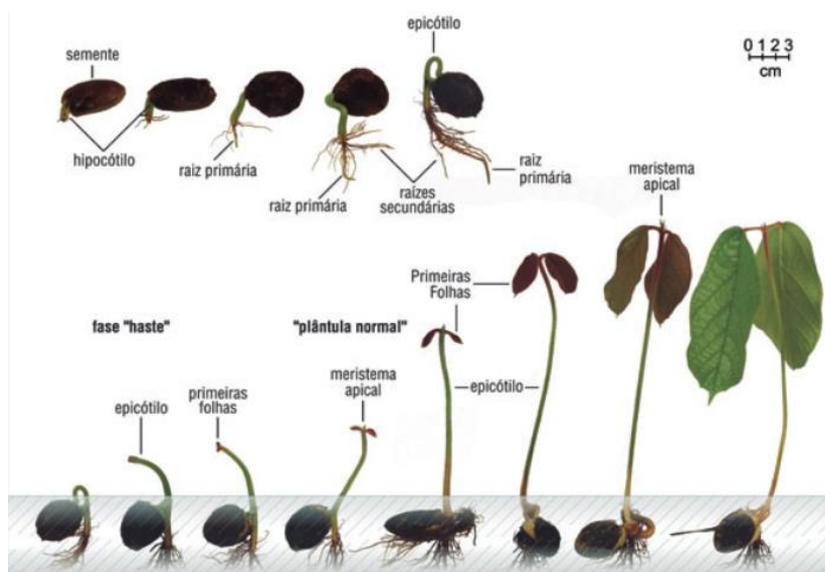
Para o processo de propagação via semente, é necessário a extração da polpa através de processos manuais ou mecânicos. Para garantir que as sementes não percam seu potencial de germinação durante o transporte, recomenda-se a estratificação em um substrato úmido feito de serragem curtida ou vermiculita (Alves et al., 2022).

Segundo Carvalho e Müller (2004) se as sementes forem semeadas imediatamente após a extração, a germinação será rápida e uniforme. As plântulas emergirão cerca de 13 dias após a semeadura e a germinação será concluída no 25º dia. Em condições ideais, o potencial germinativo pode chegar próximo a 100%.

O método de propagação vegetativa do cupuaçuzeiro mais utilizado é a enxertia. Os métodos de enxertia por borbulhia e garfagem de fenda cheia são os mais adotados. Porém, o método mais eficiente com relação ao pegamento de enxerto obtidos pela Embrapa Roraima foi o de borbulhia. A principal justificativa do uso de enxertia na cultura do cupuaçu é multiplicação de plantas matrizes com boas características agronômicas (Primo et al. 2017) e para a formação de pomares com plantas clonais, o que é recomendado principalmente para os clones lançados mais recentemente no mercado (Alves; Chaves, 2019).

Em 2002 foram lançados os primeiros cultivares clonais de cupuaçu pela Embrapa através do melhoramento genético, sendo eles BRS Coari, BRS Codajás, BRS Manacapuru e BRS Belém, que apresentavam boa produtividade e resistência moderada à doença vassoura-de-bruxa, já em 2012 foi lançado o cultivar clonal BRS Carimbó, que tem 16 clones elites como parentais, conferindo ainda a resistência à doença vassoura-de-bruxa e maiores produtividades quando comparado com os cultivares lançados em 2012 (Alves; Ferreira, 2012). Já em 2019 foram lançados 5 cultivares clonais sendo eles, RS Careca, BRS Fatura,

BRS Curinga, BRS Duquesa e BRS Golias, todos com alta resistência à doença vassoura-de-bruxa e alta produtividade em relação aos cultivares de 2002 e 2012 (Alves; Chaves, 2019).



**Figura 2.** Processo germinativo da semente de cupuaçu (Adaptado de Ferraz et al., 2012).

## 5. Desenvolvimento de raízes

O sistema radicular é identificado por uma raiz pivotante forte e longa, geralmente com mais de 2 metros de comprimento, especialmente em solos porosos com uma consistência homogênea de grânulos e uma textura argilo-arenosa. As raízes secundárias são numerosas e superficiais, principalmente concentradas na área da base da planta, alcançando até 6 metros de comprimento em plantas adultas, com muitas raízes laterais. O seu desenvolvimento é caracterizado no início do processo germinativo com o rompimento do tegumento pela raiz primária, que cresce rapidamente e quando atingem um tamanho de 7 a 10 centímetros, estas já apresentam uma quantidade considerável de raízes secundárias (Souza et al., 2006).

## 6. Desenvolvimento do caule

O tronco da planta tem uma casca marrom-escura com fissuras e seu crescimento é pseudoapical. O eixo principal cresce de forma ortotrópica em estádios de 1,0 a 1,5 metros, formando diferentes níveis. Ao final de cada estágio, o tronco se divide em ramos plagiotrópicos, que crescem horizontalmente (Gondim et al., 2011).

## **7. Desenvolvimento das folhas**

Quando são jovens, as folhas têm uma coloração rosada e uma cobertura de pelos, mas, à medida que amadurecem, a cor muda para um verde escuro, podendo alcançar até 30 cm de comprimento e 15 cm de largura. As folhas têm uma ponta afilada, bordas lisas e uma base arredondada (Souza; Alves; Souza, 2017).

Na superfície superior, existem tricomas compostos, estrelados, que são distribuídos de forma esparsa, sem a presença de estômatos. Na superfície inferior, existem dois tipos de tricomas, ambos compostos e estrelados, que podem ter tamanhos diferentes, além disso, há uma alta densidade de estômatos do tipo anômalo e volumoso, embora em menor número do que os tricomas estrelados. As principais nervuras não possuem tricomas, mas existem estômatos distribuídos uniformemente (Ferreira; Nogueira; Damião Filho, 2006).

## **8. Efeitos de fatores ecológicos**

O cupuaçuzeiro cresce naturalmente em áreas de floresta na camada de sub-dossel, em solos tanto de terra firme quanto de várzea alta. Quando cultivado, o cupuaçuzeiro prospera em climas tropicais e condições edafoclimáticas semelhantes às da floresta úmida da Amazônia. Além disso, a cultura está se adaptando bem em áreas que historicamente produzem cacau, como a Bahia e o Espírito Santo (Souza; Alves; Souza, 2017).

A cultura do cupuaçu necessita de sombreamento para expressar sua capacidade máxima produtiva, porém, apenas na fase de estabelecimento de campo (Alves et al., 2022). Até os meados do 4º ano após o plantio em campo, a cultura permite o consórcio com culturas anuais e perenes desde que não haja sombreamento em excesso (Souza; Alves; Souza, 2017). Alves et al. (2022) ainda afirmam que esse sombreamento deve ser reduzido ao passar do tempo, sendo que quando o pomar atingir a estabilização (aproximadamente no 8º ano) esse sombreamento já tenha sido completamente retirado.

## **9. Relações hídricas**

O cupuaçuzeiro tem uma grande demanda por água, tanto na fase inicial do cultivo quanto durante a produção. Na Amazônia, a maioria das chuvas ocorre no primeiro semestre do ano, o que pode levar a uma escassez de água em muitos municípios durante o segundo semestre. Para garantir que as plantas cresçam vigorosamente e de forma uniforme durante a fase de imaturidade e, posteriormente, possam expressar todo o seu potencial produtivo, é necessário fornecer água adicional nos meses críticos (Alves; Ferreira, 2012).

Quando exposto a estresse hídrico, o cupuaçuzeiro apresenta uma interrupção no seu crescimento, perda de folhas, secagem do broto terminal, maior vulnerabilidade a pragas e doenças, e pode chegar a morrer, dependendo da intensidade do déficit hídrico (Gondim et al., 2001).

### **10. Solos, nutrição e micorrizas**

A cultura deve ser implantada se possível em solos férteis e profundos, com textura média ou argilosa e que apresentam boa retenção de água e seja bem drenado, pois ela não tolera encharcamentos. Solos arenosos devem ser evitados devida à baixa fertilidade e fácil ocorrência de lixiviação de nutrientes para as camadas mais profundas onde as raízes do cupuaçuzeiro estão menos concentradas, além disso, solos arenosos retém pouca umidade. A cultura ainda não tolera solos compactados que dificultam o enraizamento ou que afetam a aeração do solo (Souza et al. 2007).

Através da análise do solo é possível realizar antes da abertura das covas, o preparo, correção e adubação do solo, podendo-se realizar junto com o plantio a implantação de culturas que servem de adubação verde ou culturas que servem como sombreamento, como por exemplo a banana. Para a cultura do cupuaçu podem ser utilizados diversos espaçamentos como por exemplo 5x5m, 6x6m e 6x4m correspondendo a 400, 277 e 416 plantas/ha respectivamente. A disposição das plantas pode ser em marcação quadrangular, retangular ou triangular, sendo este último uma opção para se ter um maior número de plantas por hectare. As covas devem apresentar a dimensão de 40 cm de largura, comprimento e profundidade (Primo et al., 2017).

Segundo Souza, Alves e Souza (2017) os macronutrientes mais exigidos pela cultura do cupuaçu em ordem decrescente são nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) e enxofre (S). Já os micronutrientes mais exigidos são ferro (Fe), manganês (Mn), boro (B), zinco (Zn) e cobre (Cu) respectivamente. Os autores ainda afirmam que em relação à exportação, o potássio e o nitrogênio são os macronutrientes mais exportados, enquanto o cobre é o micronutriente mais exportado.

**Tabela 1.** Adubação de cova em cupuaçuzeiro (Adaptado de Souza, 2007).

| <b>Adubação de cova</b>   |
|---|
| 10 L de esterco curtido   |
| 90 g de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (200 g de superfosfato triplo ou 400 g de superfosfato simples) |
| 300 g de calcário dolomítico  |
| 50 g de fritas contendo micronutrientes   |

**Tabela 2.** Recomendação de adubação de manutenção em cupuaçuzeiro (Adaptado de Souza, 2007).

| Idade da planta<br>(anos) | Nutriente (g/planta) |                               |                  |     |    |     |
|---------------------------|----------------------|-------------------------------|------------------|-----|----|-----|
|                           | N                    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | MgO | Zn | B   |
| 0                         | 90                   | --                            | 60               | --  | -- | --  |
| 1                         | 130                  | 60                            | 130              | 15  | -- | --  |
| 2                         | 185                  | 75                            | 185              | 30  | 1  | 0,5 |
| 3                         | 185                  | 126                           | 360              | 30  | 1  | 0,5 |
| 4 ou superior             | 185                  | 135                           | 420              | 30  | 1  | 0,5 |

A relação de simbiose entre micorrizas arbusculares é benéfica para as plantas que crescem em condições de solos de baixa fertilidade, e na cultura do cupuaçu, segundo Silva Junior e Cardoso (2006), a colonização dessas micorrizas pode ser afetada pelo sistema de manejo adotado, sendo que ainda, segundo os autores, a colonização dessas micorrizas na cultura do cupuaçu são predominantes em períodos chuvosos.

## 11. Fotossíntese

O cupuaçuzeiro é uma planta que prefere ambientes sombreados, mas quando cresce, consegue tolerar a exposição direta ao sol e é considerada uma espécie que ajuda a prevenir estresses ambientais. As folhas das plantas do gênero *Theobroma*, incluindo o cupuaçuzeiro, possuem uma camada espessa de cutícula, o que as torna mais resistentes à perda de água por transpiração em ambientes com pouca água disponível. Quando cultivadas em locais ensolarados, as plantas de cupuaçu têm uma taxa de fotossíntese líquida mais alta do que aquelas mantidas na sombra, e essa taxa pode ser ainda maior quando a temperatura é elevada ou há mais água disponível no solo (Figueirêdo et al., 2002).

Palheta (2017) observou que plantas de cupuaçu apresentam alterações no seu metabolismo quando submetidas a 16 dias de restrição hídrica. Essas alterações incluem uma redução na concentração de nitrato, amido e atividade da redutase do nitrato, além de mudanças em variáveis relacionadas às trocas gasosas, exceto pela eficiência instantânea do uso de água. Por outro lado, houve um aumento na concentração de amônio, aminoácidos,

proteínas, prolina glicina, carboidratos, sacarose e açúcares redutores e não redutores. O autor também observou um aumento nas variáveis relacionadas ao metabolismo do carbono.

## 12. Florescimento e frutificação

O cupuaçuzeiro é uma espécie que depende de polinização cruzada para se reproduzir, já que possui uma barreira morfológica contra a autopolinização, formada pela proteção dos estames pela cógula. Além disso, a espécie é auto incompatível. A principal responsável pela polinização do cupuaçuzeiro é a abelha sem ferrão *Plebeia minima*, enquanto as formigas e o coleóptero *Baris* sp. desempenham papéis secundários como polinizadores. A floração da espécie ocorre geralmente durante o período mais seco do ano, entre julho e setembro. (Souza; Alves; Souza, 2017).

Apesar de a floração ocorrer em qualquer horário, é mais comum que se verifique entre 16h e 18h, momento em que mais de 70% das flores se abrem. O estigma permanece receptivo por um período de até 10 horas após a abertura da flor. As flores que não são polinizadas sofrem abscisão entre 41h e 60h após a floração. A viabilidade dos grãos de pólen geralmente é alta, com uma taxa superior a 95% (Alves et al., 2022).

Embora o cupuaçuzeiro apresente uma grande quantidade de flores, o rendimento de frutos é baixo, sendo que apenas entre 0,16% e 1,08% das flores se transformam em frutos maduros. No entanto, alguns genótipos têm uma taxa de conversão mais elevada. A frutificação da espécie ocorre durante o período chuvoso, que vai de outubro a junho, com um pico de produção no primeiro trimestre do ano, especialmente no mês de março. O tempo decorrido entre a polinização e a colheita pode variar de 4,5 meses a 6 meses (Souza et al., 2006).

Os frutos do cupuaçuzeiro apresentam uma ampla variação em suas características físicas e químicas, como peso (0,7 a 3,0 kg), rendimento da polpa (38%) e das sementes (13%), teor de Brix (10,9% a 13,4%), vitamina C (10,5 mg/100g), flavonoides, proteínas e traços de minerais. A acidez natural e a pectina são favoráveis para a fabricação de néctares, geleias e doces pastosos. As sementes possuem altos índices de gordura e proteína. A frutificação começa no terceiro, ano podendo ser irregular entre plantas (Alves et al., 2022).

## 13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

Segundo Souza et al. (2007), para o cupuaçuzeiro se desenvolver adequadamente, é necessário que a temperatura média anual fique entre 21,6°C e 27,5°C, com uma umidade relativa do ar entre 77% e 88%. Além disso, o regime pluviométrico ideal varia entre 1.900 e

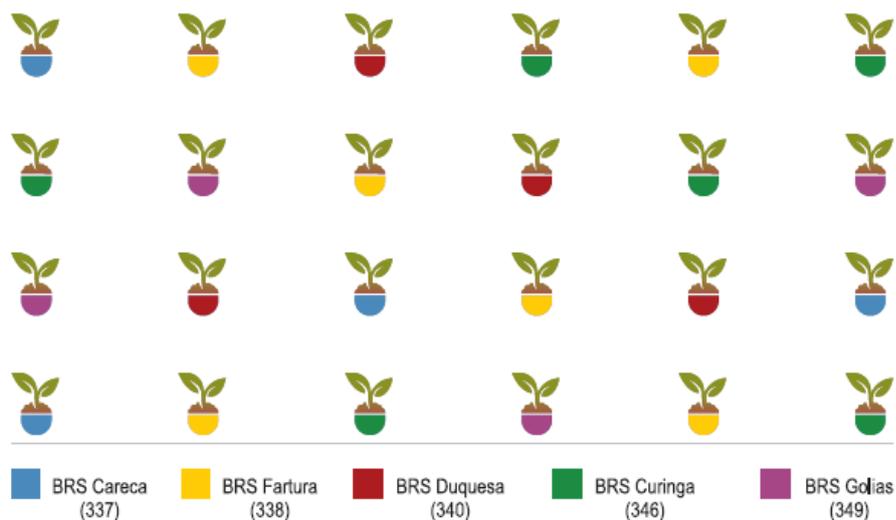
3.100 mm, sendo mais importante a distribuição das chuvas ao longo do ano do que a quantidade total anual.

O cupuaçuzeiro é prejudicado por ventos fortes, especialmente durante a produção, pois pode levar à quebra do galho ou da própria planta devido ao peso dos frutos. Além disso, ventos fortes também podem resultar na queda prematura de folhas e flores. A cultura do cupuaçuzeiro é mais adequada em locais com altitudes semelhantes às dos estados produtores da região Norte, como Amazonas e Pará, onde a altitude varia entre 10m e 106m (Souza; Alves; Souza, 2017).

#### **14. Estratégias para altas produções**

O cupuaçu, por se tratar de uma planta alógama, necessita da polinização cruzada para produzir, logo, a implantação de pomares com um único clone se torna inviável, sendo necessário então o uso de dois ou mais clones para a implantação do pomar para que assim seja possível ocorrer a polinização cruzada via insetos e viabilizar a produtividade. Apesar de ser recomendado o uso de dois ou mais clones, a disposição destes não pode ser em blocos monoclonais, ou seja, é necessário intercalar tanto entre clones quanto entre blocos (Figura 3), segundo Alves (2005).

Dar preferência aos clones que foram desenvolvidos mais recentemente como, por exemplo, BRS Careca, BRS Fartura, BRS Duquesa, BRS Curinga e BRS Golias, pois estes além de apresentar resistência à vassoura-de-bruxa (fungo *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime & Phillips-Mora), apresentam dupla aptidão: alto rendimento de polpa e de sementes, com qualidade tecnológica da polpa superior às variedades lançadas no mercado (Alves; Chaves, 2019).



**Figura 3.** Plantio policlonal com alternância para uma produção eficiente (Adaptado de Alves e Chaves, 2019).

Dar prioridade para implantação do pomar de cupuaçu em solos férteis, corrigidos e bem preparados e ainda realizar análise e correção do solo nos anos posteriores para manter sempre o solo bem condicionado. Utilizar os espaçamentos adequados para a cultura de 5x5 m, 6x6 m e 6x4 m para que facilite o monitoramento de pragas e doenças, dos tratamentos culturais e principalmente da colheita e transporte, além de permitir a implantação de culturas intercalares (Souza, 2007).

É recomendável realizar a poda de formação a partir do primeiro ano, eliminando ramos próximos ao solo nas mudas e brotações no porta-enxerto. A poda de formação em mudas enxertadas deve decapitar o fuste do enxerto a 50 cm ou 60 cm de altura para estimular o desenvolvimento de ramos laterais. É importante também fazer a poda de limpeza após a safra para remover ramos e frutos secos e ervas de passarinho. A poda fitossanitária é indispensável para o controle da doença vassoura-de-bruxa, onde ramos com vassouras devem ser podados e frutos com sintomas da doença eliminados (Souza; Alves; Souza, 2017).

Realizar monitoramento de pragas e doenças, principalmente da broca dos frutos (gênero *Conotrachelus*) e da vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*), sendo necessário realizar o manejo destes quando presentes no pomar. Além disso, a cultura não tolera longos períodos de déficit hídrico, logo, é interessante lançar mão ao uso de irrigação nos períodos de estiagem prolongada (Primo et al., 2017).

#### 14. Senescência e aproveitamento de resíduos

O aproveitamento do cupuaçu pode ser feito através de todas as suas partes, permitindo a produção de diversos subprodutos. O uso da polpa é diverso e muito aceito pelos

consumidores, uma vez que o sabor da polpa é bem acentuado e se preserva nos produtos processados. As sementes são ricas em gorduras e são destinadas à indústria de cosméticos e também alimentícia. Já a casca apresenta potencial para geração de energia, artesanato, biojóias além da própria compostagem (Santos et al., 2004).

Os resíduos das podas fitossanitárias, incluindo ramos com vassouras, folhas, frutos mumificados e cascas de frutos infectados pelo fungo *Moniliophthora perniciosa*, podem ser aproveitados na produção de composto orgânico ou devem ser enterrados para evitar infestações graves da doença. As folhas não contaminadas que caem naturalmente devem ser deixadas no chão sob a copa do cupuaçuzeiro, preservando a umidade do solo, para evitar rachaduras nos frutos durante a maturação (Primo et al., 2017).

## Referências

ALVES, R.M. **Recomendações técnicas para o plantio de clones de cupuaçuzeiro**. Belém: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005. 4 p. (Comunicado Técnico, 151).

ALVES, R.M.; CHAVES, S.F.S. **Novas cultivares de cupuaçuzeiro da EMBRAPA Amazônia Oriental**: características e propagação. Brasília: EMBRAPA, 2019. 50 p.

ALVES, R.M.; FERREIRA, F.N. **BRS carimbó**: a nova cultivar de cupuaçuzeiro da Embrapa Amazônia Oriental. Belém: EMBRAPA, 2012. (Comunicado Técnico, 232).

ALVES, R.M. et al. *Theobroma grandiflorum*: cupuaçu. CORADIN, L.; CAMILLO, J.; VIEIRA, I.C.G. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: plantas para o futuro - região norte. Brasília: MMA, 2022. 1452 p. Disponível em: <[tps://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/manejo-e-uso-sustentavel/flora](https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/manejo-e-uso-sustentavel/flora)>. Acesso em: 10 abr. 2023.

CARVALHO, J.E.U.; MÜLLER, C.H. **Propagação do cupuaçuzeiro**. Belém: EMBRAPA, 2004. (Comunicado Técnico, 116).

CUATRECASAS, J.A. Cocoa and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. **Contributions from the United States National Herbarium**, Washington, v. 35, n. 6, p. 32-46, 1964.

FERRAZ, I.D.K. et al. Critérios morfológicos e temperatura para avaliação da germinação das sementes de cupuaçu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 905-914, set. 2012.

FERREIRA, M.G.R.; NOGUEIRA, A.E.; DAMIÃO FILHO, C.F. **Estudo morfológico de folhas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.)**. Porto Velho: EMBRAPA Rondônia, 2006. 12 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 33).

FIGUEIRÊDO, F.J.C. et al. Taxa fotossintética de cupuaçuzeiros cultivados ao sol e à sombra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: SBF, 2002.

GONDIM, T.M.S. et al. **Aspectos da produção de cupuaçu.** Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2001. 43 p. (Documento, 67).

PALHETA, J.G. **Estudo ecofisiológico e bioquímico de progênies de cupuaçuzeiro *Theobroma grandiflorum* submetidas à deficiência hídrica.** 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2017p.

PRIMO, H.E.L. et al. **Técnicas para o cultivo do cupuaçuzeiro.** Brasília: EMBRAPA, 2017. 61 p.

SANTOS, E.C.S. et al. Aproveitamento da casca do cupuaçuzeiro para a produção de energia. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas. **Proceedings...** Campinas: Centro de Desenvolvimento Energético Amazônico, 2004.

SILVA JUNIOR, J.P.; CARDOSO, E.J.B.N. Micorriza arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 819-825, 2006.

SOUZA, A.G.C.; ALVES, R.M.; SOUZA, M.G. **Cupuaçu: *Theobroma grandiflorum*.** Calli: IICA, 2017. 23 p.

SOUZA, A.G.C. et al. **Cupuaçu: manejo, produção e processamento.** Fortaleza: Instituto Frutal, 2006. 134 p.

SOUZA, A.G.C. et al. **Boas práticas agrícolas da cultura do cupuaçuzeiro.** Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2007. 56 p.



# ESPINAFRE



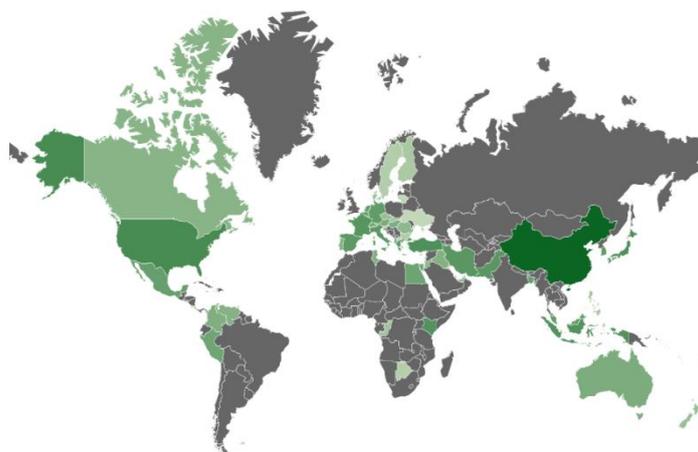
**ESPINAFRE** (*Spinacia oleracea*)

Vinicius Pires Rezende

## **1. Origem e distribuição geográfica**

O espinafre (*Spinacia oleracea* L.) é um dos vegetais mais antigos conhecidos pela humanidade e é cultivado na Pérsia há mais de 2.000 anos. A partir daí, o espinafre se espalhou para outras partes do mundo, incluindo a Índia, onde foi introduzido por monges budistas. No século VIII, o espinafre foi trazido para a Espanha pelos mouros e cultivado em jardins ornamentais. Desde então, o espinafre tornou-se restrito em toda a Europa e tornou-se amplamente popular na culinária mediterrânea. O espinafre era conhecido como o "vegetal persa" na Europa medieval e sua popularidade aumentou em toda a Europa no século XIII. O espinafre foi trazido para a América pelos colonos espanhóis e rapidamente se tornou popular em toda a América no século XIX. Sua distribuição geográfica é muito ampla e depende do clima e das condições geográficas de cada região. Na Europa, o espinafre é cultivado principalmente na Espanha, França e Itália, mas também é plantado em muitos outros países, como Alemanha, Holanda, Reino Unido e Polônia. Na América do Norte, nos Estados Unidos

nos estados da Califórnia, Arizona e Texas, e no Canadá na Colúmbia Britânica, são as principais regiões de cultivo de espinafre. Na América do Sul, o espinafre é cultivado principalmente no Chile e no Peru, e na África, principalmente no Egito e na África do Sul. Na Ásia, o espinafre é cultivado principalmente na China, Índia e Irã, mas também é cultivado em muitos outros países, como Japão, Coreia do Sul e Taiwan. Além desses países, o espinafre também é cultivado em muitas outras partes do mundo, incluindo Austrália, Nova Zelândia e em muitos países da América Central e do Caribe (Metzger; Zeevaart, 2019).



**Figura 1.** Distribuição geográfica mundial do espinafre (Adaptado a partir das informações apresentadas em AtlasBig, 2018).

Essa ampla distribuição geográfica se deve à capacidade do espinafre de se adaptar a diferentes climas e condições de solo, tornando-o uma hortaliça altamente valorizada em todo o mundo por seu alto valor nutricional e culinária versátil. Conforme mostrado na Tabela 1, a China é um dos maiores produtores de espinafre do mundo, seguida pelos Estados Unidos, Japão e Turquia (Gunes; Dogu-Baykut, 2018).

**Tabela 1.** Produção de espinafre em diferentes países do mundo nos anos de 2000 a 2007. Quantidade expressa em 1000 toneladas (Adaptado de FAO, 2009).

| Countries         | 2000  | 2001  | 2002   | 2003   | 2004   | 2005   | 2006   | 2007   |
|-------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| China             | 6,961 | 7,411 | 9,011  | 10,011 | 10,811 | 11,011 | 11,612 | 12,000 |
| USA               | 346   | 284   | 306    | 362    | 402    | 433    | 345    | 360    |
| Japan             | 316   | 319   | 312    | 311    | 289    | 298    | 299    | 302    |
| Turkey            | 205   | 210   | 220    | 220    | 213    | 238    | 242    | 225    |
| Republic of Korea | 121   | 127   | 113    | 112    | 119    | 109    | 104    | 100    |
| France            | 109   | 112   | 114    | 117    | 111    | 117    | 114    | 115    |
| Italy             | 91    | 90    | 86     | 86     | 95     | 99     | 97     | 90     |
| Belgium           | 75    | 43    | 77     | 77     | 85     | 96     | 100    | 101    |
| Pakistan          | 74    | 76    | 78     | 80     | 87     | 87     | 85     | 85     |
| Indonesia         | 66    | 64    | 71     | 109    | 108    | 124    | 149    | 179    |
| Spain             | 62    | 48    | 56     | 55     | 54     | 62     | 65     | 66     |
| Germany           | 60    | 59    | 55     | 57     | 59     | 69     | 55     | 59     |
| Netherlands       | 54    | 49    | 43     | 43     | 40     | 43     | 41     | 43     |
| Egypt             | 48    | 45    | 45     | 41     | 57     | 49     | 49     | 48     |
| Greece            | 40    | 37    | 40     | 42     | 42     | 48     | 46     | 44     |
| World (Total)     | 9,452 | 9,176 | 10,826 | 11,946 | 12,792 | 13,101 | 13,638 | 14,047 |

No Brasil, consome-se além do espinafre verdadeiro, o espinafre-da-Nova-Zelândia, também conhecido como tetragonia (*Tetragonia tetragonioides*). A distribuição geográfica no Brasil é mais restrita em comparação ao espinafre comum (*Spinacia oleracea*), uma vez que o cultivo do espinafre-da-Nova-Zelândia é mais recente e ainda está em processo de expansão. No entanto, algumas regiões têm se destacado na produção dessa planta.

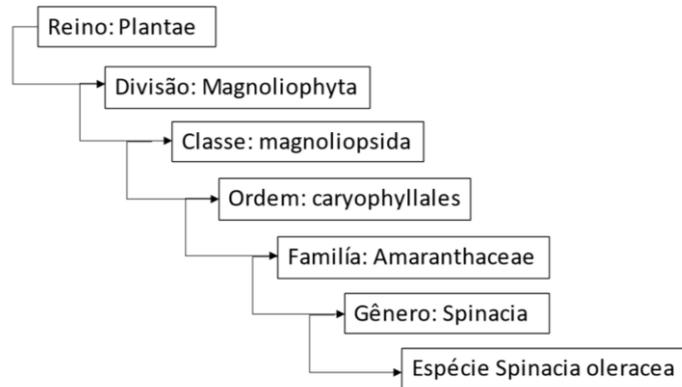
A Região Sudeste tem sido uma das principais regiões de cultivo do espinafre-da-Nova-Zelândia no Brasil. Especificamente, os estados de São Paulo e Rio de Janeiro têm apresentado um maior interesse e desenvolvimento nesse tipo de cultivo. O clima subtropical e a presença de áreas costeiras nessas regiões oferecem condições propícias para seu crescimento, sendo uma planta adaptada a ambientes litorâneos.

Além disso, outras regiões do país, como o litoral do estado de Santa Catarina e a região costeira do Rio Grande do Sul, também demonstraram potencial para o cultivo dessa planta devido à sua proximidade com o mar e às condições climáticas adequadas.

É importante ressaltar que o espinafre-da-Nova-Zelândia tem uma maior tolerância ao solo salino e às condições de beira-mar, o que o torna uma opção interessante para o cultivo em áreas costeiras ou sujeitas à salinidade do solo. Além disso, essa planta possui um sistema radicular profundo, o que lhe confere maior capacidade de absorção de água e nutrientes, sendo uma alternativa interessante para regiões com menor disponibilidade hídrica (Leal, 2018).

## 2. Classificação botânica

Taxonomicamente, o espinafre é uma planta pertencente ao reino Plantae, que inclui todas as plantas. É classificado na família das magnoliófitas, também conhecidas como angiospermas, e inclui todas as plantas com flores e frutíferas. Dentro deste departamento, o espinafre é classificado na classe Magnoliopsida, que inclui plantas com flores e folhas verdadeiras. A classificação é mostrada na Figura 2. O espinafre pertence à ordem Caryophyllaceae, que também inclui outras plantas comestíveis, como beterraba e quinoa. Dentro desta ordem, o espinafre é classificado na família Amaranthaceae, que compreende cerca de 900 espécies de plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas. O gênero do espinafre é *Spinacia* e a espécie é *Spinacia oleracea*. Existem muitas variedades de espinafre que diferem em forma de folha, sabor e tamanho. As variedades mais conhecidas incluem o espinafre savoy, que tem folhas enrugadas e é usado principalmente em saladas, e o espinafre de folhas planas, que é o mais comum e usado em diversos pratos (Cronquist, 1981).



**Figura 2.** Classificação taxonômica da família gênero *Spinacia* que engloba o espinafre (*Spinacia oleracea*).

### 3. Morfologia e anatomia

O espinafre cresce entre 30 a 60 cm de altura. As folhas são largas e planas com bordas inteiras ou irregulares. As folhas variam em cor de verde claro a verde escuro e têm uma textura de superfície lisa ou enrugada, dependendo da variedade (Jardineiro, 2013; Leal, 2018). Eles consistem na epiderme, a camada externa de células que cobre a superfície da folha. Abaixo da epiderme há uma camada de células contendo cloroplastos, as organelas responsáveis pela fotossíntese. Essas células do mesofilo constituem dois parênquimas: paliçádico e lacunoso. As folhas de espinafre possuem feixes vasculares em seus centros que transportam água e nutrientes das raízes para as folhas. Os feixes vasculares são compostos por dois tipos de tecido: xilema e floema. O xilema é responsável pelo transporte de água e nutrientes das raízes para as folhas, enquanto o floema transporta açúcares e outros nutrientes produzidos nas folhas para o restante da planta.

As raízes de espinafre geralmente consistem em uma raiz principal e várias raízes acessórias menores. As raízes são delgadas e crescem quase verticalmente no solo, às vezes até uma profundidade de 30 cm ou mais. São compostas por vários tipos de tecidos. A superfície da raiz promove a absorção de água e nutrientes do solo. O endoderma é a camada interna que protege o xilema e o floema na raiz (Taiz et al., 2017).

Os caules do espinafre são eretos, cilíndricos e não ramificados na base, com folhas crescendo diretamente do caule. Geralmente não é muito desenvolvido e pode crescer até 30 cm. A maior parte do crescimento ocorre dentro das folhas. Geralmente é fino e verde é constituído de tecidos conhecidos como colênquima e esclerênquima, fibras que promovem a sustentação das plantas.

As flores de espinafre, as quais se desenvolvem em espigas, são muito pequenas. Os frutos são aquênios, cada um contendo apenas uma semente, pequena e esférica, de coloração marrom claro, com cerca de 3 mm de diâmetro (Jardineiro, 2013).

#### **4. Germinação**

A germinação do espinafre é um processo relativamente simples que começa com a semeadura em solo úmido e bem drenado que leva à transformação das sementes em plântulas. A primeira etapa da germinação é a absorção de água pelas sementes. A água penetra nas camadas externas da semente, iniciando o processo de reativação metabólica. A hidratação adequada é essencial para ocorrer às reações bioquímicas que levam à germinação. Com a absorção de água, as enzimas internas da semente são ativadas, iniciando processos metabólicos. As enzimas quebram as reservas de amido e proteínas presentes na semente em substâncias menores, que serão utilizadas como fonte de energia para o crescimento da plântula. À medida que a água é absorvida, ocorre a expansão dos tecidos. A casca da semente se rompe e uma pequena raiz emerge, promovendo a fixação no solo (Taiz et al., 2017).

A radícula é a primeira estrutura a emergir da semente. Ela se desenvolve em uma raiz primária, que se estende para baixo, absorvendo água e nutrientes do solo, sendo essencial para o desenvolvimento da planta. Já os cotilédones são estruturas de fornecimento de nutrientes encontrados nas sementes das plantas. No caso do espinafre, são os primeiros órgãos a emergirem da semente. Eles são responsáveis pela absorção inicial de luz e desempenham um papel importante na nutrição inicial da plântula. À medida que a plântula continua a crescer, as folhas verdadeiras começam a se formar, ocorrendo descarte dos cotilédones. Essas folhas são diferentes e apresentam a forma característica da planta adulta. Elas são responsáveis pela atividade fotossintética produtora dos carboidratos utilizados para o desenvolvimento da planta.

As sementes de espinafre são geralmente semeadas a uma profundidade de cerca de 1 cm e o espaçamento entre as sementes é de cerca de 10 cm. A temperatura ideal de germinação é de cerca de 15-20°C e a germinação dura 7-14 dias. Uma vez que as sementes começam a germinar, o espinafre precisa de muita luz solar e água para crescer com vigor (Nešković et al., 1988).

#### **5. Propagação vegetativa**

No espinafre, a propagação vegetativa ocorre a partir de folhas e caules. As folhas são cortadas da planta matriz e plantadas em solo úmido para formar raízes. Folhagem saudável e

sem danos é importante para a produção de uma muda adequada. Uma vez que as raízes se desenvolveram, a planta pode ser transplantada para um local permanente.

Embora a propagação por sementes seja o método mais comum para o espinafre, a propagação vegetativa pode ser utilizada em certas situações específicas. Existem dois métodos principais de propagação vegetativo do espinafre: estacas e divisão de touceiras.

Na propagação por estacas, deve-se escolher plantas saudáveis e vigorosas para serem utilizadas como plantas matriz, com folhas verdes e sem sinais de doenças ou danos. As estacas são de 10 a 15 centímetros de comprimento e devem ser retiradas da porção superior da planta, onde o crescimento é mais ativo. A remoção das folhas inferiores da estaca evita a perda excessiva de água.

Já na propagação por divisão de touceiras, deve-se selecionar uma planta matriz saudável e madura, desenterrando-a do solo e tomando cuidado para não danificar suas raízes. Posteriormente, deve-se dividir a planta matriz em várias partes, garantindo que cada divisão tenha raízes saudáveis e folhas verdes. Finalmente, planta-se cada divisão em local adequado, garantindo que as raízes estejam cobertas com solo, mantendo o solo úmido para promover o enraizamento adequado das frações (Silva et al., 2006).

## **6. Desenvolvimento de raízes e micorrizas**

O desenvolvimento de raízes do espinafre (*Spinacia oleracea*) é um processo vital para o crescimento e sustentação da planta. A primeira estrutura a emergir da semente é a radícula, que se desenvolve em uma raiz primária. A radícula penetra no solo e serve como sustentação da planta. A raiz primária continua a crescer e se ramifica, formando raízes secundárias. Esse crescimento radicular é responsável pela expansão e exploração do solo para obtenção de água e nutrientes. O comprimento e a densidade das raízes variam de acordo com as condições do solo e a disponibilidade de recursos (Ryder, 1979).

As raízes possuem três diferentes regiões, sendo elas zona de alongamento, zona pilífera e zona de ramificação. A zona de alongamento é uma região na extremidade da raiz, onde as células radiculares se alongam, permitindo que ela penetre mais profundamente no solo. Esse alongamento é impulsionado pela divisão e expansão celular, aumentando o comprimento da raiz. Já a zona pilífera é uma área logo acima da zona de alongamento, onde estão localizados os pelos absorventes das raízes. Esses pelos são estruturas finas e ramificadas, aumentando a área superficial das raízes para melhor absorção de água e nutrientes. Os pelos absorventes são essenciais para a captação eficiente de água e nutrientes do solo. Sendo assim, na medida em que as raízes continuam a crescer, elas se ramificam,

formando raízes laterais adicionais. Essa ramificação aumenta a área de absorção das raízes, permitindo uma maior exploração do solo para obtenção de recursos.

As raízes do espinafre podem formar uma simbiose com fungos micorrízicos. Essa relação simbiótica mutualística beneficia tanto a planta quanto o fungo. Os fungos micorrízicos ajudam a aumentar a capacidade das raízes em absorver nutrientes, especialmente fósforo, enquanto a planta fornece ao fungo carboidratos produzidos por meio da fotossíntese. As raízes também podem atuar como órgãos de armazenamento de nutrientes e reservas de energia. Durante o crescimento vegetativo, as raízes acumulam carboidratos, amido e outros compostos, que são utilizados posteriormente no desenvolvimento de flores, frutos e sementes.

O desenvolvimento saudável das raízes do espinafre é fundamental para garantir o acesso adequado à água e nutrientes, o que impacta diretamente no crescimento e produtividade. Condições favoráveis de solo, incluindo boa drenagem, aeração adequada, pH balanceado e teor adequado de nutrientes, são essenciais para promover o desenvolvimento radicular ideal do espinafre (Taiz et al., 2017).

## **7. Desenvolvimento do caule**

O desenvolvimento do caule é responsável por sustentar as folhas, flores e frutos da planta, além de facilitar o transporte de água, nutrientes e açúcares entre diferentes partes da planta. Após a germinação, a estrutura a emergir da semente é o caule embrionário. Ele se desenvolve a partir do eixo hipocótilo, que conecta a raiz primária à plântula em crescimento. Nessa fase inicial, o caule é muito curto e a planta é predominantemente composta pelas folhas cotiledonares. (Metzger; Zeevaart, 2019)

À medida que a plântula cresce, o caule se alonga e o número de folhas verdadeiras aumenta. O crescimento do caule é impulsionado pela divisão e expansão celular na região meristemática localizada nas extremidades das brotações e nos bordos foliares. O caule é relativamente curto, no entanto, ele pode se ramificar, especialmente quando plantas são cultivadas em alta densidade. Essa ramificação contribui para a formação de touceiras compactas.

O caule do espinafre apresenta nós e entrenós bem definidos. Os nós são áreas onde as folhas se inserem no caule, enquanto os entrenós se encontram entre essas folhas. Os entrenós são responsáveis pelo alongamento do caule, permitindo que as folhas se espalhem e recebam luz solar de maneira eficiente. Além disso, dentro do caule encontram-se os tecidos condutores, responsáveis pelo transporte de água, nutrientes e açúcares entre as diferentes

partes da planta. O xilema é o tecido que transporta a seiva bruta, contendo água e nutrientes minerais absorvidos pelas raízes. Já o floema é o tecido que transporta a seiva elaborada, rica em açúcares produzidos pela fotossíntese nas folhas, para as outras partes da planta (Taiz et al., 2017).

Há uma grande flexibilidade e resistência do caule do espinafre, promovidas pelos sistemas de sustentação, suportando o peso das folhas, flores e frutos. Isso permite que a planta resista a ventos e outros estresses mecânicos sem se quebrar ou tombar.

## **8. Desenvolvimento das folhas**

O desenvolvimento das folhas do espinafre é um processo essencial para o crescimento e a produção de alimentos dessa hortaliça. À medida que a plântula cresce, as folhas verdadeiras começam a se formar. Elas surgem a partir do ponto de crescimento no ápice do caule e se desenvolvem em pares opostos. As folhas verdadeiras têm uma lâmina foliar ampla, com formato lanceolado, oval ou elíptico, dependendo da variedade do espinafre. Cada folha verdadeira é sustentada por um pecíolo, que é uma haste curta que conecta a lâmina foliar ao caule. Os pecíolos do espinafre são relativamente curtos. Na base do pecíolo, encontramos a bainha, uma estrutura em forma de taça que envolve parcialmente o caule (Jardineiro, 2013).

As folhas do espinafre podem ter margens lisas ou levemente onduladas. A lâmina foliar é carnosa e possui uma textura lisa e brilhante. A superfície das folhas do espinafre é coberta por uma camada de células epidérmicas, que protege a folha contra a perda excessiva de água e danos físicos. Essas células epidérmicas podem conter tricomas, que são estruturas pilosas ou glandulares. Nos tricomas glandulares, podem ser produzidas substâncias químicas de defesa contra pragas e patógenos (Leal, 2018).

Já internamente, a folha do espinafre possui várias camadas de tecidos. A epiderme é a camada mais externa, seguida pelo parênquima clorofiliano, onde ocorre a fotossíntese. No parênquima clorofiliano, estão localizados os cloroplastos, que contêm clorofila. Além disso, há tecidos condutores, como xilema e floema. As folhas do espinafre estão dispostas de forma alternada ao longo do caule, formando uma roseta basal. Essa disposição permite que as folhas tenham um melhor acesso à luz solar, maximizando a absorção de energia para a fotossíntese.

## **9. Efeitos de fatores ecológicos**

Vários fatores ecológicos podem afetar o crescimento, a qualidade e a produtividade de espinafre. Alguns dos principais impactos desses fatores ambientais no cultivo de espinafre estão listados abaixo.

### **9.1 Temperatura**

Na germinação, a faixa de temperatura ideal está entre 10°C e 20°C, sendo o intervalo ótimo em torno de 15°C a 18°C. Temperaturas mais baixas podem retardar a germinação, enquanto temperaturas mais altas podem inibir ou reduzi-la. É importante manter a temperatura do solo dentro dessas faixas para garantir uma germinação rápida e uniforme.

Durante o estágio de crescimento vegetativo do espinafre, temperaturas moderadas são favoráveis ao seu desenvolvimento adequado. A faixa de temperatura ideal para o crescimento vegetativo do espinafre está entre 15°C e 20°C. Essas temperaturas promovem um crescimento foliar vigoroso, permitindo a formação de touceiras compactas. Temperaturas mais altas podem levar ao desenvolvimento de plantas finas e estioladas, com crescimento inadequado das folhas (Leal, 2018).

Para evitar a floração precoce e a formação de sementes indesejáveis, é recomendado o cultivo de espinafre em épocas do ano em que a temperatura é mais amena, como o outono e a primavera (Ryder, 1979).

Além disso, é uma planta tolerante ao frio e pode suportar temperaturas baixas. No entanto, temperaturas extremamente baixas, abaixo de -5°C podem causar danos às folhas e ao crescimento da planta. Por outro lado, temperaturas muito altas, acima de 30°C, podem levar ao estresse térmico e ao desenvolvimento de problemas como a floração precoce e diminuição da qualidade das folhas. É importante evitar o cultivo do espinafre em períodos de temperaturas extremas para obter melhores resultados (Nešković et al, 1988).

### **9.2 Luminosidade**

O espinafre precisa de luz para crescer, mas não tolera luz solar intensa e direta. Muito sol pode fazer com que as folhas sequem e fiquem amarelas. Em vez disso, é mais indicado plantar espinafre em uma área com sombra parcial ou onde a luz do sol é bloqueada por árvores ou outras plantas.

A quantidade de luz necessária para cultivar espinafre depende do estágio de crescimento da planta. Durante a germinação e os estádios iniciais de desenvolvimento, as plantas precisam de luz suave e uniforme para um crescimento adequado. Durante a fase de

crescimento das folhas, as plantas requerem luz mais intensa para o processo fotossintético. Em condições de dias longos e alta intensidade de luz, a planta pode entrar na fase reprodutiva mais rapidamente, levando à formação de flores e posterior produção de sementes. Para a produção de espinafre folhoso, é importante evitar a exposição prolongada à radiação solar intensa, especialmente durante o período de crescimento vegetativo. Durante o estágio de maturação, as plantas requerem luz moderada para sustentar a produção de folhas. A duração do dia também pode afetar o crescimento do espinafre e a produção de folhas (Metzger; Zeevaart, 2019). O espinafre é uma planta de dias curtos, o que significa que é sensível ao fotoperíodo (duração do dia). Em temperaturas mais altas, a resposta ao fotoperíodo é acentuada, com tendência a um maior crescimento floral e aceleração do desenvolvimento reprodutivo.

### **9.3 Umidade**

O espinafre precisa de água suficiente para crescer e produzir folhas adequadas. A falta de umidade pode reduzir a produção de folhas e o excesso dela pode promover o desenvolvimento de doenças fúngicas, como oídio e míldio. Manter o solo úmido e não encharcado é importante para um bom crescimento do espinafre (Leal, 2018).

Durante a germinação, a umidade é essencial para a ativação das enzimas e para a absorção de água pelas sementes. A falta de umidade adequada pode retardar ou inibir a germinação das sementes. É importante manter o solo constantemente úmido durante o estágio de germinação para garantir uma taxa de germinação satisfatória.

Durante o crescimento vegetativo, o espinafre requer um suprimento adequado de água para o desenvolvimento das folhas. A falta de umidade suficiente pode levar ao murchamento das folhas, redução da área foliar e crescimento lento da planta. O espinafre é uma cultura que prefere solos úmidos, mas é importante evitar o encharcamento, que pode levar ao apodrecimento das raízes. Além disso, em condições de baixa umidade, os estômatos tendem a fechar, reduzindo a perda de água, mas também limitando a entrada de dióxido de carbono necessário para a fotossíntese. Portanto, um ambiente com umidade adequada é importante para manter uma taxa de fotossíntese eficiente.

A frequência e a quantidade de irrigação dependem das condições climáticas, do tipo de solo e da fase de crescimento da cultura (Kerbaui, 2004).

## 10. Relações hídricas

As relações hídricas do espinafre envolvem uma série de processos que ocorrem entre a planta e a água que a cerca. Esses processos incluem a absorção, transporte e perda de água pelas plantas que são críticos para o crescimento, desenvolvimento e sobrevivência das plantas de espinafre. O espinafre absorve água através de suas raízes, sendo que os pelos radiculares aumentam a área de contato com o solo, incrementando, assim, a absorção de água e nutrientes. A água é transportada da raiz para o caule e folhas pelo xilema e floema. A água é transportada passivamente através do xilema em decorrência da transpiração foliar. A perda de água pela transpiração cria uma pressão negativa no interior do xilema. Além da transpiração, o espinafre também pode perder água por gutação. A gutação ocorre nos bordos foliares quando a pressão da raiz é maior que a pressão de vapor da atmosfera, fazendo com que a água seja eliminada pelos hidatódios que se encontram nas bordas das folhas. A quantidade de água que o espinafre perde por transpiração depende diretamente da umidade relativa do ar (Leal, 2018).

## 11. Solos, nutrição e micorrizas

O espinafre é uma planta que requer solo bem drenado com textura franco-arenosa ou franco-argilosa, rico em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio. O nitrogênio é essencial para a produção de clorofila e crescimento das folhas de espinafre; o fósforo é importante para a formação de raízes e flores, e o potássio é necessário para o desenvolvimento de toda a planta e produção de frutos.

O espinafre cresce melhor em solos com um pH entre 6,0 e 7,5. A presença de matéria orgânica no solo é benéfica para seu cultivo, pois melhora sua estrutura, aumenta a capacidade de retenção de água e nutrientes, e promove atividade microbiana benéfica. A adição de fertilizantes orgânicos ao solo, como esterco e composto, aumenta a atividade micorrízica e melhora a disponibilidade de nutrientes para o espinafre. Além disso, a rotação de culturas e a adição de culturas de cobertura do solo podem ajudar a manter a fertilidade e melhorar a vigor das plantas de espinafre (Ryder, 1979).

As micorrizas são simbioses entre as raízes das plantas e fungos do solo que ajudam as plantas a absorver água e alguns nutrientes. As micorrizas colonizam as raízes das plantas e formam uma rede de filamentos que se estendem pelo solo, onde absorvem água e nutrientes.

Além disso, as micorrizas possibilitam ao espinafre maior tolerância às doenças e estresses ambientais, como seca e salinidade do solo. No caso do espinafre, as micorrizas arbusculares, que são mais comuns e importantes em culturas de hortaliças, são estabelecidas

por fungos pertencentes à ordem Glomeromycota, como os gêneros *Rhizophagus*, *Glomus* e *Funneliformis*. Esses microrganismos estabelecem uma relação mutualística com as raízes do espinafre, formando estruturas chamadas arbúsculos nas células corticais das raízes. Esses arbúsculos são ramificações que facilitam a troca de nutrientes entre os fungos e as plantas (Taiz et al., 2017).

## 12. Fotossíntese e translocação

A fotossíntese é um processo importante para o espinafre, pois produz carboidratos a partir da energia solar. Durante a fotossíntese, as folhas de espinafre captam a energia solar e a utilizam para converter dióxido de carbono e água em glicose e oxigênio. A fotossíntese ocorre nas células verdes das folhas de espinafre, que contêm clorofilas e outros pigmentos responsáveis pela absorção da luz solar (Kerbauy, 2004).

A translocação de água e nutrientes ocorre principalmente através do xilema, que consiste em células especializadas chamadas traqueídes. Essas células formam tubos condutores contínuos que se estendem desde as raízes até as partes superiores da planta, como caule, folhas e flores. A transpiração nas folhas cria uma pressão negativa (tensão) na coluna de água do xilema, fazendo com que a água e os nutrientes ascendam contra a gravidade. Esse processo é conhecido como ascensão da seiva bruta. A água transportada pelo xilema para as folhas é fundamental para exercer a pressão hidrostática que conduzirá os carboidratos da fonte (folhas) para os drenos da planta.

A fase clara da fotossíntese ocorre nos tilacóides dos cloroplastos, organelas responsáveis pela realização do processo fotossintético. Durante essa fase, a luz solar é captada pela clorofila e outros pigmentos, transferindo energia para os elétrons no ciclo de Hill- Bendall. A energia transferida é utilizada para a produção de trifosfato de adenosina (ATP) e de nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato reduzido (NADPH), que são moléculas transportadoras de energia. Já a fase escura, também conhecida como ciclo de Calvin, ocorre no estroma dos cloroplastos. Nessa fase, as moléculas de ATP e NADPH geradas na fase clara são utilizadas para converter o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em carboidratos, principalmente sacarose. Esse processo envolve uma série de reações químicas que transformam o CO<sub>2</sub> em compostos orgânicos, utilizando a energia armazenada nas moléculas de ATP e NADPH.

As células usam a energia absorvida para dividir as moléculas de água em hidrogênio e oxigênio, liberar o oxigênio na atmosfera e usar o hidrogênio para produzir ATP e NADPH,

dois compostos usados no processo de síntese de sacarose. A sacarose produzida pela fotossíntese é transportada para outras partes da planta por translocação (Taiz et al., 2017).

Durante a fotossíntese, os carboidratos são produzidos nas folhas do espinafre. Esses carboidratos, principalmente a sacarose, são transportados ativamente dos cloroplastos para os elementos crivados do floema. A energia para o transporte ativo é fornecida pela hidrólise do ATP (trifosfato de adenosina). A sacarose é então direcionada para os tubos do floema e transportada para outras partes da planta, como raízes, caule, botões florais e frutos, onde é utilizada para o crescimento, respiração ou armazenamento.

O floema constitui uma rede de tecidos especializados responsáveis pelo transporte de carboidratos por toda a planta. Consiste em células vivas que formam elementos crivados alongados, que permitem que os solutos sejam transportados pela planta (Kerbaui, 2004).

A translocação também é influenciada por hormônios vegetais, como auxinas, citocininas e giberelinas. Esses hormônios proporcionam certa regulação da abertura e fechamento dos estômatos, da mobilização de carboidratos de órgãos de armazenamento para locais de crescimento ativo e da coordenação geral do desenvolvimento e crescimento da planta.

### **13. Florescimento e frutificação**

A floração do espinafre é afetada por vários fatores ambientais, incluindo temperatura, duração do dia, disponibilidade de água e nutrientes no solo. O espinafre geralmente começa a florescer cerca de 35 a 40 dias após o plantio, dependendo das condições ambientais. Em condições normais, o espinafre cresce bem durante o inverno, quando os dias são curtos. No entanto, em climas temperados, a floração pode ser induzida artificialmente pelo controle da duração do dia (Jardineiro, 2013).

Em geral, o espinafre requer cerca de 12 a 14 horas de luz para o crescimento vegetativo e entra na fase reprodutiva quando o fotoperíodo cai abaixo desse limite. Quando o espinafre entra na fase reprodutiva, começa a desenvolver inflorescências, que são estruturas que abrigam as flores. A inflorescência do espinafre é uma espiga terminal composta por pequenas flores agrupadas.

O espinafre é uma planta dioica, o que significa que possui flores masculinas e femininas em plantas separadas. As flores masculinas têm estames (órgãos reprodutores masculinos) que produzem pólen, enquanto as flores femininas possuem um pistilo (órgão reprodutivo feminino) que contém o ovário, onde os óvulos são produzidos.

A polinização do espinafre pode ocorrer por meio do vento (anemofilia) ou por insetos, como abelhas (entomofilia). O pólen das flores masculinas é disperso pelo vento ou pelos insetos até as flores femininas, onde ocorre a fecundação dos óvulos. É importante garantir a presença de polinizadores, como abelhas, para promover a polinização eficiente e a formação de sementes. Após a fertilização, o ovário da flor feminina se desenvolve em um fruto contendo as sementes do espinafre. O fruto é uma estrutura pequena e seca, conhecida como aquênio, que contém uma única semente. Esses aquênios são formados em grande quantidade nas inflorescências do espinafre (Rosa, 1925).

É importante mencionar que, para a produção de espinafre folhoso, geralmente é desejável evitar que a planta entre na fase reprodutiva. Isso é feito por meio do manejo do fotoperíodo e da colheita das folhas antes do florescimento. A colheita contínua das folhas jovens estimula o crescimento vegetativo e evita o direcionamento da energia da planta para a produção de flores e sementes.

As flores de espinafre são pequenas, discretas e de cor branca a amarelo-esverdeada, que crescem agrupadas a partir das axilas das folhas. Quando são polinizadas, elas produzem frutos semelhantes a cápsulas cheias de sementes. As sementes de espinafre são pequenas, duras e geralmente de cor escura, produzidas em grandes quantidades e podem ser armazenadas por muito tempo, tornando-se uma importante fonte de reprodução para o cultivo de espinafre (Leal, 2018).

#### **14. Estratégias para altas produções**

Para alcançar altas produções de espinafre é importante adotar uma estratégia abrangente que engloba diversos aspectos do cultivo. Optar por variedades de espinafre adequadas para o seu ambiente de cultivo é fundamental. Algumas são mais adaptadas a determinadas condições climáticas, solos e sistemas de produção. Deve-se fazer a escolha de variedades que sejam conhecidas por sua resistência a doenças, alta produtividade, rápido crescimento e boa qualidade das folhas (Jardineiro, 2013).

Um solo bem preparado e rico em nutrientes é essencial para o crescimento adequado do espinafre, assim, deve-se realizar a preparação do solo antes do plantio, removendo plantas invasoras, incorporando matéria orgânica e corrigindo o pH, se necessário.

A nutrição equilibrada e adequada ao longo do ciclo de cultivo é fundamental. Antes do plantio, deve-se efetuar análise do solo para determinar os níveis de nutrientes para correção de quaisquer deficiências identificadas. Durante o cultivo, aplicar fertilizantes de acordo com as necessidades da cultura, fornecendo macro e micronutrientes essenciais. Deve-

se monitorar regularmente, através de análises foliares, a nutrição das plantas e realizar ajustes na adubação, se necessário.

O espinafre requer um suprimento regular de água para um bom crescimento e produção adequada. Manter o solo levemente úmido, evitando tanto o estresse hídrico, quanto o excesso de umidade. O uso de técnicas de irrigação adequadas, como irrigação por gotejamento ou aspersão, pode ajudar a fornecer água de forma eficiente, evitando desperdícios.

O espaçamento adequado entre as plantas é importante para permitir um bom desenvolvimento e circulação do ar entre as plantas. Isso ajuda a reduzir a incidência de doenças e proporciona um ambiente de crescimento favorável. O espaçamento pode variar dependendo do cultivar e do sistema de cultivo adotado. Geralmente, é recomendado um espaçamento de 15 a 20 centímetros entre as plantas em fileiras espaçadas por cerca de 30 a 45 centímetros.

Deve-se implementar práticas de manejo integrado de pragas e doenças para proteger as plantas de danos significativos, além de monitorar regularmente a presença de pragas e doenças e tomar medidas preventivas, como a rotação de culturas, o uso de variedades resistentes, a remoção de plantas infectadas e o controle biológico, bem como utilizar métodos de controle químico com produtos registrados para a cultura.

A colheita das folhas do espinafre deve ser efetuada de forma cuidadosa, evitando danos às folhas, no estágio de maturidade adequado, quando as folhas estiverem firmes e antes que ocorra o florescimento. Após a colheita, o armazenamento é fundamental para manter sua qualidade e frescor, como armazená-lo em local fresco e úmido ou refrigerado (Ryder, 1979).

## **15. Efeitos de reguladores vegetais**

Reguladores vegetais são compostos orgânicos que regulam processos morfofisiológicos da planta. No caso do espinafre, o uso de reguladores vegetais pode ter efeitos diferentes dependendo da substância ativa utilizada, da concentração e do estágio de desenvolvimento da planta. A aplicação de biorreguladores podem estimular o desenvolvimento do espinafre, aumentando assim a altura da planta, a área foliar e a produção de matéria seca (Nešković et al., 1988).

No período de florescimento, vários reguladores vegetais podem auxiliar em algumas situações, como cultivo em estufa ou áreas com invernos curtos. Em relação à desfolha, a aplicação de biorreguladores pode reduzir a desfolha no espinafre, aumentando a área foliar

disponível para a fotossíntese e aumentando a produção de biomassa. Alguns reguladores de plantas, aumentam a tolerância do espinafre a estresses ambientais, como seca e frio.

O ácido indolilacético (IAA) é uma auxina que regula o crescimento e desenvolvimento das plantas, cuja aplicação pode estimular o crescimento radicular, aumentando a absorção de nutrientes e melhorando a tolerância ao estresse. Além disso, as auxinas têm o potencial de promover o enraizamento de estacas de espinafre durante a propagação vegetativa.

Já as citocininas são hormônios vegetais envolvidos na regulação da divisão celular e no desenvolvimento das plantas. A aplicação de citocininas pode estimular o crescimento e a divisão celular em diferentes partes do espinafre, resultando em um aumento da produção de folhas e de brotações laterais. Essa resposta é especialmente útil durante a fase vegetativa da planta.

As giberelinas são hormônios vegetais que regulam o alongamento do caule, a germinação de sementes e a floração. No espinafre, a aplicação de giberelinas pode promover o crescimento vertical das plantas, aumentando a altura e o espaçamento entre as folhas. Isso pode ser benéfico em casos em que se deseja obter plantas mais altas e com maior espaçamento (Nešković et al, 1988).

O ácido abscísico (ABA) é um biorregulador que desempenha um papel importante na regulação do estresse abiótico, como a resposta à seca e à salinidade. No espinafre, o ABA pode ser aplicado para melhorar a tolerância à seca e ao excesso salino no solo. Ele ajuda a controlar a perda de água por transpiração, promovendo fechando os estômatos das folhas e reduzindo a taxa de transpiração.

## **16. Senescência e aproveitamento de resíduos**

A senescência é um processo natural de envelhecimento nas plantas que leva à perda gradual de função e eventual morte celular. No espinafre, a senescência afeta a produtividade e a qualidade das folhas e pode encurtar a vida útil pós-colheita. Para minimizar os efeitos da senescência, é importante usar métodos de manejo adequados, como manejo de irrigação, manejo de fertilidade, colheita regular de folhas.

Durante a senescência, nas folhas mais velhas do espinafre ocorre o amarelecimento, perda de turgidez, diminuição da taxa de crescimento e redução na eficiência fotossintética. Essas mudanças ocorrem devido a processos como a degradação da clorofila, redução na atividade fotossintética e diminuição da eficiência na captação e utilização de nutrientes. Ocorre também o acúmulo de compostos que levam à morte celular programada das folhas,

como etileno, peróxido de hidrogênio, ácido abscísico e outros produtos de decomposição (Taiz et al., 2017).

O etileno é um hormônio vegetal que desempenha um papel crucial na senescência das plantas, incluindo o espinafre. Durante a senescência, há um aumento na produção de etileno nas células, o que acelera os processos de envelhecimento. O etileno pode induzir o amadurecimento das folhas, promover a queda de folhas e flores e regular a abscisão das folhas mais antigas.

Além disso, algumas estratégias também podem ser aplicadas para aproveitar os resíduos gerados durante a produção de espinafre. Uma das estratégias mais comuns é a utilização de resíduos como matéria-prima para a produção de fertilizantes orgânicos. O espinafre tem uma alta taxa de decomposição, de modo que os resíduos são decompostos rapidamente e os nutrientes são liberados no solo. Além disso, o resíduo pode ser utilizado como ração para animais como bovinos e aves. Outra forma de aproveitamento das sobras de espinafre é a geração de biogás. O biogás é produzido pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica e pode ser utilizado como fonte de energia limpa e renovável.

## Referências

ATLASBIG. **Os principais países produtores de espinafre do mundo**. 2018. Disponível em: <<https://www.atlasbig.com/pt-br/paises-por-producao-de-espinafre>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University, 1981.

GUNES, G.; DOGU-BAYKUT, E. Green leafy vegetables. In: SIDDIQ, M.; UEBERSAX, M.A. (Ed.). **Handbook of vegetables and vegetable processing**. New York: Wiley, 2018.

JARDINEIRO.NET. **Espinafre, *Spinacia oleracea***. 2013. Disponível em <<https://www.jardineiro.net/plantas/espinafre-spinacia-oleracea.html>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

LEAL, L.Y.C. **Relações hídricas em espinafre (*Spinacia oleracea* L.) cultivado com águas salobras sob sistemas hidropônico e solo com e sem cobertura**. 2018. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

METZGER, J.D.; ZEEVAART, J.A. *Spinacia oleracea*. In: HALEVY, A.H. (Ed.). **Handbook of flowering**. Boca Raton: CRC Press, 2019.

NEŠKOVIÉ, M.; ČULAFIÉ, L. Spinach (*Spinacia oleracea* L.). In: BAJAJ, Y.P.S. (Ed.). **Crops II**. Berlin; Heidelberg: Springer, 1988. (Biotechnology in Agriculture and Forestry, 6).

ROSA, J.T. Sex expression in spinach. **Hilgardia**, Berkeley, v. 1, n. 12, p. 259-274, Feb. 2014

RYDER, E.J. **Spinach**: leafy salad vegetables. Dordrecht: Springer, 1979.

SILVA, S.E.L. et al. **Métodos práticos de propagação de plantas**. Brasília: EMBRAPA, 2006. 5 p. (Boletim Técnico, 1).

TAIZ, L. et al. (Ed.). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

# HIBISCO



**HIBISCO** (*Hibiscus* sp.)

Bruna Orsi

## 1. Introdução

Pertencente à família Malvaceae, o gênero *Hibiscus* é amplamente encontrado no mundo por sua adaptação a diversos habitats, no entanto possui maior ocorrência em regiões tropicais e subtropicais. Por abrigar um grande número de espécies há grande diversidade morfológica entre as plantas pertencentes a este gênero, podendo ser encontradas na forma arbustos até pequenas árvores, de hábito perene ou anual (Beers; Howie, 1990).

Embora existam em torno de 300 espécies incluídas no gênero *Hibiscus*, poucas são cultivadas comercialmente, como é o caso de *Hibiscus sabdariffa* e *Hibiscus rosa-sinensis*, que se destacam por seu potencial uso alimentício e ornamental, respectivamente. O crescente mercado de alimentos funcionais tem atraído a atenção dos consumidores para *H. sabdariffa* em função do alto teor de compostos fenólicos presentes nos cálices das flores, justamente o principal produto obtido desta espécie. Além disso, os frutos desta espécie também são

apreciados em função do elevado conteúdo de vitamina C e antocianinas. A presença dessas moléculas desperta o interesse das indústrias farmacêuticas pela prevenção de doenças cardíacas às quais estas moléculas estão associadas (Caraméz, 1999).

A maior produção de *H. sabdariffa* se encontra na China e Tailândia, que atualmente controlam esse mercado. Entretanto, em função das condições climáticas e práticas de cultivo, a qualidade dos produtos provenientes do Sudão é superior, permitindo a exportação para países como Alemanha e Estados Unidos, principais importadores desta espécie (Plotto, 2004).

A espécie *H. rosa-sinensis* possui um grande número de variedades de plantas, que diferem basicamente na coloração e forma das flores, podendo ser vermelhas, rosas, laranjas e até mesmo mescladas, como no caso das variedades mais modernas (Vinod Pai, 1990). Amplamente encontrada nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, *H. rosa-sinensis* pode ser cultivada em vasos, em ambientes internos ou externos, ou ainda pode ser conduzida através de podas para formação de cercas vivas e arbustos em jardins (Beers; Howie, 1990).

Outras espécies do gênero *Hibiscus* também possuem potencial econômico, como é o caso do kenaf (*H. cannabinus*), cultivado principalmente na China, em alguns países da Europa e nos Estados Unidos, por sua alta produção de fibras que fornecem matéria prima para a indústria papelreira com a vantagem de demandar menor quantidade de produtos branqueadores na produção de papel (Alexoupoulo, 2015). Diversas outras espécies de hibisco são utilizadas como plantas ornamentais ou alimentícias, dentre elas estão *H. schizopetalus*, *H. acetosella*, *H. diversifolius*, *Hibiscus sororius* e *H. mutabilis*, entretanto, o cultivo destas espécies ainda não é muito explorado e sua ocorrência se limita a regiões com condições adequadas para o cultivo.

Por seu potencial econômico e cultivo comercial, este trabalho irá abordar principalmente os aspectos fisiológicos das espécies *Hibiscus rosa-sinensis* e *Hibiscus sabdariffa*.

## 2. Origem e distribuição geográfica

A origem exata do hibisco (*Hibiscus* spp.) é controversa, sendo a região Sul da China o provável centro de origem da espécie aonde vem sendo cultivada há milênios. Dentre as espécies nativas da China *H. mutabilis*, *H. syriacus* e *H. rosa-sinensis* se destacam por seu cultivo em variadas partes do mundo por apresentarem importância econômica em função de seu potencial uso na alimentação, medicina e ornamentação (Pfeil et al., 2002).

Alguns indícios sugerem que outras regiões do mundo possam abrigar espécies nativas de hibisco, devido ao grande número de indivíduos que compõe este gênero, como é o caso do *Hibiscus arnottianus* e o *Hibiscus waimeae*, que possuem provável origem no Havaí, onde são consideradas as flores símbolo do estado (Thulaja, 1999). A África também é apontada como centro de origem de importantes espécies do gênero como *H. acetosella*, *H. schizolpetalus*, *H. sabdariffa* e *H. cannabinus*. Dentre as espécies originárias da África se destacam *H. sabdariffa* e *H. cannabinus*, amplamente cultivadas no mundo. A espécie *H. cannabinus* é uma reconhecida fonte de fibra, sendo inclusive utilizada pela indústria papelreira em algumas partes do mundo e a espécie *H. sabdariffa* é muito apreciada por suas propriedades medicinais (Esteves; Duarte; Takeuchi, 2014).

O Brasil também abriga espécies nativas de hibisco sendo elas *H. bifurcatus*, *H. diversifolius*, *H. furcellatus*, *H. kitaibelifolius*, *H. urticifolius* e *H. sororius*. Outras espécies originárias da China e África também ocorrem no Brasil, sendo cultivadas para fins ornamentais, alimentícios e medicinais (Esteves; Duarte; Takeuchi, 2014).

Este gênero é amplamente distribuído pelo mundo, mas em geral sua maior diversidade se concentra nos trópicos. Grande parte das espécies endêmicas das regiões tropicais e subtropicais se encontram na Índia, Madagascar, Malásia e México. Algumas espécies de ocorrência endêmica são encontradas também em outras regiões como Argentina, Irã, Texas e Afeganistão (Pfeil et al., 2002). Outras espécies se estendem até zonas temperadas, como as espécies de hibisco incluídas na seção *Muenchusia* (Fryxell, 1980). Alguns representantes de hibisco podem ser encontrados no Egito, que abriga basicamente cinco espécies do gênero, na sua maior parte concentradas na região Mediterrânea (El Kholy; Kasem; Mabrouk, 2011).

### 3. Classificação botânica

O gênero *Hibiscus* pertencente à Família Malvaceae, compreende em torno de 300 espécies, o que o torna um dos maiores gêneros dentro desta família. Inicialmente proposto por Linnaeus, em torno de 1753, incluía 20 espécies, que mais tarde foram subdivididas em seções de acordo com características morfológicas. Até o momento, várias modificações foram realizadas, como inclusão e exclusão de algumas espécies que foram remanejadas para outras tribos da Família Malvaceae. Atualmente, o gênero contém mais de 300 espécies e está incluído na tribo Hibisceae. A alteração mais recente na classificação botânica foi realizada por Fryxell (1988), que considerou a existência de 10 seções dentro do gênero *Hibiscus* (Tabela 1).

**Tabela 1.** Principais espécies de cada tribo do gênero *Hibiscus*, segundo classificação proposta por Fryxell (1988).

| <b>Tribo</b> | <b>Espécie representativa</b>  | <b>Nome comum</b>                                  | <b>Local de ocorrência</b>                                     |
|--------------|--|--|--|
| Azanzae      | <i>H. azanzae</i>  |  |  |
| Bombicella   | <i>H. pedunculatus</i><br><i>H. micranthus</i>   | Malva-rosa   |  |
| Hibiscus     | <i>H. syriacus</i>   | Hibisco-branco; mimo-de-vênus                      | Ampla ocorrência   |
| Lilibiscus   | <i>H. rosa-sinensis</i>  | Hibisco-vermelho; papoula                          | Ásia; Américas   |
| Trionastrum  | <i>H. sororius</i>   |  | América do Sul   |
| Tronium      | <i>H. trionium</i>   | Flor-de-uma-hora                                   |  |
| Clypeati     | <i>H. clypeatus</i>  | Congo Mahoe  |  |
| Muenchhusia  | <i>H. palustris</i>  | Malva-rosa-do-pântano                              |  |
| Striati      | <i>H. striatus</i>   | Malva-rosa-listrada                                |  |
| Venusti      | <i>H. venustus</i>   | Rosa-de-sharon                                     |  |
| Furcaria     | <i>H. surattensis</i><br><i>H. cannabinus</i><br><i>H. sabdariffa</i><br><i>H. diversifolius</i> | Kenaf; cânhamo-brasileiro<br>Caruru-azedo, Rosélia | África, Ásia, Américas<br>Ampla ocorrência África;<br>Américas |

O gênero *Hibiscus* sofreu poucas segregações, apesar da sua heterogeneidade morfológica. As modificações realizadas nas seções do gênero precisam ainda ser revisadas sendo que há muitas espécies que não se enquadram nesta classificação. Segundo Pfeil et al. (2002), o gênero *Hibiscus* compreende espécies de outros gêneros pertencentes à tribo Hibisceae, e inclusive gêneros de outras tribos da família Malvaceae, o que recomenda uma nova segregação botânica.

#### 4. Morfologia e anatomia

O grande número de espécies incluídas no gênero *Hibiscus* resulta em grande variabilidade de características anatômicas e morfológicas dentre as espécies. Em nível anatômico, nota-se grande diversidade entre os tipos de tricomas das folhas, bem como presença ou ausência de glândulas. As características morfológicas do hibisco também variam muito, podendo ocorrer na forma de arbustos até árvores, com altura variada. Vários trabalhos vêm sendo realizados na tentativa de caracterizar anatômica e morfológicamente as espécies de hibisco, o que poderia inclusive contribuir para uma segregação botânica mais adequada.

##### 4.1 *Hibiscus rosa-sinensis*

Arbusto de ciclo anual (Figura 1). Caules podem ser vermelhos ou verdes. Flores de posição ereta, pétalas de coloração rosada a vermelha com mancha basal, limbo das pétalas inteiro ou lacerado no ápice. Folhas são simples, alternadas e possuem pedicelos menores que

as lâminas foliares. Os estômatos são encontrados em ambas as faces da folha, categorizando-a como anfiestomática (Esteves; Duarte; Takeuchi, 2014).

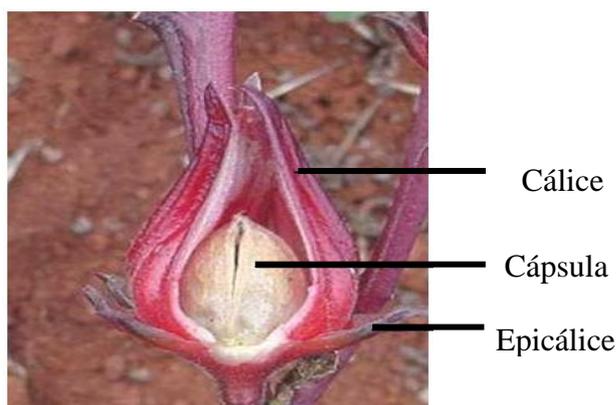


**Figura 1.** Morfologia de plantas de *Hibiscus rosa-sinensis*. Imagens: Acervo pessoal.

#### **4.2 *Hibiscus sabdariffa***

Planta ereta, anual, de até 2 metros de altura. Ramos vináceos, em alguns casos podem apresentar acúleos cônicos. Folhas polimórficas, de 3 a 5 lóbulos. Lâminas foliares possuem um nectário sobre a nervura média na face adaxial. Flores são solitárias, axilares, com brácteas subuladas. Pétalas com 5 cm de comprimento, de cor amarela clara, com um ponto basal vermelho escuro (Wilson, 1974).

O cálice é formado por cinco sépalas de coloração vermelho intenso em forma cônica e se torna ampliado e carnoso depois de formado o fruto, possuindo 3 cm de comprimento e sabor ácido. Na base do cálice encontra-se o epicálice, arranjado em círculo. O fruto é uma cápsula deiscente de 2 cm. As sementes permanecem dentro do fruto e este envolvido pelo cálice desenvolvido depois da fertilização (Figura 2), segundo Duke (1978).



**Figura 2.** Morfologia de plantas de hibisco. (A) *Hibiscus rosa-sinensis* e (B) *Hibiscus sabdariffa* (Adaptado de Castro et al., 2004).

## 5. Germinação e propagação

Muitas espécies de hibisco são propagadas de forma vegetativa, uma vez que a produção por sementes é dificultada em função da falta de polinizadores e nem sempre a polinização manual é eficaz. Além disso, não são todas as espécies que produzem frutos de forma eficiente como é o caso de *H. rosa-sinensis* e *H. schizopetalus* (Esteves; Duarte; Takeuchi, 2014). Por este motivo a espécie *H. rosa-sinensis* é na maioria das vezes reproduzida de forma vegetativa através de estaquia e, em alguns casos, faz-se necessário o uso de métodos como alporquia ou mergulhia (Biagolini, 2014).

Muitos fatores estão envolvidos na falha da produção de frutos e sementes em *H. rosa-sinensis*, entre eles a ocorrência de protandria acentuada, ou seja, a estrutura reprodutiva masculina se torna madura antes dos órgãos reprodutivos femininos. Além disso, a formação de flores incompletas, a esterilidade masculina e a abscisão precoce do pistilo também contribuem para a ausência de produção de frutos (Vinod Pai, 1990).

A propagação vegetativa, no entanto, também pode estar suscetível a problemas, sendo que os cultivares mais populares apresentam desempenho muito variável e flutuações sazonais na produtividade e na capacidade de enraizamento. O uso de biorreguladores como a auxina, promovem o enraizamento e podem aumentar a possibilidade de sucesso na propagação por estacas, entretanto, a resposta dos cultivares divergem. Wang e Andersen (1989) avaliaram três cultivares de *H. rosa-sinensis* e observaram que os cultivares Holiday e Casablanca apresentaram grande enraizamento, enquanto que o cultivar Red não apresentou resultados satisfatórios. Além disso, a idade das plantas matrizes é outro fator importante, sendo que plantas mais velhas permitem quantidades reduzidas de cortes e produzem estacas com menos raízes.

A enxertia também é uma técnica utilizada na propagação desta espécie, e da mesma forma apresenta resultados positivos com o uso de auxinas, principalmente ácido indolbutírico (IBA). Izadi e Zarei (2014) perceberam maior taxa de enraizamento utilizando tratamentos com 3000 e 5000 ppm de IBA em relação ao tratamento controle, além disso, outros fatores foram afetados positivamente como a média do número de folhas e a porcentagem de cicatrização das estacas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Efeito do tratamento com IBA nos parâmetros de crescimento dos enxertos de *H. rosa-sinensis*. Médias seguidas por diferentes letras indicam diferença estatística significativa (Adaptado de Izadi e Zarei, 2014).

| Parâmetro mensurado                 | Concentração de IBA (ppm) |        |        |        |
|-------------------------------------|---------------------------|--------|--------|--------|
|                                     | Controle                  | 1000   | 3000   | 5000   |
| Número de raízes                    | 4,24b                     | 4,25b  | 5,60a  | 5,66a  |
| Média do comprimento de raízes (cm) | 2,12a                     | 1,60a  | 1,96a  | 1,82a  |
| Média do número de folhas           | 2,05b                     | 2,86a  | 3,02a  | 3,21a  |
| Porcentagem de cura                 | 66,66b                    | 68,79b | 73,33b | 80,76a |
| Peso seco de raízes (g)             | 0,726a                    | 0,733a | 0,729a | 0,728a |

Não somente a aplicação exógena de reguladores vegetais pode influenciar a propagação vegetativa de *H. rosa-sinensis* por meio de enxertia, mas também o porta-enxerto utilizado. No mesmo trabalho citado anteriormente, os autores concluíram que o cultivar Jeanne d'Arc de porta-enxerto apresentou resultados mais satisfatórios, segundo os parâmetros avaliados, recomendando-se seu uso com aplicação de IBA na dose de 3000 ppm para a propagação de *H. rosa-sinensis* por meio de enxertia.

Ao contrário, a reprodução de *H. sabdariffa* é realizada por sementes. Nos países onde é feita a produção comercial são semeadas, no período chuvoso, de 6 a 8 kg de sementes por hectare, sendo que nos casos onde se deseja produzir cálices maiores, a taxa de semeadura é reduzida (Plotto, 2004). As fases que ocorrem durante a germinação das sementes iniciam com a hidratação e culminam com a emissão da radícula. As primeiras etapas nesse processo envolvem a embebição das sementes em água, ativação de enzimas, catabolismo de compostos de reserva para serem disponibilizados ao embrião, emergência da radícula e crescimento da plântula (Dzulhaimi, 2012). A velocidade destes processos varia entre as espécies, podendo ocorrer em poucos dias e, em alguns casos, em anos. No caso das sementes de *H. sabdariffa* este período é de, em média, quatro dias após a semeadura (Anjah et al., 2012).

O potencial para germinar, bem como a velocidade e uniformidade deste processo é determinado pelo vigor das sementes (Dzulhaimi, 2012). Em muitos casos, as sementes de

hibisco ficam estocadas por longo período de tempo pelos produtores, reduzindo seu vigor. Sendo assim, para a obtenção de um estande adequado de plantas, as condições físicas e fisiológicas das sementes devem ser preservadas (Nyarko, 2006). Muitos fatores podem interferir no vigor das sementes, como condições de armazenamento, substrato utilizado, temperatura e intensidade de luz (Dzulhaimi, 2012). Além disso, o tratamento de sementes para evitar a ação de patógenos, pode algumas vezes reduzir o potencial de germinação. Em média, a porcentagem de germinação de sementes de *H. sabdariffa* é 85%, e com o tratamento este valor pode ser reduzido para 50%, dependendo do tipo de produto utilizado e da embalagem onde as sementes são armazenadas. Tratamentos com pó de folha de Nim, pó de folha de tabaco e cinzas de madeira reduzem a porcentagem de germinação para em média 52% quando as sementes são mantidas em recipientes de barro, sendo que para os mesmos tratamentos, porém mantendo as sementes em recipientes de plástico, esta redução é bem menos severa, com valores médios de 83%. Além disso, outra atividade comum no armazenamento das sementes é o uso de dessecantes, a fim de controlar a absorção de umidade pelas sementes na tentativa de manter sua qualidade e vigor, no entanto, a aplicação destes produtos também pode influenciar a viabilidade de germinação das sementes. Os produtos mais utilizados como dessecantes de sementes de *H. sabdariffa* nas regiões produtoras são, o arroz tostado e o carvão, sendo que este último apresenta resultados mais positivos na porcentagem de germinação e vigor das sementes, quando estas são mantidas em recipientes plásticos. Desta forma, para a manutenção da viabilidade das sementes, o uso de tratamento contra patógenos associado ao uso de dessecantes são ferramentas necessárias para a manutenção da qualidade das sementes, no entanto, o fator mais limitante para alcançar este objetivo é o recipiente onde as sementes são mantidas, sendo recomendado o uso de recipientes plásticos (Nyarko, 2006).

## **6. Desenvolvimento de raízes, caules e folhas**

A formação das plantas depois da germinação das sementes, envolve uma série de atividades nos tecidos meristemáticos. Estes tecidos possuem células com citoplasma denso e núcleo grande que se dividem em duas novas células, onde uma permanece meristemática e a outra pode se diferenciar para compor o corpo da planta, assim, as células meristemáticas são constantemente renovadas, dando origem às raízes, caules e folhas (Raven; Johnson, 2002).

As folhas emergem em uma variedade de padrões nas plantas, e a forma como são arrançadas é denominada filotaxia, podendo otimizar sua exposição ao sol, e conseqüentemente, a atividade fotossintética (Raven; Johnson, 2002). Além disso, outras

características importantes podem regular a eficiência fotossintética das plantas, como o tamanho e forma das folhas, por sua estreita relação com a interceptação luminosa (Simões; Prado, 2011). A forma das folhas de *H. sabdariffa* pode ser fortemente afetada pela posição na planta e pelo ambiente. As primeiras folhas desenvolvidas são ovais, enquanto que as folhas formadas posteriormente apresentam aspecto lobado. Em relação ao ambiente, percebe-se que em condições de dias curtos as folhas são trilobadas, sendo que os lóbulos das folhas em posições inferiores se tornam largos e profundos, enquanto que folhas de posições superiores são mais finas e podem ter até cinco lóbulos (Mansour, 1974).

O substrato onde as plantas são semeadas também exerce influência sobre estas características. Yamamoto et al. (2007), acompanhando o crescimento de plantas de *H. sabdariffa* em diferentes substratos, percebeu desempenho variado em relação aos parâmetros de área foliar específica, razão de peso foliar, razão de área foliar, taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo e a taxa assimilatória líquida, onde o substrato Plantmax® apresentou os melhores resultados. Além disso, os autores observaram que a área foliar específica decresce com o decorrer dos dias após o transplântio, o que significa que com o tempo, o desenvolvimento da planta promove a diferenciação e o aumento das células, que se tornam mais pesadas, considerando que a área foliar específica é uma relação entre área foliar e massa da matéria seca das folhas.

No caso de plantas propagadas vegetativamente, um dos aspectos mais importantes a ser considerado é a formação de raízes, sendo que o sucesso da propagação depende da rápida formação e do desenvolvimento de grande número de raízes adventícias, que irão promover a ramificação adequada das plantas. Em *H. rosa sinensis*, a velocidade da formação e o número de raízes formadas estão relacionados, onde plantas que apresentam rápido enraizamento possuem maior massa radicular. Além disso, a maior quantidade de raízes garante a maior formação de ramos laterais e maior área foliar nesta espécie (Bertram, 1992).

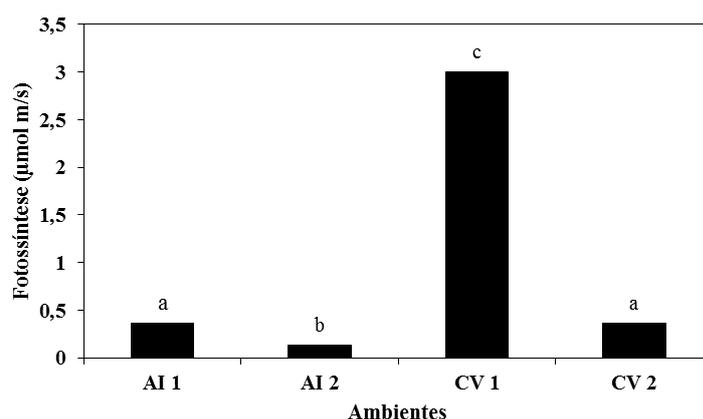
## **7. Efeitos de fatores ambientais**

Diversos fatores influenciam o crescimento e desenvolvimento das espécies de hibisco, entre eles temperatura, fotoperíodo, luminosidade e recursos hídricos. Normalmente as regiões tropicais possuem as melhores condições climáticas para o hibisco, entretanto, por sua facilidade de adaptação muitas plantas têm sido encontradas em regiões temperadas do planeta (Beers; Howie, 1990).

A espécie *H. rosa-sinensis* possui grandes exigências em luz para o crescimento e florescimento adequados, porém tolera sombreamento parcial. Por seu potencial ornamental, é

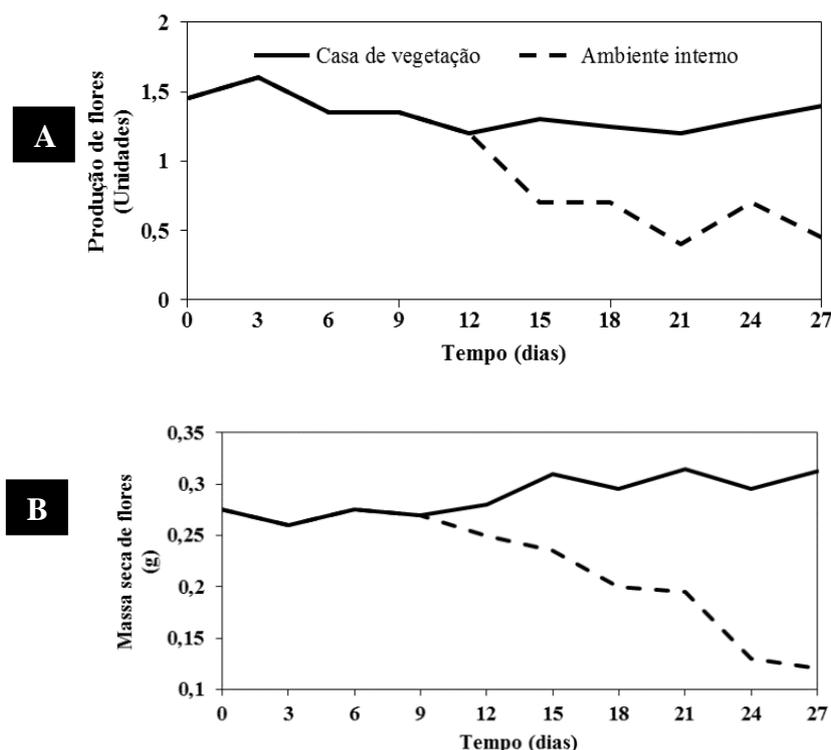
muitas vezes cultivada em vasos e mantida em ambientes internos, com limitada exposição solar, o que pode afetar negativamente a fixação de carbono e o florescimento desta espécie. A intensidade e a duração da luz têm grande importância para espécies que são utilizadas com fins ornamentais, assim como outros fatores como, temperatura, água e etileno (Reid; Wollenweber; Serek, 2002).

Reid, Wollenweber e Serek (2002), avaliando o crescimento de plantas de *H. rosa-sinensis* em condições de casa de vegetação e em condições simuladas de ambientes internos, onde as plantas são comumente mantidas, observaram redução na capacidade fotossintética dos cultivares estudados (Figura 3). Os autores encontraram valores muito baixos de atividade fotossintética nas condições de ambientes internos, em função do baixo fornecimento de luz, e ressaltaram a importância da seleção de plantas adaptadas a essas condições ambientais e com menores exigências na manutenção da respiração, aumentando o saldo líquido da fotossíntese.



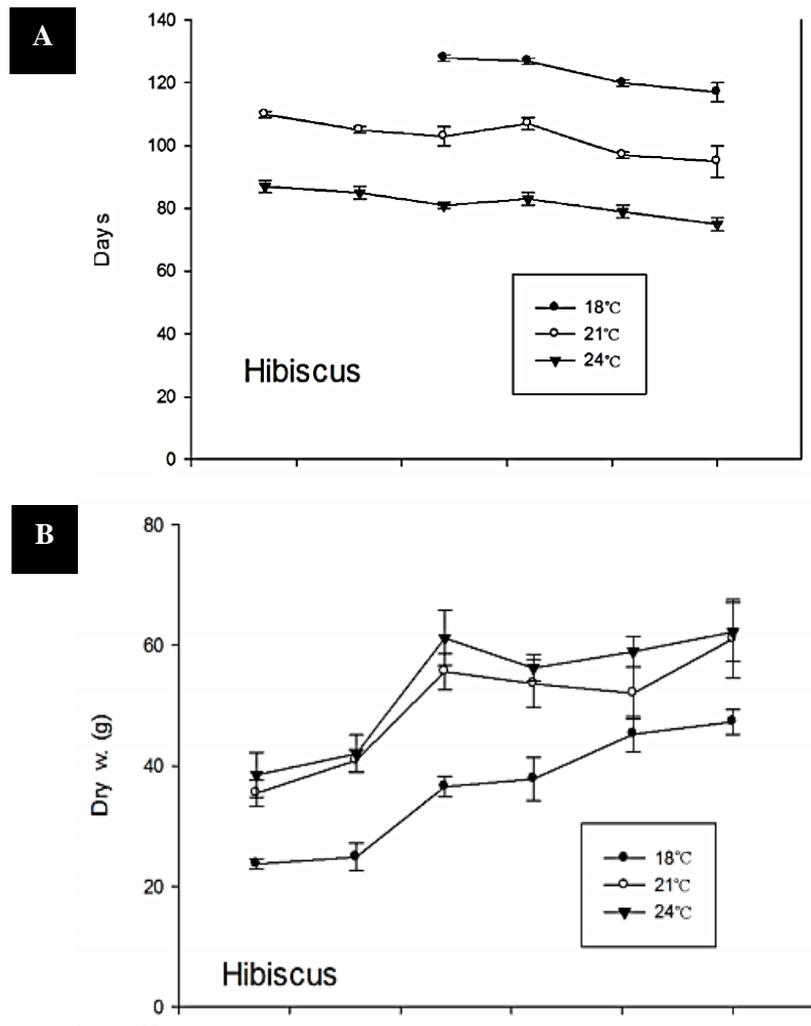
**Figura 3.** Plantas de *H. rosa-sinensis* cultivadas em ambientes com distintos fornecimentos de luz, sendo eles: Ambiente interno 1 (AI 1) =  $26 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; Ambiente interno 2 (AI 2) =  $17 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; Casa de Vegetação 1 (CV 1) =  $99 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; Casa de Vegetação 2 (CV 2) =  $19 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Adaptado de Reid, Wollenweber e Serek, 2002).

Neste mesmo trabalho, os autores avaliaram a produção de flores em condições de ambiente interno e verificaram comportamento semelhante entre estas plantas e as plantas mantidas em casa de vegetação, sendo que o número de flores produzidas e a massa seca de flores se mantiveram altos. Entretanto, após um período médio de dez dias as plantas demonstraram drástica redução no florescimento quando mantidas no ambiente interno e a produção de matéria seca foi reduzida para em torno de 50% (Figura 4).



**Figura 4.** Produção de flores (A) e massa seca de flores (B) de plantas de *H. rosa-sinensis* mantidas em ambiente interno e em casa de vegetação (Adaptado de Reid, Wollenweber e Serek, 2002).

Estes e outros trabalhos demonstram a importância da luminosidade no desenvolvimento do hibisco, podendo atrasar ou até mesmo inibir seu florescimento, entretanto, outro fator ecológico a ser considerado é a temperatura, que juntamente com a luminosidade, regula este processo. Mortensen (2014), avaliando o desenvolvimento de plantas de hibisco crescidas em vasos sob diferentes temperaturas e diferentes densidades de fluxo de fótons (DFF), observou redução significativa no número de dias para o florescimento quando as plantas foram mantidas em temperaturas de 24°C. Em condições de baixas temperaturas (18°C), as plantas apresentaram grande atraso no florescimento e, combinando as condições de baixa temperatura com baixa DFF, o florescimento não ocorreu até o fim do experimento (Figura 5a).



**Figura 5.** Efeito da temperatura e da densidade de fluxo de fótons (DFF) no desenvolvimento de *Hibiscus rosa-sinensis*. (A) Número de dias até o florescimento das plantas e (B) peso seco das flores (Adaptado de Mortensen, 2014).

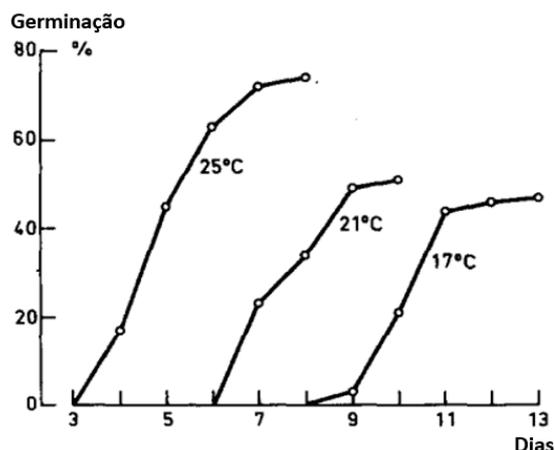
A massa seca de flores apresentou os maiores valores quando as plantas foram mantidas em DFF próximo a  $170 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  e temperaturas de  $21^\circ\text{C}$  e  $24^\circ\text{C}$  (Figura 5b) e o mesmo padrão de comportamento foi observado no número de ramos, o que indica a influência da luz e temperatura também no crescimento vegetativo. Desta forma, com os dados obtidos neste trabalho, a recomendação do autor é que plantas de *H. rosa-sinensis* crescidas em vasos em casa de vegetação, sejam mantidas sobre condições de temperatura de  $24$  a  $27^\circ\text{C}$  com DFF de  $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  durante 20 horas por dia.

Outro fator importante no desenvolvimento da espécie é a quantidade de água fornecida, que pode influenciar o conteúdo de água nas folhas e a taxa fotossintética. Segundo Egilla, Davies Junior e Boutton (2005), plantas de *H. rosa-sinensis* reduzem seu crescimento quando submetidas ao estresse hídrico comprometendo seu desenvolvimento pela redução da abertura de estômatos e consequentemente, da atividade fotossintética. No entanto, quando

suplementadas com diferentes doses de potássio, as plantas apresentam alterações na eficiência de uso da água, considerando a participação deste nutriente na abertura e fechamento dos estômatos. Além disso, observou-se que nos períodos mais quentes, as folhas de hibisco tendem a se enrolar para baixo, a fim de evitar danos por excesso de calor e perda de água por excesso de transpiração.

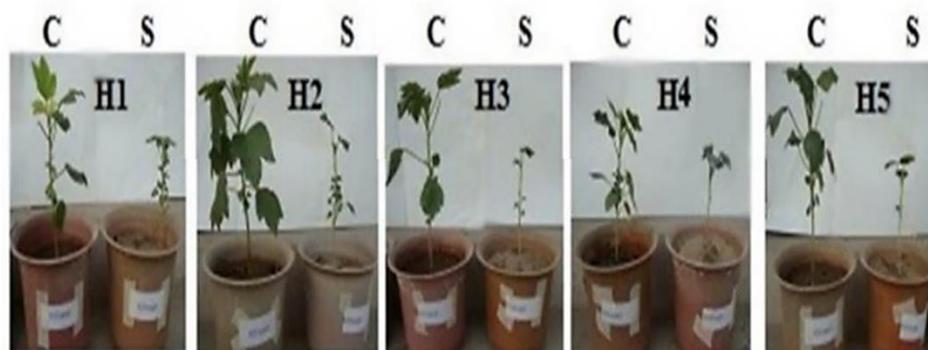
A espécie *H. sabdariffa* é também uma espécie exigente em luz e temperatura, sendo sensível a sombra e geadas, que podem influenciar o crescimento e o florescimento. O fotoperíodo também exerce importante influência na produtividade da planta, que apresenta decréscimo à medida que os dias se encurtam, em função da redução do ciclo das plantas e do período de florescimento e frutificação (Castro et al., 2004). Quando mantidas em dias curtos durante período constante, todas as gemas laterais formam flores, o que, conseqüentemente, reduz o número de ramos laterais, número de folhas e altura das plantas. Esta resposta ao fotoperíodo pode ser claramente observada no florescimento das espécies, no entanto, a percepção do comprimento de horas de luz já é percebida por plantas de *H. sabdariffa* na fase de cotilédones. Plantas cultivadas em casa de vegetação mantidas continuamente sob condições de fotoperíodo curto (8 horas) e longo (16 horas), mostram respostas diferentes de plantas trocadas de ambientes após duas semanas (de condições de dias curtos para condições de dias longos, e vice-versa). No primeiro caso, as plantas de *H. sabdariffa* floresceram após 73 dias quando mantidas continuamente em fotoperíodo curto. Ao contrário de plantas mantidas em dias longos e transferidas para dias curtos após duas semanas, que tiveram seu florescimento atrasado em quatro dias. Plantas transferidas de dias curtos para dias longos após duas semanas, apresentaram crescimento vegetativo anormal, com ramos vegetativos laterais possuindo entrenós longos e folhas dispostas em espiral, indicando que as gemas já haviam se diferenciado em botões florais e quando foram transferidas para dias longos tentaram reverter para a fase vegetativa (Mansour, 1974).

Além destes fatores, a temperatura também é muito importante e pode influenciar a germinação das sementes de *H. sabdariffa*, bem como o florescimento da espécie. Mansour (1974), estabeleceu a faixa de temperatura ótima para a germinação das sementes, que se manteve próxima de 25°C (Figura 6). Além disso, o mesmo autor verificou que plântulas mantidas em temperaturas em torno de 17°C cresciam fracas e apresentavam coloração amarelada, desta forma, o recomendado para esta fase são temperaturas variando de 21°C a 25°C. No florescimento, a temperatura pode ter duplo efeito, onde baixas temperaturas aceleram a iniciação floral, porém retardam o desenvolvimento da flor.



**Figura 6.** Germinação de sementes de *H. sabdariffa* em três temperaturas (Adaptado de Mansour, 1974).

Em relação aos recursos hídricos, o cultivo desta espécie exige boa distribuição de chuva ao longo do ciclo, sendo de 1500 a 2000 mm anualmente (Castro et al., 2004). A seca pode causar alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, conforme observado no estudo de Mohamed et al. (2015). Os autores observaram que o estresse causado pela seca pode reduzir o potencial osmótico das folhas, mostrando eficiência das plantas no ajuste osmótico, um dos mecanismos para redução dos danos causados pela falta de água, além da redução na taxa respiratória, que também foi observada nas plantas submetidas ao estresse. Além disso, a condutância estomática e a assimilação de CO<sub>2</sub> também foram reduzidas e, conseqüentemente, a altura das plantas (Figura 7).



**Figura 7.** Altura de plantas de cinco genótipos de *H. sabdariffa* submetidas ao estresse hídrico, onde C= controle; S=estresse por seca; H1=Baladimostardir; H2=Um shiak; H3= Abu shankal; H4= Rahad mix; H5= Abu Namja (Adaptado de Mohamed et al., 2015).

## 6. Solos, nutrição e micorrizas

Diversos estudos têm sido realizados sobre as exigências nutricionais de plantas ornamentais quando mantidas nos recipientes durante a produção das mudas, porém pouco se conhece sobre os requerimentos após o transplântio para o solo. Considerando as

características próprias de cada tipo de solo e substrato, como propriedades físicas e químicas, as exigências nutricionais das plantas podem variar de acordo com o local onde são cultivadas. Por exemplo, a casca de pinus é o componente encontrado em maiores quantidades nos substratos utilizados para a produção de mudas de *H. rosa-sinensis* e isso as torna altamente exigentes em doses de N, em função da alta imobilização ocasionada pela presença de microrganismos que degradam este substrato (Broschat; Moore, 2010).

*Hibiscus rosa-sinensis* mostra plasticidade de adaptação a solos alcalinos com pH de 7,5 a 9,5, o que explica seu extenso cultivo em áreas urbanas, caracterizadas pelo pH mais elevado (Bredow, 2007). Entretanto, a alcalinidade em excesso pode provocar falta de alguns micronutrientes como ferro e manganês que, mesmo sendo exigidos em baixa concentração, podem limitar o desenvolvimento das plantas, quando ausentes. Desta forma, condições de pH entre 5,5 a 6,5 são as mais adequadas para esta espécie, disponibilizando maiores quantidades dos nutrientes requeridos. Em casos de plantas estabelecidas em regiões alcalinas faz-se necessária a pulverização de micronutrientes, ou uso de quelatos em caso da ausência de ferro, que permitem corrigir a deficiência deste nutriente essencial (Ingran; Rabinowitz, 1985).

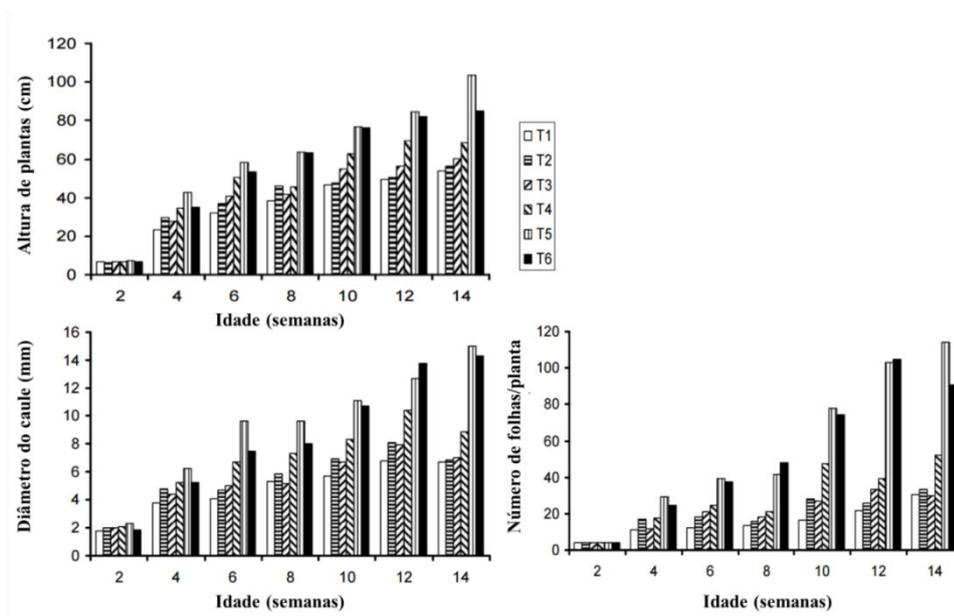
A correta proporção dos nutrientes também é importante, sendo que em condições de excesso de nutrientes, a disponibilidade de outros minerais pode ser comprometida, como é o caso do nitrogênio, que em elevadas quantidades pode afetar o fornecimento de potássio e magnésio (Broschat; Moore, 2010). Esta relação entre a disponibilidade dos minerais e sua concentração no ambiente é explicada pela lei de Shelford. A primeira delas define que qualquer fator de produção em excesso, tende a não aumentar a produção, mas pode diminuí-la e a segunda lei estabelece que o excesso de determinado nutriente no solo pode reduzir a eficiência de outros, diminuindo o rendimento das colheitas (Mendes, 2007).

A importância da correta disponibilidade de cada nutriente reside no fato que cada mineral desempenha determinada função no ciclo de vida das plantas. O nitrogênio, por exemplo, está intensamente envolvido na atividade fotossintética das plantas, bem como na síntese de clorofilas (Mendes, 2007). Na ausência deste nutriente, plantas de *H. rosa-sinensis* apresentam redução no crescimento e pouca coloração das folhas, em função da baixa síntese de pigmentos fotossintetizantes (Broschat; Moore, 2010). O fornecimento de potássio também é importante por sua ampla atuação nas plantas, regulando a eficiência de uso da água, o potencial osmótico dos vacúolos e o ajuste osmótico em condições de estresse hídrico, bem como a manutenção da pressão de turgor em folhas com baixo conteúdo de água. Plantas de *H. rosa-sinensis* submetidas ao estresse hídrico possuem maior resistência a seca e

longevidade de raízes, quando suplementadas com potássio. Na deficiência deste nutriente, as plantas mantidas sob baixa disponibilidade de água, apresentam crescimento reduzido e menores quantidades de Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo e Al nas folhas. Por outro lado, o conteúdo de Ca é maior nestas condições, ressaltando a importância da correta concentração dos nutrientes em função de sua influência na disponibilidade de outros nutrientes essenciais (Egilla; Davies Junior; Boutton, 2005).

As exigências de *H. sabdariffa* envolvem solos ricos em húmus e bem drenados. O período crítico para o fornecimento de nutrientes desta espécie difere de *H. rosa-sinensis* em função da forma de propagação das espécies. *H. sabdariffa* por ser propagada de forma sexuada, através de sementes, não apresenta grandes exigências nutricionais nas primeiras quatro semanas, pois até esta fase os cotilédones fornecem as reservas ao embrião, permitindo seu crescimento inicial. Com o desenvolvimento das raízes, as plantas passam a explorar o solo para suprir seus requerimentos em nutrientes, portanto, a partir desta fase, percebe-se diferença no crescimento das plantas com adequada suplementação de nutrientes e plantas mantidas sob condições desfavoráveis. Com a disponibilidade de todos os nutrientes requeridos para o desempenho das atividades vitais da planta, esta pode se desenvolver de forma adequada, o que reflete de forma positiva nos parâmetros de crescimento das plantas como, altura, diâmetro de caule e número de folhas (Figura 8), segundo Anyinkeng e Mih (2011).

No trabalho de Anyinkeng e Mih (2011) foi observada a importância da fertilização de plantas de *H. sabdariffa* e concluíram que a suplementação com esterco de galinha forneceu os melhores resultados pela ampla variedade de nutrientes essenciais que compõem a matéria orgânica, bem como sua maior contribuição à estruturação do solo e a capacidade de troca de cátions, quando comparado aos adubos formulados. Não somente a altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas variaram entre os tratamentos, mas os autores também observaram maior conteúdo de antocianinas nas folhas das plantas tratadas com doses de NPK, ao contrário das plantas tratadas com esterco de galinha que acumularam maior quantidade de antocianina nos cálices das flores. Desta forma, considerando a importância econômica dos cálices por sua comercialização para produção de sucos e chá, ricos em compostos fenólicos, bem como a melhoria dos parâmetros de crescimento das plantas, os autores recomendam a quantidade de 20 ton/ha de esterco de galinha na fertilização de *H. sabdariffa*.



**Figura 8.** Efeito de diferentes doses de NPK e esterco de galinha na altura de plantas (A), diâmetro do caule (B) e número de folhas por planta (C) em *H. sabdariffa*. Em que: T1=Controle; T2=NPK 60 kg ha<sup>-1</sup>; T3=NPK 120 kg ha<sup>-1</sup>; T4=NPK 180 kg ha<sup>-1</sup>; T5=esterco de galinha 20 ton ha<sup>-1</sup>; T6=esterco de galinha 40 ton ha<sup>-1</sup> (Adaptado de Anyinkeng e Mih, 2011).

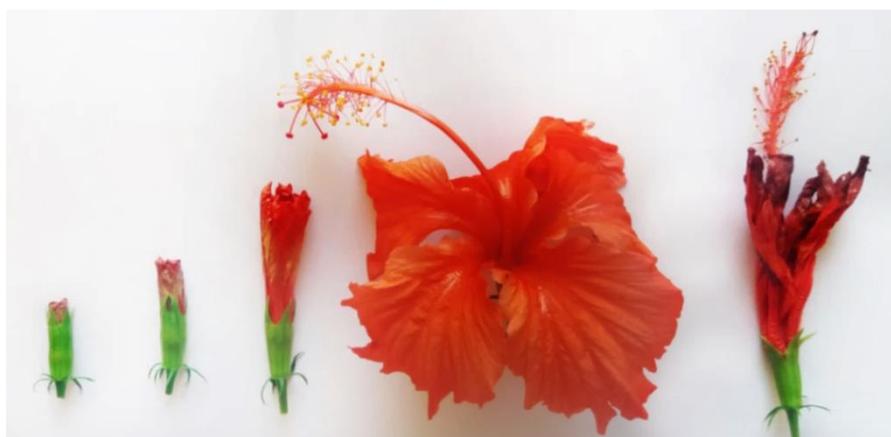
A interação com micorrizas é outra ferramenta para aumentar a suplementação de nutrientes para as plantas, em função da maior área explorada no solo com a simbiose entre a planta e as micorrizas arbusculares. Esta é uma interação mutualística em que ambos os organismos são beneficiados. O processo ocorre através da penetração do fungo nas células corticais das raízes, criando vesículas e arbúsculos, que permitem a transferência de água e de nutrientes absorvidos pelos fungos para os vasos condutores das plantas, aumentando seu rendimento. Plantas de *H. rosa sinensis* inoculadas à espécie de fungo *Glomus mosseae* apresentaram maior número de folhas e comprimento de raízes 60% maior do que plantas não inoculadas, bem como maiores concentrações de N, P, K e Zn nas raízes e folhas de plantas em simbiose com a micorriza (Kasliwal; Srinivasamurthy, 2016).

Em *H. sabdariffa* o uso de micorrizas também apresenta resultados positivos. Plantas inoculadas com uma mistura de espécies de fungo (*Glomus* sp., *Gigaspora* sp. e *Scutellospora* sp.) apresentaram volume dobrado de raízes e maior quantidade de massa seca de raízes nas plantas inoculadas, porém, um dos resultados mais importantes foi o maior acúmulo de antocianinas nos cálices das flores, o que comprova os benefícios econômicos e ambientais no uso desta tecnologia, capaz de aumentar os rendimentos de produtividade das culturas (Amirah; Alias; Wan Zaliha, 2015).

## 7. Florescimento e frutificação

A floração ocorre em dias curtos, porém durante os períodos mais frios pode ser interrompida. Geralmente ocorre a partir do final de setembro, dependendo do país de cultivo. No final do verão, as flores podem apresentar morfologia diferente, como menor tamanho. Quando mantidas em condições adequadas de crescimento, as plantas podem produzir flores por muitos anos, desta forma, as plantas devem receber quantidades de água, nutrientes e luz de forma adequada (Biagolini, 2014).

*H. rosa-sinensis* possui floração contínua, ou seja, a produção de flores não cessa ao longo ano, exceto em situações esporádicas onde as condições ambientais não são adequadas, sendo esta uma das características que conferem a esta planta seu potencial ornamental (Lund; Andreassen, 2006). O padrão de floração desta espécie é muito irregular, sendo que as plantas podem não florescer de forma sincronizada mesmo quando cultivadas simultaneamente (Roseli, 2012). O florescimento é um processo rápido, levando seis dias para o completo desenvolvimento da flor, desde a abertura de sépalas da gema até o enrolamento das pétalas, promovido pela alta sensibilidade ao hormônio etileno (Figura 9). As flores são efêmeras, o que significa que possuem curta duração. A vida de uma flor desta espécie se limita a 24 horas, desde a abertura da corola até sua senescência, fazendo com que os processos e atividades hormonais sejam rápidos e intensos (Trivellini et al., 2011).



**Figura 9.** Desenvolvimento da flor de *Hibiscus rosa-sinensis*. Inicialmente as sépalas cobrem as pétalas e com a separação destas estruturas percebe-se uma coloração vermelha escura nas pétalas. Quando atingem o comprimento final, as pétalas se desenrolam, abrindo completamente a flor. Na etapa seguinte, as pétalas voltam a se enrolar e apresentam aspecto murcho.

Fonte: Acervo pessoal.

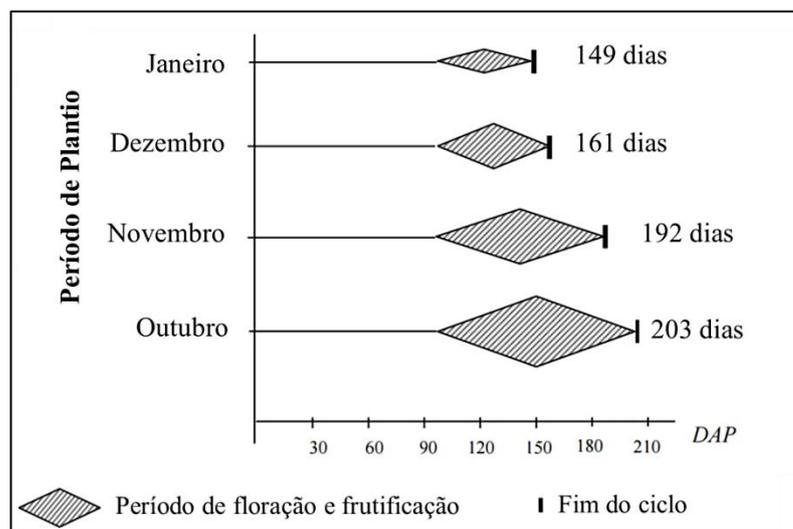
O processo de senescência em *H. rosa-sinensis* é regulado pelo etileno e ácido abscísico (ABA). Trivellini et al. (2011) perceberam efeito antagônico do ABA na produção e

percepção do etileno em nível fisiológico e molecular nesta espécie, além disso, a produção destes hormônios parece estar separada temporal e espacialmente nas flores.

Outros fatores também estão relacionados com a abscisão de flores, como a exposição à luz. Plantas de *H. rosa-sinensis* cultivadas em ambiente escuro apresentam grande ocorrência de queda de flores e brotações, podendo chegar a 80%. Esta característica está intimamente relacionada com fitocromos, visto que tratamentos com luz vermelha reduzem a queda de flores, e um efeito reverso é observado com a aplicação de luz vermelha distante (Van Doorn; Stead, 1997).

Em relação à *H. sabdariffa*, esta espécie possui florescimento indeterminado e crescimento ilimitado, ou seja, a produção de flores e frutos ocorre durante todo o seu ciclo de vida. Suas flores são consideradas perfeitas, o que significa que possuem dois verticílios férteis e são fecundadas por autopolinização antes mesmo da abertura das flores, categorizando-as como flores cleistogâmicas (Zaliha; Norsyuhada, 2015). Permanecem abertas pela manhã e se fecham à tarde, repetindo este processo até a fecundação. Após a fecundação, as pétalas caem e o cálice cresce até envolver o fruto, tendo seu tamanho aumentado de 1,5 cm para 5,5 cm, aproximadamente, em um período de tempo de 18 a 23 dias (Duke, 1978).

A iniciação do florescimento em *H. sabdariffa* se mostra independente do fotoperíodo, ocorrendo em comprimentos de dias curtos ou longos (Mansour, 1974). Entretanto, o fotoperíodo pode influenciar a duração do período de florescimento, impactando na produtividade, conforme resultados obtidos por Castro et al. (2004). Neste trabalho, os autores avaliaram a influência do fotoperíodo no período vegetativo e reprodutivo de *H. sabdariffa*, cultivando plantas no estado de Minas Gerais em quatro épocas de plantio (outubro, novembro, dezembro e janeiro) e observaram que a duração do período vegetativo não diferiu entre os plantios, bem como a altura de plantas, que não diferiu significativamente durante o desenvolvimento inicial (cerca de 70 dias). Entretanto, após esse período as plantas cultivadas nos meses de dezembro e janeiro apresentaram aceleração do ciclo, disponibilizando menos tempo para produção de frutos e conseqüentemente, reduzindo a produtividade (Figura 10).



**Figura 10.** Representação esquematizando a duração do período vegetativo e do período reprodutivo em dias após o plantio (DAP) das plantas de *H. sabdariffa* cultivadas em quatro épocas de plantio (Adaptado de Castro et al., 2004).

As plantas cultivadas em outubro e novembro também aumentaram o crescimento vegetativo, apresentando maior altura. Desta forma, os autores sugerem que as plantas sejam cultivadas quando os dias apresentam maior número de horas de luz, de forma que o crescimento vegetativo suporte rendimentos mais elevados.

Os frutos de *H. sabdariffa* são classificados como não climatéricos, ou seja, não apresentam picos na respiração e produção de etileno após a colheita (Zaliha; Norsyuhada, 2015).

## 8. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

O hibisco é uma planta tropical e responde ao fotoperíodo demandando dias curtos para o florescimento. Seu cultivo pode ser realizado de 30° S e 45° N e algumas espécies são amplamente cultivadas na China, Europa e Estados Unidos. Os maiores produtores de *H. sabdariffa* são China e Tailândia, que controlam o mercado mundial desta espécie. Entretanto, o clima úmido destes países pode diminuir a qualidade dos frutos, que se adaptam melhor a ambientes mais secos, característicos dos trópicos e subtropicais (Plotto, 2004).

Um dos estudos mais relevantes sobre a adaptação do hibisco ao meio ambiente é o trabalho de Alexopoulou et al. (2015) sobre a grande expansão de cultivo da espécie *Hibiscus cannabinus*, nativo da África, mas que, no entanto, é capaz de atingir grandes produtividades na Europa e na China, onde é amplamente cultivado. Dentre os fatores chave apontados pelos autores está a escolha do cultivar mais adequado às condições climáticas onde se pensa em iniciar a produção desta espécie. Para o cultivo nos Estados Unidos foram desenvolvidas mais

de 240 variedades de híbridos, mas apenas dez apresentaram potencial para cultivo. Segundo os mesmos autores, o manejo da cultura de forma geral, é determinante para a alta produtividade de *H. cannabinus*, desta forma, tratos culturais como, irrigação, fertilização, manejo de pragas e doenças, devem ser realizados de forma correta.

## 9. Estratégias para altas produções

Os produtos obtidos do hibisco são os mais diversos, considerando o grande número de espécies que abriga o gênero. De acordo com a espécie, os cultivos podem gerar produtos com fins ornamentais, nutricionais e até mesmo para a produção de fibras. A espécie *H. sabdariffa* (Roselle), muito conhecida por suas propriedades nutracêuticas é utilizada em quase todo o mundo para produção de chás, apresenta relevante importância econômica na China, Tailândia e Sudão, porém, embora a produtividade alcançada seja alta, é difícil se obter produtos de qualidade. Em função das condições climáticas, os frutos produzidos no Sudão geralmente apresentam maior qualidade e alcançam os parâmetros estabelecidos pelo controle de qualidade do embargo comercial dos Estados Unidos. Além disso, este é um mercado em crescimento que se apresenta muito desorganizado. A Tailândia tem sido um dos únicos países a conseguir agregar valor aos produtos ao realizar o corte e disponibilizar os cálices de Roselle peneirados em sacos de chá (Plotto, 2004).

A espécie *H. rosa-sinensis*, embora possua muitos caracteres desejáveis para plantas ornamentais, apresenta dificuldade de cultivo em ambientes internos, onde a produção de flores é reduzida pela baixa intensidade luminosa. A busca por variedades adaptadas a essas condições poderia expandir o uso desta espécie no mercado de plantas ornamentais, considerando o crescente número de pessoas que vivem em apartamentos ou outras moradias com espaço limitado para o cultivo de jardins (Reid; Wollenweber; Serek, 2002).

Outro representante importante do gênero *Hibiscus*, a espécie *H. cannabinus*, exige como estratégia para aumentar sua produção, a obtenção de novos cultivares adaptados para condições climáticas diversas, bem como resistência a pragas e doenças. Alexopoulou et al. (2015), recomendam mais pesquisas para apropriar os sistemas de rotação adequados para a cultura. Além disso, é importante orientar os produtores sobre o método e o correto momento da colheita, que depende basicamente da finalidade da produção (produção de fibras, produção de sementes, utilização como forragem e produção de energia).

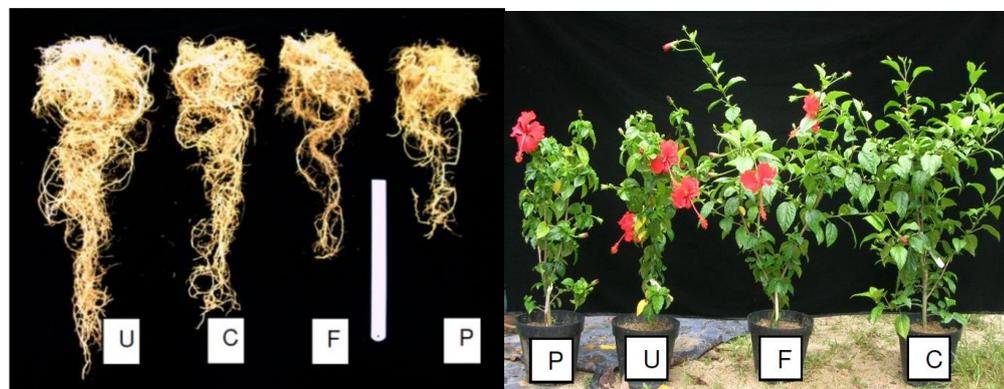
## 10. Efeitos de reguladores vegetais

A atividade do etileno é um dos fatores mais limitantes na determinação da vida das flores de *H. rosa-sinensis*, por isso possui grande importância para a espécie, regulando o processo de senescência. Neste sentido, o inibidor da atividade do etileno 1-MCP, amplamente utilizado no período pós-colheita de hortaliças e flores, é uma alternativa para estender o período de florescimento nesta espécie. Reid, Wollenweber e Serek (2002), tratando flores de *H. rosa-sinensis* com o gás 1-MCP e tiosulfato de prata – outro agente empregado na inibição da atividade do etileno – demonstraram que ambos os produtos podem estender a vida das flores, entretanto o tratamento com tiosulfato de prata se mostrou menos efetivo e o uso de 1-MCP, quando aplicado durante 6 horas, não apresentou resultados satisfatórios, desta forma, o autor recomenda o tratamento contínuo das flores com o gás. Em outro estudo, realizado por Trivellini et al. (2011), o uso de 1-MCP em flores de *H. rosa-sinensis* reduziu a ação do etileno até 6 horas depois da aplicação do tratamento, sendo que 9 horas após, encontraram-se os maiores picos na atividade do hormônio. Entretanto, as flores não apresentaram sinais de senescência como o enrolamento das pétalas, permanecendo abertas até o fim do experimento.

Como já mencionado, o processo de floração nesta espécie é muito inconsistente e indeterminado. Mesmo entre plantas cultivadas percebe-se falta de sincronização no surgimento das flores. Nesse sentido, o uso de reguladores vegetais tem-se mostrado uma alternativa viável para controlar o crescimento vegetativo e promover a reprodução. O mecanismo de ação desses biorreguladores envolve basicamente a inibição do hormônio giberelina (GA) que, mesmo estando relacionado à indução do florescimento em algumas espécies, pode causar efeito contrário em muitas outras (Mouco; Ono; Rodrigues, 2010; Siqueira; Salomão, 2002). Avaliando o efeito de três reguladores utilizados comercialmente (paclobutrazol, uniconazole e flurprimidol), Roseli (2012), percebeu aumento na produção de flores de *H. rosa-sinensis*, bem como redução no comprimento das plantas, onde paclobutrazol apresentou resultados mais significativos. Além disso, percebeu-se redução da área foliar, que resultou em folhas de coloração verde escura devido à maior concentração de clorofila. Outra característica observada foi o aumento do crescimento radicular, principalmente com o tratamento uniconazole (Figura 11). Segundo o autor, esta característica pode estar associada à redução da demanda de fotoassimilados para o crescimento aéreo, aumentando o suprimento para o crescimento de raízes.

O crescimento radicular também mostrou relação direta com a produção de flores, provavelmente em função da maior produção de raízes finas – que também foi observada, –

por estarem envolvidas na absorção da maior parte de água e nutrientes essenciais, aumentando o suprimento para o florescimento (Roseli, 2012).



**Figura 11.** Efeito de reguladores vegetais em plantas de *H. rosa-sinensis* no crescimento radicular (A) e na produção de flores (B) (Adaptado de Roseli, 2012).

O uso de biorreguladores em *H. sabdariffa* é uma alternativa viável, visto que a obtenção de híbridos através dos programas de melhoramento genético é dificultada por possuírem flores cleistogâmicas. Considerando que esta espécie possui frutos climatéricos, seu processamento e comercialização devem ser rápidos, de forma a não os expor à rápida deterioração. O envolvimento do fruto pelo cálice após a fecundação, dificulta esse processo, já que estas estruturas devem ser separadas para a comercialização, em uma atividade dispendiosa e demorada. Sendo assim, quando o objetivo principal é a produção de frutos, a indução da partenocarpia e consequente produção de frutos sem fecundação e produção de sementes, é uma das soluções para este problema e pode ser obtida com o uso de reguladores. Zaliha e Norsyuhada (2015), testaram as melhores concentrações de ácido indolilacético (IAA) e giberelina para a produção de frutos sem sementes em plantas de *H. rosa-sinensis* e concluíram que a dose de 800 mg/L de giberelina é efetiva em induzir a partenocarpia e produz maior número de frutos quando comparada à mesma dose de IAA. Além disso, altas concentrações de IAA causaram queda precoce dos frutos, diminuindo também seu peso fresco.

## Referências

ALEXOPOULOU, E. et al. How kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) can achieve high yields in Europe and China. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 68, p. 131-140, 2015.

AMIRAH, N.; ALIAS, A.A.; WAN ZALIHA, W.S. Effects of mycorrhizal inoculation on growth and quality of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) grown in soilless culture system. **Malaysian Applied Biology**, Bangi, v. 44, n. 1, p. 57-62, 2015.

ANJAH, G.M. et al. Assessment of regeneration potential of *Hibiscus sabdariffa* L. under established ecosystems in Cameroon. **Journal of Horticulture and Forestry**, Sapele, v. 4, n. 6, p. 96-102, 2012.

ANYINKENG, N.; MIH, A.M. Soil nutrient supplementation on growth and biomass production of Roselle under tropical conditions. **Agriculture and Biology Journal of North America**, Milford, v. 2, n. 4, p. 603-609, 2011.

BEERS, L.; HOWIE, J. **Growing hibiscus**. 2<sup>nd</sup> ed. Hong Kong: Kangaroo Press, 1990. 67 p.

BERTRAM, L. The relation between adventitious root formation and the post propagation growth of *Hibiscus rosa-sinensis* L. **Acta Horticulturae**, Leuven, n 314, 1992.

BIAGOLINI, C.H. **Hibisco: muito mais que um arbusto**. São Paulo: UNESP, 2014. 107 p.

BREDOW, E.A. **Atributos do solo em áreas de ocorrência de *Tecoma stans* (L.) Juss. Ex. Kunth (bignoniaceae) no estado do Paraná**. 2007. 26 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Solos) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

BROSCHAT, T.K.; MOORE, K.A. Effects of fertilization on the growth and quality of container-grown Areca Palm and Chinese Hibiscus during establishment in the landscape. **HortTechnology**, Alexandria, v. 20, n. 2, p. 389-394, 2010.

CARAMEZ, R.R.B. **Caracterização físicoquímica e estudo da estabilidade das antocianinas do cálice de *Hibiscus sabdariffa* L.** 1999. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

CASTRO, N.E.A. et al. Planting time for maximization of yield of vinegar plant calyx (*Hibiscus sabdariffa* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 542-551, 2004.

DUKE, J.A. The quest for tolerant germplasm. In: LEVITT, J.; JUNG, G.A. (Ed.). **Crop tolerance to suboptimal land conditions**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p. 1-61.

DZULHAIMI, S.B. **Physical characteristic and germination of *Hibiscus sabdariffa* L. following hidrattation treatments**. 2012. 31 f. Thesis (Bachelor of Science) - University Malaysia Sarawak, Malaysia, 2012.

EGILLA, J.N.; DAVIES JUNIOR, F.T.; BOUTTON, T.W. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of *Hibiscus rosa-sinensis* at three potassium concentrations. **Photosynthetica**, Dordrecht, v. 43, n. 1, p. 135-140, 2005.

EL-KHOLY, M.A.; KASEM, W.T.; MABROUK, A.S. Taxonomic evaluation using pollen grain sculpture and seed coat characters of 11 taxa of genus *Hibiscus* (Malvaceae) in Egypt. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 56, n. 1, p. 9-15, 2011.

ESTEVEES, G.L.; DUARTE, M.C.; TAKEUCHI, C. Sinopse de *Hibiscus* L. (Malvoideae, Malvaceae) do Estado de São Paulo, Brasil: espécies nativas e cultivadas ornamentais. **Hoehnea**, São Paulo, v. 41, n. 4, p. 529-539, 2014.

FRYXELL, P.A. Malvaceae of México. **Systematic Botany Monographs**, Ann Arbor, v. 25, p. 296-308, 1988.

INGRAM, D.L.; RABINOWITZ, L. **Hibiscus in Florida**. Gainesville: University of Florida, 1985. 131 p. (IFAS Extension Publication, ENH44).

IZADI, Z.; ZAREI, H. Evaluation of propagation of chinese hibiscus (*Hibiscus rosa-sinensis*) through stenting method in response to different IBA concentrations and rootstocks. **American Journal of Plant Sciences**, Irvine, v. 5, 1836-1841, 2014.

KASLIWAL, S.; SRINIVASAMURTHY, K.M. Influence of arbuscular mycorrhizae inoculation on growth and development of *Hibiscus rosa-sinensis*. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, Kancheepuram, v. 5, n. 3, p. 659-666, 2016.

LUND, J.B.; ANDREASSEN, A. Effect of a dynamic climate on energy consumption and production of *Hibiscus rosa-sinensis* L. in greenhouses. **HortScience**, St. Joseph, v. 41, n. 2, p. 384-388, 2006.

MANSOUR, B.M.M. Effect of temperature and day length on growth and flowering of roselle *Hibiscus sabdariffa* L. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 3, p. 129-135, 1974.

MENDES, A.M.S. **Introdução à fertilidade do solo**. Salvador: UFBA, 2007.

MOHAMED, B.B. et al. Tolerance of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) genotypes to drought stress at vegetative stage. **Advancements in Life Sciences**, Lahore, v. 2, n. 2, p. 74-82, Feb. 2015.

MORTENSEN, L.M. The effect of photosynthetic active radiation and temperature on growth and flowering of ten flowering pot plant species. **American Journal of Plant Sciences**, Irvine, v. 5, 1907-1917, 2014.

MOUCO, M.A.C.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Inibidores de síntese de giberelinas e crescimento de mudas de mangueira 'Tommy Atkins'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 273-279, 2010.

NYARCO, G. et al. The effect of containers types, seed dressings and desiccants on the viability and vigour of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*) seeds. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v. 9, n. 4, p. 593-597, 2006.

PFEIL, B.E. et al. Phylogeny of hibiscus and the tribe Hibisceae (Malvaceae) using chloroplast DNA sequences of *ndhF* and the *rpl16* Intron. **Systematic Botany**, Notre Dame, v. 27, n. 2, p. 333-350, 2002.

PLOTTO, A. **Hibiscus: post-production management for improved market**. Rome: FAO, 2004. 20 p. (FAO. Post-Harvest Compendium).

RAVEN, P.H.; JOHNSON, G.B. The plant body. In: RAVEN, P.H. et al. **Biology**. 6<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

REID, M.S.; WOLLENWEBER, B.; SEREK, M. Carbon balance and ethylene in the postharvest life of flowering hibiscus. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, p. 227–233, 2002.

ROSELI, A.N.M. Plant growth retardants effect on growth and flowering of potted *Hibiscus rosa-sinensis* L. **Journal of Tropical Plant Physiology**, v. 4, p. 29-40, 2012.

SIMÕES, R.A.L.; PRADO, G.A.F. **Utilização da interceptação luminosa como estratégia para o manejo do pastejo em sistemas tropicais**. Uberaba: Faculdades Associadas de Uberaba, 2011. (Cadernos de Pós-Graduação da FAZU, 2).

SOQUEIRA, D.L.; SALOMÃO, L.C.C. Efeitos do paclobutrazol no crescimento e florescimento dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 23, n. 2, p. 355-369, 2002.

THULAJA, N.R. **Hibiscus**. National Library Board, 2005. Disponível em: <[http://eresources.nlb.gov.sg/infopedia/articles/SIP\\_211\\_2005-01-09.html](http://eresources.nlb.gov.sg/infopedia/articles/SIP_211_2005-01-09.html)>. Acesso em 01 out. 2016.

TRIVELLINI, A. et al. Effects of abscisic acid on ethylene biosynthesis and perception in *Hibiscus rosa-sinensis* L. flower development. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n. 15, p. 5437–5452, 2011.

VAN DOORN, W.G.; STEAD, A.D. Abscission of flowers and floral parts. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 48, n. 309, p. 821-837, 1997.

VINOD PAI, V. **Reproductive biology and tissue culture of hibiscus and its hybrids**. 1990. 231 f. Thesis (PhD in Physiology) - Bangalore University, Bangalore, 1990.

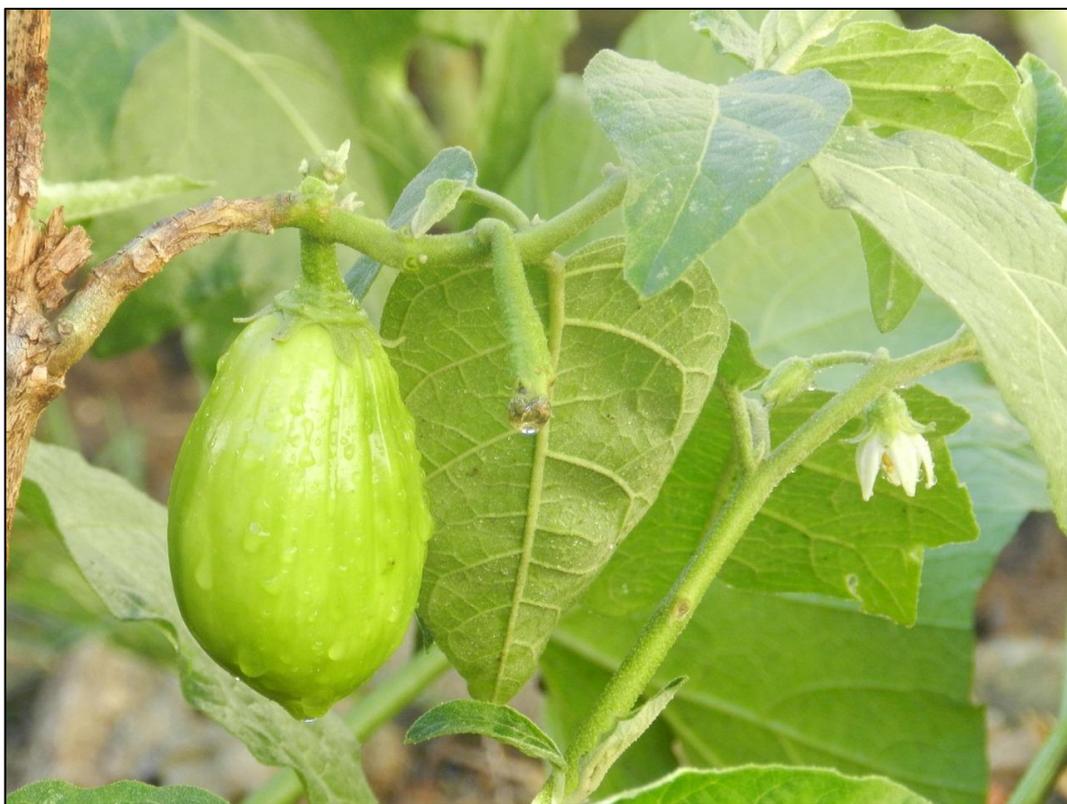
WANG, Q.; ANDERSEN, S. Propagation of *Hibiscus rosa-sinensis*: relations between stock plant cultivar, age, environment and growth regulator treatments. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 251, p. 289-310, 1989.

WILSON, F.D. Hibiscus section furcaria (Malvaceae) in Australia. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 22, p. 157-182, 1974.

YAMAMOTO, N.T. et al. Desenvolvimento de (*Hibiscus sabdariffa* L.) cultivadas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 771-773, 2007.

ZALIHA, S.; NORSYWADA, W.S.A. Effects of different concentrations of auxin and gibberellin in developing seedless roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) fruit and postharvest quality. **Journal of Tropical Plant Physiology**, v. 7, p. 26-35, 2015.

# JILÓ



**JILÓ** (*Solanum gilo*)

Eloísa Torrezan

## 1. Origem e distribuição geográfica

Jiló, cientificamente denominado *Solanum gilo*, é uma espécie pertencente à família Solanaceae, portanto aparentado das batatas e dos tomates. É uma planta típica de regiões tropicais e acredita-se que tenha se originado no continente africano e que tenha sido introduzida no Brasil através dos escravos que vieram cultivar cana-de-açúcar em Pernambuco, no século 17. Contudo, alguns autores indicam que ela seja originária da Ásia, mais precisamente da Índia (Pinheiro et al., 2015).

A maioria dos cultivares disponíveis no Brasil apresenta sabor amargo acentuado. Costuma ser consumido quando bem desenvolvido, porém ainda em seu estado verde, ou seja, imaturo, sendo rejeitado nas prateleiras quando sua cor começa a mudar. Os frutos são ricos em proteínas, carboidratos, gorduras, fósforo, ferro e vitaminas A, B e C; as moléculas que

conferem amargor ao fruto são as mesmas capazes de auxiliar na regulação do sistema digestivo e agem como estimulante do metabolismo hepático.

Existem dois principais tipos de jilós encontrados no Brasil (Figura 1). Um deles tem formato comprido e coloração verde clara, como por exemplo, o cultivar Tingua que ganhou grande destaque devido suas altas taxas de produtividade, principalmente na década de 1980 (Pinheiro et al., 2015). Outro principal tipo é o mais arredondado, com coloração mais escura e sabor mais amargo, como por exemplo, o cultivar Morro Redondo. O ‘Morro Redondo’ apresenta como vantagem um maior tempo de prateleira do que o mais comprido, pois permanece verde, ou seja, imaturo. Os cultivares mais arredondados são os mais plantados no Estado de São Paulo, como por exemplo, cultivares Esmeralda e Cristal.



**Figura 1.** Foto dos dois principais tipos de jiló cultivados no Brasil, sendo em A um representante das variedades escuras e arredondadas e, em B, as oblongas verde-claras (Adaptado de Solano, 2019).

Na Tabela 1 estão elencados os principais tipos de jilós cultivados no Brasil e as características de seus frutos (Pinheiro et al., 2015).

**Tabela 1.** Características dos principais cultivares de jiló.

| <b>Cultivar</b>      | <b>Formato do fruto</b> | <b>Coloração do fruto</b> |
|----------------------|-------------------------|---------------------------|
| Comprido Grande Rio  | Alongado                | verde-clara brilhante     |
| Comprido Gurupi      | Alongado                | verde-clara               |
| Comprido Verde Claro | Alongado                | verde-clara               |
| Cristal              | Redondo                 | verde-média brilhante     |
| Esmeralda (híbrido)  | Redondo                 | verde-intensa             |
| Morro Grande         | Redondo                 | verde-escura brilhante    |
| Morro Grande Verde   | Redondo                 | verde-escura              |
| Ouro Verde (híbrido) | oblongo                 | verde bastante clara      |
| Português            | oblongo                 | verde-clara               |
| Redondo Morro Grande | redondo                 | verde-escura brilhante    |
| Teresopolis Gigante  | oblongo                 | verde bastante clara      |
| Tingua Verde Claro   | oblongo                 | verde-clara               |
| Turmalina (híbrido)  | oblongo                 | verde-escura              |

Os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais são os maiores produtores desse cultivo, os quais apresentam uma média produtiva de aproximadamente 20 a 60 toneladas por hectare (Pinheiro et al., 2015).

## 2. Classificação botânica

O jiló está compreendido no reino Plantae, assim como todas as plantas. Atualmente essa denominação caiu em desuso e tratam-se apenas do domínio Eucarya. Tracheobionta é nome dado ao sub-reino das plantas vasculares. O jiló está compreendido na superdivisão Spermatophyta, referente às plantas que produzem sementes. Pertence a divisão Magnoliophyta, assim como todas as plantas com flores, compreendido na classe Magnoliopsida (das dicotiledôneas), subclasse: Asteridae, ordem: Solanales e família: Solanaceae, tal como a batata, o tomate e a berinjela. Pertence ao gênero: *Solanum* L. e, por último, o nome científico referente à sua espécie é *Solanum aethiopicum* gr. Gilo.

O gênero *Solanum* tem grande visibilidade agrônômica, compreendendo pelo menos 14 espécies comestíveis, as quais apresentam exigências fisiológicas com semelhanças ao jiloeiro (Pinheiro et al., 2015).

### 3. Morfologia e anatomia

O jiloeiro é perene e herbáceo, apresenta crescimento ereto e indeterminado, atingindo aproximadamente 1 metro de altura. Dentre as espécies da família Solanacea, o jiloeiro é uma das plantas mais rústicas e resistentes às condições de estresse, contudo, no Brasil há um grande número de doenças que podem atingir os cultivares de jiló, sendo importante atentar-se às épocas de cultivo e às condições de microclima no local do plantio (Pinheiro et al., 2013).

As folhas possuem colorações que variam de verde-claro a verde-escuro, dependendo da variedade, mas em geral são de tamanho médio-grande, possuem tricomas, são inteiriças, com formato oblongo e profundamente angulado. Morfologicamente, em cada nó é observada apenas uma folha com longo pecíolo (Figura 2).



**Figura 2.** Folha e flor de jiloeiro (Adaptado de Oliveira, 2011).

Apresenta flores brancas dispostas em racemos, contendo de duas a quatro unidades. As plantas são hermafroditas e autoférteis, ou seja, ambos os sexos estão presentes em uma mesma flor (Figueira, 2003).

Os frutos são arredondados, solitários, do tipo baga, sendo que alguns apresentam um ou dois sulcos sutis. Os frutos quando maduros apresentam coloração avermelhada, apresentando tamanho de aproximadamente 5 cm de diâmetro, muitas vezes são arredondados, contudo, apresentam formato oblongo com extremidade levemente afunilada. Suas sementes são redondas, achatadas e amarelas, assim como as de berinjela.

#### 4. Germinação e propagação

Para a implementação de um sistema de produção de jiló, um dos fatores em que se deve ter mais atenção é a qualidade das sementes, fator influenciável quanto ao local de origem (Carvalho; Nakagawa, 2012). Sabemos que a qualidade das sementes está diretamente relacionada com a disponibilidade nutricional do solo. O grau de maturação das sementes influencia em sua qualidade para plantio, sendo que sementes imaturas apresentam baixo vigor e baixo poder de germinação; segundo Silva et al. (2015), o estágio de translocação dos nutrientes para as sementes interfere no fenótipo e na composição química da planta e, além disso, é de suma importância a atenção no armazenamento de sementes após sua maturação fisiológica, para um programa de produção de sementes de qualidade.

Em termos técnicos para cultivo, é informado que 10 gramas de sementes de jiloeiro são capazes de originar em média mil mudas, dessa forma, são necessárias aproximadamente 100 gramas de sementes para plantio de uma área de 1 hectare.

A presença de água no solo é um dos principais fatores para uma alta taxa de germinação das sementes. A água é essencial para todas as rotas metabólicas compreendidas no processo germinativo, sendo que o excesso de sais dissolvidos na água reduz o potencial hídrico do solo, prejudicando a absorção de água pelas sementes e, conseqüentemente, diminuindo a taxa de germinação (Cavalcante; Perez, 1995; Melloni et al., 2012).

É importante ressaltar que, de acordo com a salinidade da solução do solo, as espécies vegetais são classificadas em dois grupos: as que completam o ciclo em ambiente salino são chamadas de halófitas, e as que apresentam limitações em relação aos níveis de salinidade são denominadas glicófitas (Taiz; Zeiger, 2017). Logo, diferentes espécies respondem distintamente ao estresse salino, assim como diferentes cultivares da mesma espécie.

No que compete à propagação vegetativa, sugere-se que a produção de mudas deve ser feita em bandejas seccionadas em células de 128 ou 200 unidades, preenchidas com substrato de qualidade, livre de patógenos. Todas as condições devem ser proporcionadas à planta para um desenvolvimento saudável nessa fase inicial, como irrigação, fertilização e manejo fitossanitário, se possível em condições protegidas, por exemplo, em casa de vegetação.



**Figura 3.** Exemplo de semeadura de jiloeiro em bandejas (Adaptado de Oliveira, 2011).

Entre 30 a 40 dias após a semeadura, é esperado que ocorra emergência das plantas, mas esse período pode variar de acordo com a temperatura do local. Após o aparecimento de quatro a seis folhas e bom desenvolvimento do sistema radicular, pode ser realizado o plantio a pleno sol.

Alguns cuidados devem ser tomados para um transplântio das mudas com sucesso. É importante que o solo seja preparado antes do transplântio, com irrigação abundante para evitar o estresse das plantas, porém há estudos que apontam que um baixo estresse hídrico por 3 a 5 dias após o transplântio, colabora para um aprofundamento maior das raízes, favorecendo posteriormente uma maior eficiência de absorção de água e nutrientes.

É indicado que o transplântio ocorra preferencialmente aos finais de tarde ou em dias nublados, a fim de amenizar o estresse sofrido pela planta. Além disso, não é indicada a poda das plantas nesse estágio inicial, para evitar a infecção de patógenos. Aconselha-se que, quando necessário, o solo seja gradeado para que se tenha aeração e efetue-se calagem.

Normalmente, o espaçamento de plantio utilizado é de 1,00 m a 1,50 m entre linhas e 0,70 m a 1,00 m entre plantas. As covas de plantio devem medir aproximadamente 25 cm por 25 cm e ter pelo menos 15 cm de profundidade. É importante que a planta fique um pouco mais afundada em relação à profundidade que ela se encontrava na fase de formação de mudas. Abaixo, (Figura 4), encontra-se um exemplo de plantação de jiloeiros com sistema de irrigação.



**Figura 4.** Exemplo de lavoura de jiló (Adaptado de Wikipédia, 2011).

## **5. Desenvolvimento da planta**

Após a semeadura, as sementes levam em torno de 30 a 40 dias para sua germinação. Durante esse processo, ocorrem sucessivas divisões e expansões celulares e, conseqüentemente, aumento da matéria seca. Esses processos são resultado, principalmente, da atividade de determinadas organelas presentes no embrião e nos tecidos de reserva (endosperma ou perisperma) que acumulam carboidratos, lipídeos e proteínas (Alvez, 2016). Abaixo (Tabela 2) se encontra a quantidade de dias aproximada referente ao ciclo de desenvolvimento das principais variedades de jiloeiro comercializadas no Brasil.

**Tabela 2.** Quantidade média de dias do ciclo de desenvolvimento dos principais cultivares de jiloeiro do Brasil.

| <b>Cultivar</b>      | <b>Ciclo (dias)</b> |
|----------------------|---------------------|
| Comprido Grande Rio  | 90 a 100            |
| Comprido Gurupi      | 90 a 100            |
| Comprido Verde Claro | 90 a 150            |
| Cristal              | 115                 |
| Esmeralda (híbrido)  | 110 a 120           |
| Morro Grande         | 110 a 130           |
| Morro Grande Verde   | 110                 |
| Ouro Verde (híbrido) | 110 a 115           |
| Português            | 110 a 130           |
| Redondo Morro Grande | 90 a 100            |
| Teresopolis Gigante  | 90 a 110            |
| Tingua Verde Claro   | 110                 |
| Turmalina (híbrido)  | 110 a 115           |

A maioria das variedades cultivadas no Brasil apresenta crescimento vegetativo indeterminado, muitas vezes sendo necessária utilização de estacas de suporte. Por ser uma planta herbácea, geralmente possui porte ereto atingindo mais de um metro de altura. Como se trata de uma dicotiledônea, a raiz desta planta é pivotante, chegando a aproximadamente 1,5 m de profundidade e conferindo sustentação à planta. Há também o rápido desenvolvimento de raízes secundárias, responsáveis pela absorção da maior parte dos nutrientes solubilizados no solo, necessários à planta.

O desenvolvimento das sementes ocorre de forma sincronizada com o desenvolvimento do fruto, dessa forma, o acompanhamento da maturação é feito por meio da observação das modificações que ocorrem no fruto, como a cor, tamanho, teor de água, a quantidade de matéria seca e vigor. É sabido que as sementes atingem máxima qualidade assim que o fruto atinge a maturidade fisiológica, em que há maior taxa de acumulação de matéria seca e finalização dos processos bioquímicos da maturação. Ainda assim, a ocorrência desta etapa varia de acordo com os cultivares e a identificação da maturação das sementes pode variar, nem sempre sendo fácil sua detecção (Carvalho; Nakagawa, 2012).

Haag et al. (1979) analisaram o processo de desenvolvimento do jiloeiro através da quantificação da matéria seca de diferentes partes da planta, por planta e por hectare, fazendo os cálculos com base em um cultivo de 25.000 plantas/ha (Tabela 3). Foi possível observar

que o crescimento do jiloeiro é lento em torno dos 105 dias de idade, contudo, logo após, há um salto de desenvolvimento, período que coincide com o início da frutificação.

**Tabela 3.** Produção de matéria seca em grama por planta e por hectare.

| <b>Idade após germinação (dias)</b> | <b>Órgão</b> | <b>g/planta</b> | <b>kg/ha</b> |
|-------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|
| 30                                  | Folhas       | 0,075           | 1,885        |
|                                     | Caule        | 0,023           | 0,575        |
|                                     | Total        | 0,098           | 2,460        |
| 55                                  | Folhas       | 0,413           | 10,325       |
|                                     | Caule        | 0,115           | 2,875        |
|                                     | Total        | 0,528           | 13,200       |
| 80                                  | Folhas       | 1,240           | 31,000       |
|                                     | Caule        | 0,300           | 7,500        |
|                                     | Total        | 1,540           | 38,500       |
| 105                                 | Folhas       | 24,360          | 121,750      |
|                                     | Caule        | 12,650          | 63,250       |
|                                     | Total        | 37,010          | 185,000      |
| 130                                 | Folhas       | 89,320          | 372,000      |
|                                     | Caule        | 57,100          | 237,750      |
|                                     | Frutos       | 18,690          | 77,750       |
|                                     | Total        | 165,110         | 687,500      |
| 155                                 | Folhas       | 106,490         | 2.662,250    |
|                                     | Caule        | 68,080          | 1.702,000    |
|                                     | Frutos       | 22,280          | 557,000      |
|                                     | Total        | 196,850         | 4.921,250    |
| 180                                 | Folhas       | 67,590          | 1.689,250    |
|                                     | Caule        | 126,600         | 3.165,000    |
|                                     | Frutos       | 35,630          | 890,750      |
|                                     | Total        | 229,820         | 5.745,500    |

## 6. Efeitos de fatores ecológicos

Como mencionado anteriormente, o jiló é uma planta típica de regiões tropicais, portanto bem adaptada ao clima quente. Suas temperaturas ótimas variam entre uma restrita amplitude, de 26 a 28° Celsius, portanto, se desenvolvendo melhor em locais de temperatura amena a quente. A planta é pouco tolerante ao frio e as geadas configuram um grande fator limitante para o sucesso dessa cultura em determinadas regiões.

Segundo Filgueira (1982), em locais onde as temperaturas caem durante o inverno, pode haver um grande prejuízo à colheita, pois flores e pequenos frutos caem, além de ocasionarem escurecimento das sementes e marcas na casca que desvalorizam sua comercialização. Também, é indispensável para cultura do jiló, dias longos, ou seja, um fotoperíodo com grande número de horas, para que a planta possa se desenvolver saudavelmente. É importante que se evite plantio durante o inverno para evitar problemas com o desenvolvimento da planta levando a baixas produções.

Em grande parte das localidades em que é cultivado, o jiloeiro costuma ser plantado entre os meses de agosto e fevereiro. Contudo, em locais de baixa altitude e inverno ameno, é possível observar períodos distintos de plantio, variando ao longo do ano.

## 7. Relações hídricas

O cultivo do jiloeiro é bem tolerante à seca em comparação a seus parentes tomate e berinjela, por ser uma planta mais rústica, contudo é indispensável que haja satisfatória disponibilidade de água, sendo as precipitações bem distribuídas durante o ano todo. Em contrapartida, mesmo se tratando de uma planta relativamente mais rústica, as plantas de jiló não toleram excesso de água no solo (Leão et al., 2010).

No processo de germinação das sementes, a água não é apenas um fator inicial, mas também está envolvida direta e indiretamente em todas as etapas do processo germinativo (Cavalcante; Perez, 1995). O déficit hídrico pode causar inicialmente uma perda de turgescência celular que, por sua vez, reduz as trocas gasosas e o alongamento das folhas, uma vez que ambos são processos dependentes de turgescência. O resultado é uma diminuição na taxa de crescimento, uma vez que esta é uma função da taxa de transpiração e da área foliar (Chartzoulakis et al., 1993). Outros trabalhos que analisaram os efeitos do déficit hídrico sobre as plantas de jiloeiro demonstraram, além da diminuição da expansão foliar, também acarreta uma diminuição do número de folhas, contribuindo com redução da área fotossintética nas plantas estressadas. Arkin et al. (1983), apontam o déficit hídrico como

responsável por promover alterações no número total de folhas, na taxa de emergência foliar, na expansão e na senescência foliar

Também, o excesso de sais dissolvidos na água, reduz o potencial hídrico do solo e conseqüentemente a absorção de água pelas sementes, implicando na redução da embebição e inibição do processo germinativo, assim como todas as outras alterações (Melloni et al., 2012).

Kinak et al. (2010), ao analisarem os processos fisiológicos da berinjela, perceberam que sob condições de déficit hídrico, houve uma redução muito significativa tanto na biomassa seca quanto no conteúdo total de clorofila, além de um grande prejuízo no desenvolvimento do sistema radicular. Também foi possível observar que, nas condições testadas no trabalho, houve na folha uma redução nas concentrações dos nutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio.

É recomendado um sistema de irrigação por gotejamento para a cultura do jiló. O gotejamento é um sistema capaz de evitar o excesso de umidade no solo e, conseqüentemente, a ocorrência de problemas fitossanitários. Sem água nas entrelinhas, a infestação de plantas invasoras é menor. Orienta-se sobre a implementação de um sistema de fertirrigação, pois se trata de uma alternativa que contribui para reduzir os custos com adubos e mão de obra.

## **8. Solos, nutrição e micorrizas**

O substrato assume papel fundamental para o sucesso na produção de qualidade, já que confere boa arquitetura radicular e bom desenvolvimento geral da parte aérea da planta, inclusive do fruto, objetivo econômico desta cultura.

Materiais orgânicos incorporados ao solo garantem maior vigor durante o crescimento da planta e, conseqüentemente, conferem maior resistência ao ataque de pragas, como por exemplo, os nematoides, praga bastante importante nesta cultura. Além do mais, a matéria orgânica favorece a microbiota do solo, permitindo harmonia da microfauna, em especial, mantendo os inimigos naturais. A manutenção da microbiota também é de suma importância, tendo em vista a necessidade da ciclagem de nutrientes no solo, favorecendo as propriedades físicas e tornando alguns nutrientes mais disponíveis à planta, como por exemplo, o nitrogênio.

O solo ideal para o cultivo do jiloeiro deve apresentar boa drenagem, textura média, saturação de base acima de 70% e pH entre 5,5 e 6,8. É uma planta resistente às variações do pH do solo, sendo tolerante à acidez. Ainda assim, recomenda-se calagem do solo quando o pH for inferior a 5,5 e o teor de alumínio for superior a 0,2 mol/dm<sup>3</sup>.

A necessidade de adubação do solo é bastante variável e recomenda-se uma análise química prévia. Mas em geral, é recomendado que em 10 a 15 dias antes do plantio, sejam depositadas nas covas da lavoura em média 30 toneladas por hectare de esterco de curral e 7,5 toneladas por hectare de esterco de galinha. Essas médias são variáveis, dependendo da necessidade nutricional do solo, sendo que em solos arenosos ou pobres em matéria orgânica são recomendadas maiores quantidades. Além disso, esse esterco deve ser curtido ou compostado (Pinheiro et al., 2013).

O bagaço de cana-de-açúcar, palha de café, resíduos de brássicas, esterco de animais e torta de mamona, são exemplos de alguns materiais alternativos, fontes de matéria orgânica adequada ao solo para cultivo de jiló. Contudo, é importante conhecimento da procedência desses materiais antes da aplicação, pois podem ser fonte de doenças, quando não em condições fitossanitárias adequadas, por isso, alguns realizam a esterilização prévia desses materiais (Pinheiro et al., 2013).

Aplicam-se diretamente nas covas os macronutrientes fosfatados e nitrogenados também 10 a 15 dias antes do plantio das mudas, dando preferência ao nitrato e sulfato de potássio. Os demais fertilizantes podem ser aplicados superficialmente ao solo, pelo menos a cada 15 dias. Nas Tabelas 4 e 5 abaixo, tem-se as recomendações dos principais minerais estabelecidas por Ribeiro et al. (1999).

**Tabela 4.** Recomendação da adubação mineral com nitrogênio  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

| Disponibilidade de fósforo ou potássio | Dose total (kg/ha) |        |            |
|--|--------------------|--------|------------|
|  | $P_2O_5$           | $K_2O$ | Nitrogênio |
| Baixa                                  | 200                | 160    | 100        |
| Média                                  | 160                | 120    | 100        |
| Boa                                    | 120                | 80     | 100        |
| Muito boa                              | 80                 | 50     | 100        |

**Tabela 5.** Recomendação do parcelamento da adubação mineral com nitrogênio  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

| Nutriente  | Plantio (%)                             | 1 <sup>a</sup> | 2 <sup>a</sup> | 3 <sup>a</sup> | 4 <sup>a</sup> | 5 <sup>a</sup> | 6 <sup>a</sup> |
|------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|            | ----- (%) do total indicado acima ----- |                |                |                |                |                |                |
| Nitrogênio | 40                                      | 10             | 10             | 10             | 10             | 10             | 10             |
| $P_2O_5$   | 100                                     | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| $K_2O$     | 40                                      | 10             | 10             | 10             | 10             | 10             | 10             |

Estudos indicaram que a quantidade ideal de oferecimento de fósforo está entre 200 e 400 kg por hectare de  $P_2O_5$ , quantidades sujeitas à variação de acordo com o tipo de solo e cultivar plantado (Filgueira, 2003).

Torres et al. (2003), confirmaram que uma boa distribuição de nitrogênio durante todo o ciclo de desenvolvimento do jiloeiro acarreta um aumento na produtividade. As doses testadas no trabalho estão entre 24 a 98 kg  $ha^{-1}$  em que, todos os tratamentos apresentaram aumento significativo da matéria seca colhida, contudo, sem diferença estatística entre eles. Portanto, sugere-se cerca de 60 kg  $ha^{-1}$  mensalmente. Além disso, o trabalho aponta que a pluviometria aproximada do mês analisado foi de 260 mm, constatando que este fator climático influenciou positivamente no desenvolvimento da cultura.

Além disso, também outros nutrientes são necessários durante o plantio, como o boro, zinco e enxofre, as quantidades recomendadas por hectare são: 1,0 kg de boro, 3,0 kg de zinco e de 10 a 30 kg de enxofre.

Doses elevadas de nutrientes podem causar efeitos de toxidez nas plantas, como redução do número de frutos produzidos. Para o fósforo, a dose máxima de 200 kg por hectare, afeta o crescimento do sistema radicular. Para o nitrogênio e potássio, também é importante se evitar uma superdosagem para maior floração e menor abortamento de frutos, para tanto, é importante que as aplicações sejam bem distribuídas.

Furlani et al. (1978) apresentaram as seguintes médias das concentrações dos nutrientes na matéria seca do fruto: nitrogênio: 2,46%, fósforo: 0,46%, potássio: 3,07%, cálcio: 0,26%, magnésio: 0,23%, enxofre: 0,20%, boro: 17ppm, cloro: 2928 ppm, cobre: 8,9 ppm, ferro: 69 ppm, manganês: 38 ppm, molibdênio: 0,06 ppm, zinco: 23 ppm.

Haag et al. (1979) observaram que as concentrações do elemento Boro é maior no início do desenvolvimento da planta e decai com o passar do tempo. Outros elementos químicos como o Cobre, Manganês e Zinco apresentam-se em altas concentrações durante todo o ciclo do jiloeiro. Nas folhas, o Molibdênio tem concentrações que variam entre 0,2 e 0,6 ppm e, nos frutos, aproximadamente 0,1 ppm.

## **9. Fotossíntese e translocação**

O jiloeiro é uma hortaliça tipicamente tropical, muito exigente em calor e pouco tolerante ao frio. Com relação às condições hídricas, segundo Carvalho e Nakagawa (2000), o alto teor de água nos estádios iniciais de formação das sementes é necessário para que ocorram a translocação e a deposição do material fotossintetizado nos tecidos de reserva do interior das mesmas.

As sementes, assim como os demais órgãos da planta, apresentam composição química bastante variável. Durante o seu desenvolvimento, acumulam reservas de nitrogênio, carboidratos, lipídios e minerais. A maturidade fisiológica das sementes tem sido definida como a ocasião em que cessa o fluxo de substâncias fotossintetizadas da planta para a semente, ou seja, quando o conteúdo de matéria seca é máximo (Carvalho; Nakagawa, 2000). Esta característica é a melhor e o mais seguro indicativo da ocorrência da maturidade fisiológica. Em geral, o ponto máximo de germinação e vigor ocorrem quando a semente atinge o máximo conteúdo de matéria seca.

Haag et al. (1979), realizaram um levantamento relativo a exportação de nutrientes pelo jiloeiro em que foi possível observar que até os 105 dias de idade da planta há uma baixa absorção de macronutrientes, ao passo que os micronutrientes são mais absorvidos após os 130 dias, apresentando um máximo de absorção aos 155 dias da planta.

Comparando a exportação de nutrientes de jiloeiros e de outras solanáceas (batata, berinjela, pimentão e tomateiro) observa-se que a cultura do jiló apresenta maior necessidade de todos os nutrientes analisados (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Zn e Mn), com exceção de Molibdênio, o qual é exportado em dobro pela cultura do tomateiro.

## **10. Florescimento e frutificação**

O jiloeiro é uma planta hermafrodita, apresentando os dois sexos (feminino e masculino) na mesma flor, ou seja, é uma planta monoclina. A flor realiza autofecundação, portanto trata-se de uma planta autógama.

Segundo Mendes (2013), assim que a flor sofre polinização, dá-se o início da formação do fruto. A células sofrem inúmeras divisões celulares por pelo menos 7 dias após a fertilização e, posteriormente, expandem até o início da fase de amadurecimento

Mudanças físico-químicas e fisiológicas constituem os processos de desenvolvimento, crescimento e amadurecimento dos frutos. Conforme os frutos vão se tornando maduros, adquirem maior maciez, doçura e coloração avermelhada, ficando mais palatáveis e apropriados para a dispersão das sementes.

A cor avermelhada dos frutos maduros é resultante do processo de degradação das moléculas de clorofila presentes nos frutos verdes, em que durante o amadurecimento ocorre desorganização dos cloroplastos e das membranas do tilacóide. Também devido ao acúmulo de carotenoides e antocianinas. O desenvolvimento dos frutos nas plantas é desuniforme, o que dificulta a definição do momento da colheita.

Assim como em todos os frutos climatéricos, o hormônio que controla os processos de amadurecimento em jiló é o etileno. Esse hormônio é capaz de induzir a síntese de enzimas degradadoras de clorofila e enzimas sintetizadoras de carotenoides, processando os ácidos orgânicos e conferindo maciez aos frutos.

Segundo Haag et al. (1979), no início do florescimento as folhas do jiloeiro apresentam as seguintes concentrações de nutrientes: Nitrogênio 4,55%; Potássio 0,30%; Fósforo 2,00%; Cálcio 1,21%; Magnésio 0,22%; Enxofre 0,27%; Boro 50 ppm; Cobre 11 ppm; Ferro 774 ppm; Manganês 69 ppm; Molibdênio 0,5 ppm e Zinco 22 ppm.

### **11. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente**

A região sudeste é a líder na produção de jiló no Brasil, em que, no Estado de São Paulo cultiva-se majoritariamente o cultivar Morro Grande, no Estado do Rio de Janeiro, Comprido Verde e, em Minas Gerais, o cultivar Tinguá. O estado do Rio de Janeiro é o principal produtor, onde a produtividade média varia de 20 a 60 toneladas por hectare. A planta se desenvolve bem em condições de temperatura amena a quente e com boa disponibilidade de água durante todo o ano, mas tolera bem a seca em comparação com a berinjela. Como mencionado anteriormente, baixas temperaturas desfavorecem esta solanácea, principalmente a ocorrência de geadas, o que faz com que na maioria das localidades de produção esta cultura tenha seu plantio realizado de agosto a fevereiro, podendo em locais de alta altitude, e inverno menos rigoroso, plantar-se ao longo do ano. Em regiões litorâneas, essa planta pode também ser cultivada por todo ano (Filgueira, 2013).

Outra característica biótica necessária ao desenvolvimento do jiló são as horas de luz, o que faz com que a cultura, quando plantada no inverno, com dias mais curtos, possa ter seu crescimento e produção desfavorecidos, por necessitar de um elevado número de horas de luz ao dia, ou seja, um longo fotoperíodo (Pinheiro, 2012).

### **12. Estratégias para altas produções**

Para uma lavoura de sucesso, no cultivo de jiló é importante um bom manejo de plantas, ou seja, um sistema integrado de práticas que modifiquem seu crescimento normal, tendo como objetivo controlar o crescimento vegetativo, melhorar a distribuição da radiação solar, a ventilação no dossel das plantas, as condições fitossanitárias, a produtividade e a qualidade de frutos.

Segundo Laviola et al. (2006), é de suma importância a escolha de um substrato adequado para cultivo de jiló para obtenção de plantas de bom estado nutricional e com

satisfatória arquitetura do sistema radicular. Para tanto, o trabalho apontou como os melhores substratos para germinação, aqueles que apresentam característica argilosa, ou seja, argissolo, de característica vermelho-amarelada, com calagem, NPK, acrescido de esterco bovino. Também foi sugerida a utilização de solo provindo de áreas de várzea e cambissolo haplico eutrófico. Um dos substratos comerciais indicados para plantio de jiló é o Plantmax<sup>®</sup>, pois as plantas nele cultivadas apresentam uma maior massa de matéria seca. Embora o jiloeiro seja cultivado em várias regiões, pesquisas relacionadas à produção e tecnologia de sementes inerentes a esta cultura são restritas.

Alguns produtores recorrem ao escoramento de plantas com auxílio de estacas de madeira ou de bambu a fim de evitar o acamamento em decorrência de ventos e chuvas. Essa também é uma estratégia que evita contaminação dos frutos por patógenos em função de contato direto com o solo.

Alguns produtores realizam a desbrota para controlar o crescimento vegetativo. Consiste na retirada de brotos que surgem nas axilas das folhas, às vezes no ápice dos racimos (cachos) ou até mesmo nas folhas e frutos. É uma prática fundamental para os cultivares de crescimento indeterminado.

Além disso, para se conseguir um melhor retorno produtivo é necessário tomar conhecimento sobre as necessidades hídricas da planta, de acordo com as características da região em que vem sendo cultivada.

Becker et al. (2016) analisaram os parâmetros para melhor produção de tomateiros, parentes próximos dos jiloeiros. Segundo o trabalho mencionado, a topografia do terreno deve possuir leve inclinação, não ultrapassando 12% de declividade. A área deve ser ondulada suave, para que não ocorram problemas de pressão no sistema de irrigação e/ou a fertirrigação por gotejamento. É recomendado que, no Brasil, o terreno de cultivo tenha sua face norte exposta para maior incidência da radiação solar e melhor circulação de ar. Quebra-ventos em pelo menos um dos lados da lavoura evitam prejuízos por excesso de transpiração das plantas. Além disso, é importante que se evite sombreamento, excesso de umidade, solos sujeitos a encharcamento e compactação, para não favorecer fitopatógenos bacterianos e fúngicos.

Existem trabalhos que sugerem a utilização de fontes alternativas de matéria orgânica a partir de resíduos industriais, indicando que o uso de resíduos siderúrgicos e pós de mármore, juntamente com esgoto e esterco bovino, aumentam a massa fresca da planta em cerca de 40%, quando comparadas às plantas que se desenvolveram em solo sem tratamento (Lopes et al., 2018).

### 13. Efeitos de reguladores vegetais

Consideram-se os reguladores vegetais como os responsáveis pelas respostas fisiológicas das plantas, capazes de incrementar a produção e melhorar a qualidade de culturas quando há interesse econômico, promovendo ou inibindo processos naturais da planta. Os reguladores vegetais coordenam o metabolismo, crescimento, desenvolvimento e variações fisiológicas nas plantas, de acordo com Taiz e Zeiger (2017).

Analisando a fisiologia da planta, essas moléculas endógenas são denominadas de hormônios vegetais. Contudo, quando esses compostos são isolados em sua forma sintética, há quem diferencie a denominação em fitoreguladores (Fernandes, 2007). A aplicação pode ser feita via foliar, tratamento de sementes, estacas ou via solo, de maneira que as substâncias sejam absorvidas e possam exercer sua atividade.

Para o jiloeiro, existem raros trabalhos que descrevem exatamente o papel desses reguladores no desenvolvimento da planta. Contudo, seu parente próximo, o tomateiro, apresenta uma vasta revisão relacionada a esse aspecto e que pode ser aplicado também aos jiloeiros, se tratando da mesma família, com características fenológicas semelhantes, hábito arbustivo e folhas largas.

Já a giberelina (GA), em tomateiros, destaca-se por promover o alongamento dos entrenós de plantas e pelo seu envolvimento no florescimento. A GA é responsável por estimular processos metabólicos para desenvolvimento dos órgãos vegetais, por isso é caracterizada como promotor do alongamento celular. Está também envolvida em diversos outros processos como a germinação de sementes, desenvolvimento do caule, brotações laterais, alongamento do tubo polínico, maturação do pólen e impulsionador do florescimento. Segundo Taiz e Zeiger (2017), é possível antecipar processos controlados pela genética da planta, fotoperíodo e temperatura elevando a concentração do GA.

A auxina é um hormônio diretamente relacionado ao crescimento vegetal. A citocinina foi descoberta dentre os promotores da divisão celular em experimentos com culturas de tecidos. Este hormônio está envolvido em diversos processos fisiológicos da planta, como senescência foliar, dominância apical, quebra da dormência em gemas, entre outros.

Segundo Taiz e Zeiger (2017), tratando-se de uma planta climatérica, o etileno assume papel essencial no amadurecimento dos frutos. Também está envolvido na germinação de sementes, expansão e divisão celular. Outro hormônio importante é o ácido abscísico, que primariamente foi identificado como um inibidor de crescimento, mas que depois foi compreendido como envolvido na dormência de sementes e a eventos de estresse, levando ao

fechamento estomático pelo estresse hídrico, salino e térmico. Além disso, também é responsável pelo desencadeamento do processo de senescência, como o etileno.

Além dos principais hormônios citados, também os brassinosteroides, poliaminas, ácido jasmônico e ácido salicílico, assumem papel de grande relevância em tomateiros e outras espécies, especialmente no processo de crescimento e vigor das plantas (Taiz et al., 2017).

Saraiva e Alvim (2013) realizaram um estudo analisando o desenvolvimento do jiló na presença do defensivo químico tiametoxam. O trabalho demonstrou que houve um menor crescimento da parte aérea das plantas expostas a este composto, comparada às plantas em condições controle.

#### **14. Senescência e aproveitamento de resíduos**

Não é recomendada a manutenção e incorporação de restos infectados de raízes de jiló na área cultivada, por inviabilizar os métodos empregados de controle. Segundo Pinheiro et al. (2013), muitos nematoides permanecem viáveis em restos de cultura, servindo como fonte de inóculo para os próximos cultivos. Assim, a remoção das raízes infectadas da área, logo após a colheita é uma estratégia simples e importante para a redução do inóculo no local antes do próximo plantio. Os restos de raízes devem ser amontoados, e após secos devem ser queimados.

#### **Referências**

ALVEZ, M.V.P. **Caracterização física e fisiológica de sementes de jiló (*Solanum gilo*) em diferentes estádios de desenvolvimento.** 2016. 103 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

BECKER, W.F. et al. **Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina.** Florianópolis: EPAGRI, 2016.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CAVALCANTE, A.M.B.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 281-289, 1995.

CHARTZOULAKIS, K.S. Salinity effects on fruit quality of cucumber and egg-plant. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 379, p. 22, 1993.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.

FURLANI, A.M.C. et al. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**, Campinas, v. 37, p. 33-44, 1978.

HAAG, H.P. et al. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes pela cultura do Jiló (*Solanum gilo* cultivar Morro Grande Oblongo). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 36, p. 77- 88, 1979.

KIRNAK, H. et al. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 27, n. 3, p. 34-46, 2001.

LEÃO, E.U. et al. Desenvolvimento do jiloeiro (*Solanum gilo*) em condições de estresse hídrico em cultivo protegido no Sul do Estado do Tocantins. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 2010.

LOPES, J.C. et al. Physiological quality of scarlet eggplant seeds produced in soil contaminated with industrial residues. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, 2018.

MELLONI, M.L.G. et al. Espermidina exógena atenua os efeitos do NaCl na germinação e crescimento inicial de leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 34, p. 495-503, 2012.

MENDES, T.D.C. **Crescimento e fisiologia do amadurecimento em frutos de jiló (*Solanum gilo*)**. 2013. 75 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

OLIVEIRA, A.C. **Cultura do jiló (*Solanum gilo*)**. 2011. Disponível em <<https://jornalagricola.wordpress.com/2011/05/17/cultura-do-jilo-solanum-gilo/>>. Acesso em: 14 maio 2021.

PINHEIRO, J.B. et al. **A cultura do jiló**. Brasília: EMBRAPA, 2015a. (Coleção Plantar).

PINHEIRO, J.B. et al. **Ocorrência e manejo de nematoides na cultura do jiló e berinjela**. Brasília: EMBRAPA, 2015b. (Circular Técnica).

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

SARAIVA, C.C.; ALVIM, M.N. **Alterações de crescimento no jiló (*Solanum gilo raddi*) na presença do agrotóxico Thiamethoxam**. Belo Horizonte: Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix, 2013.

SOLANO, C. **Tipos de jiló**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/4818001/tipos-de-jilo>>. Acesso em: 15 maio 2021.

TAIZ, L, ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TORRES, J.L.R.; FABIAN, A.J.; POCAI, V.G. Levels of nitrogen fertilizer, morphologic characteristics of fruits and yield of jiló. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 2, p. 1-21, 2003.

# LÚPULO



**LÚPULO** (*Humulus lupulus*)

Jéssica Cursino Presoto

## **1. Origem e distribuição geográfica**

Os lúpulos silvestres, que deram origem aos cultivados atualmente, são nativos da Europa, Ásia e América do Norte, diferenciando-se quanto às subespécies. Esta diferenciação está relacionada às características morfológicas das folhas e das inflorescências de plantas femininas, denominadas de cones, embora, geneticamente, os lúpulos americanos e asiáticos sejam similares, e diferentes do lúpulo europeu. Comercialmente, os cultivares de lúpulo são classificados em dois grupos: europeus e americanos. Os fabricantes de cerveja consideram os lúpulos europeus tradicionais mais suaves e mais aromáticos do que os provenientes da América do Norte.

Historicamente, o lúpulo era utilizado na Babilônia na elaboração de bebidas, existindo registros mencionando o seu nome sicera ex lupulis confectam, que significa bebida forte feita de lúpulo. Na antiguidade, os nórdicos bebiam hidro-mel, uma mistura de água com mel fermentado, que podia levar aditivos como o lúpulo, nesse caso conhecida como Metheglin. Como planta medicinal, o lúpulo tem sido usado a mais de 2000 anos. Os antigos curandeiros utilizavam essa planta contra a lepra, constipação e para purificação do sangue. Já no século VIII e IX, o lúpulo era cultivado nos jardins dos mosteiros por monges franceses e alemães, com finalidades medicinais.

O lúpulo como cultura de reconhecimento mundial surgiu na Alemanha no século IX, em um estatuto do abade Adalhard de Corvey, em um mosteiro beneditino de Weser, em Westphalia, no ano de 822, embora já seja utilizado na fabricação de cerveja no Cáucaso desde os tempos pré-históricos. Este estatuto abrangia diversas informações, entre elas, a referência da quantidade de malte e lúpulo que deveriam ser entregues no mosteiro, um décimo de todo o malte e todo o lúpulo produzido deve ser dado ao porteiro do mosteiro. Se isto não fornecer suficiente lúpulo, ele deve esforçar-se para arranjar em outro local, para fazer cerveja para ele próprio.

Em Portugal, apesar de o lúpulo ser uma espécie espontânea, o cultivo com significado económico iniciou-se em 1962 em Bragança, onde o material vegetativo e o essencial da técnica cultural foram importados da Espanha. Já em 1963, foi constituída a Lupulex (Sociedade Portuguesa de Cultura de Lúpulo), uma sociedade com capital da indústria cervejeira Nacional.

A partir da fama do lúpulo entre os europeus, as colonizações do Novo Mundo levaram consigo diferentes variedades de lúpulo e a tradição de cultivo dessa planta. O lúpulo europeu foi introduzido nos Estados Unidos, em 1629. A primeira área comercial de lúpulo nos Estados Unidos foi estabelecida em Nova Iorque, em 1808. Na China e na Coreia, o lúpulo foi introduzido pelos alemães em 1860. Com a popularidade da cerveja com lúpulo, os japoneses começaram a cultivar variedades americanas e alemãs, por volta de 1876. Na América do Sul, o lúpulo chegou ao Chile em 1851, e na Argentina foi introduzido por imigrantes alemães provenientes do sul do Chile. Já no Brasil, os primeiros cultivos do lúpulo ocorreram na década de 1950, no município de Nova Petrópolis, na Serra Gaúcha, que cultivava e vendia cones para as cervejarias da época.

Atualmente, a produção de lúpulo está concentrada em climas temperados úmidos, com grande parte da produção mundial ocorrendo perto do paralelo 48° norte. No contexto internacional, os Estados Unidos e a Alemanha são os maiores produtores de lúpulo, seguidos

da Etiópia, China e da República Tcheca. Atualmente, os principais centros de produção mundial estão em Hallertau (Alemanha), na República Tcheca, nos vales Yakima (Washington) e Willamette (Oregon) e no oeste do Condado de Canyon, e no Reino Unido, os principais centros estão em Kent, Herefordshire e Worcestershire, segundo Viotti (2012).

Atualmente, o Brasil possui uma produção anual de aproximadamente 13,3 bilhões de litros de cerveja, sendo o terceiro maior produtor de cerveja do mundo (Cervesia, 2015), com produtores nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Distrito Federal, porém não se tem um valor estimado de quanto é a produção brasileira de lúpulo.

No entanto, o fornecimento de lúpulo para a produção da cerveja brasileira é uma necessidade, como comprovado pela legislação atual, uma vez que a demanda tem aumentado gradativamente, principalmente devido ao crescimento do mercado de cervejas artesanais (Becker, 2016). Pelo fato que a maior parte do lúpulo utilizado no país é importada, não é incomum a substituição do lúpulo por outro material na composição da cerveja, entretanto pela lei brasileira, para ser classificada como cerveja é necessário possuir os ingredientes originais da bebida que são o malte, lúpulo, água e levedura, ou seja, o lúpulo não pode ser substituído por outros princípios amargos.

Devido à grande demanda pela cultura na produção de cervejas e medicamentos, o lúpulo está se tornando uma cultura de ascensão econômica. Porém, no Brasil existem poucas plantações devido às restrições climáticas da cultura.

## **2. Classificação botânica**

O lúpulo é uma planta pertencente à classe Dicotyledoneae, ordem Urticeceae e família Cannabaceae do grupo das Angiospermas, possuindo 11 gêneros e um total de 170 espécies. No entanto, apenas a espécie *Humulus lupulus* se destaca pela sua importância medicinal e industrial. Tratam-se de plantas herbáceas, dioicas, anemófilas e trepadeiras dextrogiras, nativas de áreas de clima temperado do Hemisfério Norte.

## **3. Cultivares**

### **3.1 Challenger**

Contém 5,0-9,0% de alfa-ácidos e 3,0-4,0% de beta-ácidos. Potencial produtivo de 1.400-1.750 kg/ha. Possui ciclo tardio e resistência ao míldio (*Pseudoperonospora humuli*). Confere notas de aroma picante e chá verde.

### 3.2 Phoenix

Considerado promissor, versátil e com potencial para substituir o 'Challenger'. Apresenta níveis elevados de alfa-ácidos (8-12%) e beta-ácidos (4-5,5%). Potencial produtivo de 1.250 kg/ha. Possui ciclo precoce e tolerante a murcha do *Verticillium*.

### 3.3 Fuggle

É o cultivar mais popular utilizada pelos cervejeiros britânicos. Contém 3,0-6,0% de alfa-ácidos e 2,0 a 3,0% de beta-ácidos. Potencial produtivo de 1.200-1.500 kg/ha. Possui ciclo precoce e tolerância ao míldio.

### 3.4 Cascade

Contém 4,5-7,0% de alfa-ácidos e 4,5 a 7% de beta-ácidos. Potencial produtivo de 1.600- 2.200 kg/ha. Resistente ao míldio e tolerante à murcha do *Verticillium* e ao oídio.

### 3.5 Centennial

Muitas vezes o 'Centennial' é referido como uma super Cascade, no entanto, é mais leve nos aromas cítricos. É uma das variedades mais populares para cervejarias artesanais dos EUA devido ao seu equilíbrio de aroma/amargor/alto teor de óleos e lupulina. Contém 9,5-11,5% de alfa-ácidos e 3,5-4,5% de beta-ácidos. Potencial produtivo 1.700-2.000 kg/ha. Ciclo precoce a mediano. Tolerante a murcha do *Verticillium* e ao míldio, e suscetível ao oídio.

### 3.6 Columbus

É um cultivar com altos teores de alfa-ácidos, usado principalmente para dar amargor à cerveja. Contém 15,0-17,0% de alfa-ácidos e 4,5 a 5,0% de beta-ácidos. Potencial produtivo 2.900-3.000 kg/ha.

### 3.7 Chinnok

Contém 10,0-14,0% de alfa-ácidos e 3,5-4,5% de beta-ácidos. Potencial produtivo 1.600-2.000 kg/ha. Ciclo precoce a mediano. Tolerante a murcha do *Verticillium*, porém, suscetível ao míldio.

### **3.8 Hallertau**

Considerado de aroma nobre para os cervejeiros. Contém 3,5-5,5% de alfa-ácidos e 4,5-5,0% de beta-ácidos. Potencial produtivo de 2.300-2.400 kg/ha. Resistência moderada ao míldio.

### **3.9 Saaz**

Considerado um lúpulo nobre, pois confere pouco amargor e aroma agradável. Contém 2,5- 4,5% de alfa-ácido e 4,0-6,0% de beta-ácidos. Potencial produtivo 0,800-1.000 kg/ha. Apresenta sensibilidade moderada ao míldio e oídio.

## **4. Morfologia e anatomia**

Classificada com uma planta alógama, perene, trepadeira e dioica, ou seja, possui flores femininas e masculinas em espécimes distintas, podendo também existir plantas monoicas em baixa frequência, das quais, apenas as flores femininas concentram compostos resinosos e aromáticos oriundos da lupulina, de grande valor econômico (Skof et al., 2002).

O caule é piloso, oco, de cor verde ou violeta e de secção geralmente hexagonal, podendo alcançar de 4 a 10 metros de altura, dependendo da variedade (Marcos et al., 2011). Seu sistema radicular é composto por uma raiz pivotante podendo alcançar 20 a 30 metros de profundidade e com raízes laterais podendo chegar a 3 metros. Suas folhas são opostas, e das estípulas do caule saem as folhas. A disposição das folhas nos nós são pentalobuladas na base, trilobuladas nas partes médias e inteiras na parte superior, os bordos são serrados e apresentam-se pubescentes na parte inferior (Rodrigues; Morais; Castro, 2015).

As flores femininas são espigas curtas, designadas de cones, e estas, apresentam uma ráquis central e brácteas, sendo esta última responsável por proteger a flor (Rodrigues; Morais; Castro, 2015). Já as flores masculinas se agrupam em panículas, sendo formadas por cinco sépalas de cor verde amarelada, e cinco anteras de filamentos curtos. As anteras possuem um sulco onde as glândulas de resinas serão armazenadas (Marcos et al., 2011).

Assim que as inflorescências amadurecem, inicia o engrossamento do eixo central, e as brácteas e as bracteolas se ampliam, produzindo estróbilo (chamado cone), sendo esses, a matéria prima de principal comercialização (Hiller et al., 1996). Tanto o fruto, quanto as brácteas, são revestidos com glândulas amarelo-translúcido, contendo uma substância chamada de lupulina rica em  $\alpha$  e  $\beta$ -ácidos, que são utilizados para a produção de cerveja. Nas flores femininas, encontram-se dezenas de glândulas de resina, enquanto nas flores masculinas são encontradas apenas 10 a 15 glândulas de resinas (Kneen, 2003).

As resinas e óleos essenciais produzidas por estas glândulas são substâncias com propriedades anti-inflamatórias, antibacterianas, antioxidantes e com outros efeitos bioativos (Farag; Wessjohann, 2012). Os óleos essenciais também produzem aroma para a cerveja (Rodrigues; Morais; Castro, 2015), e as resinas conferem o seu amargor (Canbas; Erten; Özsahin, 2001).

## 5. Cultivo e manejo

A preparação do campo antes da instalação, também é uma etapa importante nesta cultura, uma vez que a vida útil da planta de lúpulo pode chegar a 50 anos, apesar da renovação das plantas serem realizadas a cada 10 a 20 anos, dependendo das tendências do mercado por novas variedades e das condições do cultivo.

O plantio do lúpulo pode ser realizado por sementes, rizomas, mudas ou também por micropropagação, sendo da primavera até o verão a época ideal para que seja realizada sua implantação (Dodds, 2017). Por se tratar de uma planta perene e trepadeira que pode alcançar 9 metros de altura, há a necessidade de se adotar sistemas de treliças para dar suporte à planta nas áreas comerciais (Sousa, 2005; Marcos et al., 2011).

Para que ocorra uma formação perfeita dos cones, com tamanho natural, densos e de cor verde intensa, nessa fase, é preciso que ocorra a incidência direta de luz solar sobre as gemas. Portanto, o sistema de condução das plantas, em pomares comerciais, precisa direcionar o crescimento da planta no sentido vertical, e as ruas de plantios direcionadas no sentido Norte-Sul, e espaçadas de tal forma a contribuir para melhorar a penetração da luz no dossel da planta.

Os espaçamentos de plantio mais utilizados são de 3 a 3,2 m entre linhas com uma distância entre plantas, que varia entre 1,10 e 1,50 m, dependendo da variedade e do número de tutores por planta. No caso, por exemplo, de uma densidade de 2.211 plantas por hectare, o espaçamento adotado corresponde em 3 x 1,5 m (Marcos et al., 2011). Existe uma associação positiva significativa entre a taxa fotossintética, o período do ciclo da cultura e a produtividade nas diferentes variedades de lúpulo. Por esse motivo, o espaçamento a ser adotado em pomares de lúpulo não deve permitir a ocorrência de sombreamento entre plantas.

No caso da adubação, além da utilização de fertilizantes químicos e a correção do solo, pode-se também fazer a utilização de adubos verdes e adubos orgânicos, a fim de elevar a matéria orgânica do solo, bem como melhorar as suas propriedades físicas como aeração, infiltração e drenagem. No que tange às suas propriedades biológicas, infere-se ao aumento de húmus, proporcionando energia para microrganismos presentes no solo (Marcos et al., 2011).

Entretanto, os nutrientes são perdidos naturalmente por lixiviação e exportação pela planta, por erosão, por fixação das partículas ao solo, e também imobilização pelos organismos presentes no solo (Luz et al., 2002). Desta forma, para garantir um equilíbrio entre a quantidade de nutrientes a serem repostos no solo, balanceando os níveis de nutrientes que a planta exige e que o solo pode fornecer, é necessário a realização de análises químicas do solo e da planta, para uma recomendação correta de fertilizantes e calagem (Malavolta, 1989).

No caso da água, trata-se de uma cultura altamente exigente (Rodrigues et al., 2015), entretanto, há poucos estudos que relacionem as necessidades hídricas da cultura com os períodos críticos durante seu ciclo (Alves, 2018). Pavlovic et al. (2014), recomendaram 75-80% do turno de irrigação aplicado entre os meses de junho a agosto, sendo do fim de julho ao início de agosto o período mais exigente para a irrigação da cultura. Essa informação é baseada no estudo sobre a contribuição da irrigação para aumento dos teores de alfa-ácidos, o qual, segundo Syoboda et al. (2008), pode acarretar consequências negativas para o teor dos alfa-ácidos dos cones florais e na produtividade da planta.

De maneira geral, ao longo de todo ciclo do lúpulo existem dois períodos hídricos críticos: no início do ciclo e fim de março até meados de abril (primavera) para uma boa emergência de plântulas, e do início da floração, início de julho até fim de agosto, para que se obtenham bons valores quantitativos e qualitativos (Keukeleire et al., 1980).

No início de março e fim de abril, inicia-se a poda, sendo precedida de descava e limpeza das socas (Rodrigues et al., 2015). Realiza-se a poda quando os brotos sarmentos emergem do solo a fim de eliminar os restos do ciclo vegetativo anterior (George, 1999). Corta-se qualquer rebento do ciclo anterior, de forma a homogeneizar o crescimento (Marcos et al., 2011).

No verão faz-se uma desfolha para melhorar o arejamento da estrutura e para reduzir a incidência de doenças e pragas. A desfolha pode ser manual ou através do uso de desfolhantes químicos (Rodrigues et al., 2015).

Realizava-se meticulosamente a poda com facas e foices, entretanto, na atualidade, poda-se mecanicamente com equipamentos de discos. Pode ser feita uma poda alta para plantas novas com menor capacidade de emitir rebentos, e mais rasas em plantas mais velhas, restando somente o sistema radicular e a soca, estrutura com grande capacidade de emitir novos rebentos (Rodrigues et al., 2015). O resultado dessa operação são cones de melhor qualidade (Pavlovic, 2014).

Assim como toda cultura, deve-se realizar a eliminação manual de plantas invasoras, a fim de reduzir as chances de competição e ataques de pragas e doenças, visto que a cultura tem difícil controle sanitário. No caso de grandes infestações de plantas invasoras, pode-se utilizar herbicida de contato à base de Diquat, de acordo com Rodrigues et al. (2015).

Segundo Lahnel (2019), após a colheita, realiza-se a poda total, e isto depende em qual sistema de condução a cultura foi submetida. No sistema de treliças altas, geralmente a planta é cortada no momento da colheita, sendo ideal para a planta poder armazenar fotoassimilados nas raízes e nos rizomas. Já no sistema de condução em latada, a estrutura da planta permanece até o momento ideal para a poda.

Após a chegada do inverno e a entrada da hibernação do lúpulo, as folhas caem e este se torna o momento ideal para a realização da poda. Feita a poda total, deixa-se apenas 5 cm do ramo principal. Após a poda, recomenda-se utilizar palhada seca ou adubos verdes de inverno. Não se recomenda a utilização de fertilizantes, a fim de evitar o brotamento das plantas. Durante a hibernação, recomenda-se restringir irrigação excessiva ou excesso de umidade para evitar apodrecimento da coroa (Lahnel, 2019).

Após a passagem do período de hibernação em meados de outubro e novembro, é recomendado podar os primeiros ramos vigorosos e os ramos ladrões. Nesta fase, pode-se entrar com adubação nitrogenada. É recomendado se atentar para a incidência de doenças fúngicas, devido ao excesso de umidade e da exposição das folhas baixas em contato com o solo. Da coroa emergem ramos produtivos e estes devem ser conduzidos pelos fios de barbante quando atingirem 15 cm. Geralmente, utiliza-se de 3 a 4 ramos por barbante, dependendo também da variedade (Lahnel, 2019).

## **6. Aspectos fisiológicos**

Assim como qualquer cultura, para que ocorra seu desenvolvimento, a planta necessita de energia, a qual é produzida no processo de fotossíntese, pela transformação da energia solar em energia química, através de estruturas internas chamadas de cloroplastos. Com isto, a incidência da luz solar de forma direta nas folhas é um dos fatores determinantes no rendimento da cultura. Além da energia solar, a planta ainda utiliza dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água para a produção de glicose (Foyer; Galtier, 1996).

O processo de abertura e fechamento dos estômatos está relacionado principalmente com a intensidade de luz e o estado de hidratação da folha. Dessa forma, o funcionamento dos estômatos controla a absorção de CO<sub>2</sub> e a área foliar determina a interceptação de luz, influenciando no desenvolvimento da planta.

No lúpulo, o processo fotossintético começa a ocorrer quando as plantas iniciam a brotação e formação das primeiras folhas. Entretanto, nessa fase, as folhas ainda são consideradas drenos, ou seja, não produzem fotoassimilados suficientes para a sua manutenção e exportação de carboidratos para outros órgãos da planta em crescimento. Com isso, o desenvolvimento das folhas, nessa fase inicial, ocorre com o uso das reservas de carboidratos existentes no sistema radicular e nos rizomas, que foram acumuladas no outono, antes que a planta entrasse em dormência. Com o desenvolvimento das folhas, a taxa fotossintética aumenta gradativamente.

O saldo positivo entre os processos de fotossíntese (durante o dia) e de respiração, fornece energia para o crescimento, alongamento e espessamento de cada órgão da planta. A transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva, resulta em mudanças significativas na atividade enzimática e alterações na distribuição de fotoassimilados, aumentando assim a intensidade de fotossíntese. A capacidade fotossintética é particularmente alta nos períodos de floração, seguida de uma diminuição da atividade até a formação dos parâmetros qualitativos dos cones.

Após a maturação plena dos cones e a sua colheita, as plantas iniciam uma fase de transição até o período de repouso ou de dormência da planta, que ocorre durante o inverno. Nesta transição, há a morte gradual de folhas e ramos, com a transferência de nutrientes e reservas de carboidratos para as raízes mais grossas, onde ficam armazenados na forma de amido durante todo o inverno. As baixas temperaturas deste período mantêm as plantas em dormência. A reserva de amido é usada na manutenção dos tecidos das raízes no processo de respiração.

Para que ocorra a quebra de dormência das gemas e a retomada das brotações, é necessário que ocorra de acordo com um acúmulo de horas de frio. A partir da quebra de dormência das gemas, as reservas de carboidratos do sistema radicular voltam a ser utilizadas pela planta como energia para iniciar as brotações das gemas e formação dos ramos e folhas em um novo ciclo da cultura. Em regiões em que as plantas não passam por um frio intenso no período de estiagem do inverno, o estresse hídrico, seguido da retomada das precipitações no início da primavera, também atua como estímulo para a quebra de dormência e brotação de novos ramos (Foyer; Galtier, 1996).

## **7. Efeitos de fatores ecológicos**

A cultura de lúpulo necessita de um processo conhecido como vernalização, a qual se trata de uma exposição ao frio durante o período de repouso (Marcos et al., 2011). A

dificuldade de adaptação da cultura em regiões tropicais se dá justamente devido a sua exigência climática e seu mecanismo de fotossíntese C3, uma vez que toda produção de fitomassa depende da atividade fotossintética, sendo a assimilação do CO<sub>2</sub> um dos muitos fatores que influenciam no crescimento e desenvolvimento vegetal (Foyer; Galtier, 1996). São plantas que necessitam de dias longos e noites curtas, entre 9 a 15 horas diárias e, no mínimo, 120 dias de calor, com temperaturas médias anuais acima de 30°C durante o dia, e 8°C a 10°C noturnos.

Esta exigência ocorre porque a produção de fotoassimilados em uma planta de lúpulo ocorre à noite, e com baixas temperaturas noturnas, tem-se a diminuição da respiração, e conseqüentemente há redução no consumo do carboidrato produzido. O crescimento da planta cessa quando a mesma é exposta a temperaturas acima de 32°C, e abaixo de 0°C nas noites de inverno, quando a planta está em pleno desenvolvimento (Rybáček, 1991).

No entanto, pesquisas demonstram que o ácido giberélico pode substituir dias longos ou o frio, que são fatores requeridos por muitas plantas, para a promoção do florescimento. Assim, as giberelinas podem substituir os estímulos ambientais para o florescimento em algumas espécies (Taiz; Zeiger, 2004). O lúpulo responde a dias longos para realizar sua floração (Thomas; Schwabe, 1969). Assim, o ácido giberélico pode suprir parte dessa necessidade de horas de luz para a produção dos cones.

Em plantas dioicas, o ácido giberélico promove a formação de flores, como no caso do mamoeiro, em que a aplicação aumentou o número de flores femininas. Já na cultura do cânhamo, planta da mesma família do lúpulo, o biorregulador promove uma formação de flores mais estaminadas (Han et al., 2014; Taiz; Zeiger, 2004). Roberts e Stevens (1962) verificaram aumento do total de alfa-ácidos nos primeiros cones colhidos de plantas de lúpulo que receberam ácido giberélico, comparadas com as plantas controle, porém o efeito do tratamento em colheitas posteriores não foi notado.

Um importante impacto fisiológico para a cultura, que se reflete na redução de produtividade, ocorre com o aumento de temperatura durante o período de crescimento, pois leva a períodos mais curtos de desenvolvimento da cultura, mudanças na concentração de alfa-ácidos devido a precipitações fora de época, ou temperaturas adversas durante o desenvolvimento dos cones.

Fatores ligados ao clima, ao solo, à planta e ao manejo, são indispensáveis ao sucesso de plantas cultivadas (Luz et al., 2002). Quanto às características de solo para bom desenvolvimento, é recomendado um pH entre 6 e 7, com boa drenagem e aeração, e com

distribuição de água regular, além de uma adubação equilibrada, principalmente nos nutrientes potássio e fósforo (Carter et al., 2019).

## 8. Colheita e beneficiamento

No primeiro ano de produção não há colheita, no segundo ano se estima uma produção de 50-65%, no terceiro ano espera-se uma produção de 65-100%, e do quarto ano em diante é que se tem sua maior produção (Marcos et al., 2011). Segundo Fisher (1998), depois de colhidos os cones florais, devem-se secá-los e armazená-los em locais isentos de luz solar ou luz forte, para posteriormente, serem beneficiados e comercializados. Pode-se comercializar os produtos do lúpulo nas formas de flores prensadas, pó, extrato e pellets (Alves, 2014).

Após a separação dos cones florais, inicia-se o processo de dessecação das flores, o qual deve ser realizado o mais rápido possível, pois os cones recém-colhidos se deterioram rapidamente em temperatura ambiente, o processo reduzirá a umidade das flores de 75-80% para 10%, a fim de facilitar a sua conservação, evitando assim, perdas na pós-colheita. Posteriormente, preparam-nas para o processo de transformação. O teor de umidade dos cones florais após a colheita está relacionado diretamente ao seu tempo de secagem, se por ventura ocorrer atraso no processo de secagem, pode haver perda da qualidade das glândulas de lupulina dos cones. Durante o processo de secagem, os cones permanecem em uma temperatura de 55 a 65°C (Spósito et al., 2019).

Quanto à comercialização do lúpulo, se dá em três formas: *in natura*, em extrato e ou em pellets. Sob a forma natural de comercialização, as folhas e cones florais são envasados em volumes de 35 a 40 kg e prensadas, removendo todo oxigênio, a fim de evitar processos químicos decorrentes da respiração, sendo mantidos à vácuo. Posteriormente, deve ser mantido sob refrigeração e consumido no processo cervejeiro o mais rápido possível. A forma de obtenção do extrato do lúpulo é conhecida desde os anos de 1960, quando inicialmente utilizavam-se técnicas rudimentares. Com o passar do tempo, um novo método foi empregado, a partir da extração por dióxido de carbono líquido (Spies, 2018).

Os pellets são a forma mais empregada na comercialização do lúpulo (Kunze, 2006; Marcos et al., 2011; Hirose; Moscardi, 2012). Para a obtenção dos pellets as flores do lúpulo são moídas e peneiradas, originando uma farinha que posteriormente é envasada e prensada em moldes cilíndricos. As vantagens dessa forma de comercialização em comparação a outras existentes se dão na redução do volume, na facilidade de transportá-los e estocá-los, além de evitar a oxidação e alterações organolépticas, bem como na forma concentrada do produto

para a obtenção das características desejadas pela indústria cervejeira. Mesmo sob essa forma, os pellets devem ser refrigerados até a sua utilização (Hieronymus, 2012; Kunze, 2006).

## Referências

ALVES, F.C. **Influência da rega na produtividade e na qualidade da produção do lúpulo (*Humulus lupulus* L.), variedade Nugget, na região da Galiza.** 2018. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agronômica) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2018.

ALVES, L.M.F. **Análise físico-química de cervejas tipo pilsen comercializada em Campina Grande na Paraíba.** 2014. 44 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

BECKER, L. **Em expansão, produção de cervejas artesanais tem importação de matéria-prima como maior desafio.** 2015. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/campo-e-lavoura/noticia/2015/06/em-pansaoproducao-de-cervejas-artesanais-tem-importacao-de-materia-prima-como-maior-desafio-4781933.html>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CANBAŞ, A.; ERTEN, H.; ÖZŞAHİN, F. The effects of storage temperature on the chemical composition of hop pellets. **Process Biochemistry**, Amsterdam, v. 36, n. 11, p. 1053-1058, May 2001.

CARTER, P.R. et al. **Hop: alternative fields crops manual.** 2000. Disponível em <<https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/hop.html>>. Acesso em: 21 ago. 2021.

DODDS, K. **Hops: a guide for new growers.** Tumuti: NSW Department of Primary Industries, 2017. 52 p.

FARAG, M.A.; WESSJOHANN, L.A. Cytotoxic effect of commercial *Humulus lupulus* L. (hop) preparations: comparison to its metabolomic fingerprint. **Journal of Advanced Research**, Cairo, v. 4, n. 4, p. 417-421 July 2013.

FOYER, C.H.; GALTIER, N. Source-sink interaction and communication in leaves. ZAMSKI, E.; SCHAFFER, A.A. (Ed.). **Source-sink relations.** New York: Marcel Dekker, 1996. p. 311-340.

GEORGE, A. **Crop profile for hops in Washington.** Washington: Washington State University, Cooperative Extension, 1999. 11 p.

HILLER, S.; GALE, G.; ALFRED, H. Growing hops. **In the Home Garden**, v. 19, 1996. 6 p.

HIROSE, E.; MOSCARDI, F. Insetos de outras regiões do mundo: ameaças. HOFFMANN-CAMPO, C. et al. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga.** Brasília: EMBRAPA, 2012.

KEUKELEIRE, J. et al. Relevance of organic farming and effect of climatological conditions on the formation of  $\alpha$ -acids,  $\beta$ -acids, desmethylxanthohumol, and xanthohumol in hop (*Humulus lupulus* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, p. 61-66, 2007.

KNEEN, R. **Small scale and organic hops production**. British Columbia, 2003. Disponível em: <<https://cesonoma.ucanr.edu/files/238645.pdf>>.

KUNZE, W. **Tecnología para cerveceros y malteros**. Berlin, 2006.

LUZ, J.M.S.; FERREIRA, B.G.; BEZERRA, C.R.J. **Adubação e correção do solo: procedimentos a serem adotados em função dos resultados da análise de solo**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2002. 32 p. (Circular Técnica, 63).

MAGADÁN MARCOS, J.A. et al. **Guia del cultivo del lúpulo**. Galicia, 2011. Disponível em: <[https://www.academia.edu/37633902/GUIA\\_DEL\\_CULTIVO\\_DEL\\_L%C3%9APULO\\_Realizado\\_por](https://www.academia.edu/37633902/GUIA_DEL_CULTIVO_DEL_L%C3%9APULO_Realizado_por)>.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: ESALQ, 1989. 319 p.

PAVLOVIC, M. **Hop industry: quality management decision support modeling**. Berlin: Verlag Dr. Kovac, 2014. 106 p.

RODRIGUES, M.A.; MORAIS, J.S.; CASTRO, J.P.M. **Jornada do lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócios: livro de atas...** Bragança, 2015. 118 p.

SKOF, S. et al. Ploidy and sex expression in monoecious hop (*Humulus lupulus* L.) **Botany**, Ottawa, v. 90, n. 7, p 617- 626, 2002.

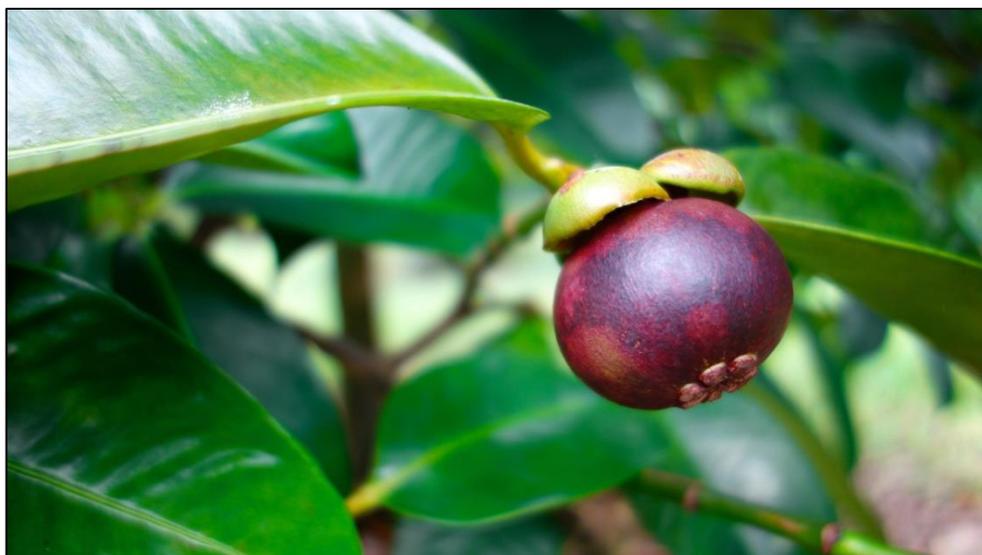
SOUSA, M.J.A.C. **Obtenção de plantas de *Humulus lupulus* L. resistentes a vírus**. 2005. 214 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia Vegetal) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2005.

SPIES, A.J. **Estudo sobre a isomerização de alfa ácidos de lúpulo na produção de cerveja artesanal de diferentes condições de processo**. 2018. 65 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química) - Universidade do Vale de Taquari, Lajeado.

SYOBODA, P.; HNILICKOVA, H.; HNILICKA, F. Changes in yield and quality of hop depending on the irrigation. **Cereal Research Communications**, Szeged, v. 36, p. 891-894, 2008.



# MANGOSTÃO



**MANGOSTÃO** (*Garcinia mangostana*)

Hanrara Pires de Oliveira

## 1. Origem e distribuição geográfica

O mangostão (*Garcinia mangostana* L.) é uma das frutas mais apreciadas, onde sua intensa procura, resultou em ser conhecida como “Rainha das frutas”. Este apelido se deve ao fato do sabor sofisticado da polpa branca como a neve e é conceituada como a melhor do mundo (Yao et al., 2023). A porção carnuda da polpa envolve 30% do fruto e o consumo é de forma *in natura* (Shaharudin et al., 2022). Em 1753, o mangostão foi relatado por Linnaeus, onde a espécie foi conceituada como *Garcinia mangostana* da família Guttiferae (Clusiaceae). O nome do gênero *Garcinia* foi em homenagem ao naturalista francês Laurent Garcin, devido ao seu trabalho como botânico no século XVIII (Nazre, 2014).

Existem algumas teorias de como surgiu o mangostão, alguns autores defendem que é um híbrido, já outros afirmam que é uma espécie silvestre. Entretanto, a última revisão taxonômica realizado por Nazre et al. (2018) concluíram que a espécie cultivada era *G. mangostana* e outras duas variedades de mangostão eram espécies silvestres: *G. mangostana* var. *malaccensis* e *G. mangostana* var. *borneensis* (Shaharudin et al., 2022).

Acredita-se que a origem do mangostão é proveniente da Indonésia (Palakawong; Delaquis, 2018). A produção do mangostão pode ser agrupada em principais e secundárias.

No Sudeste Asiático, foram reconhecidos os países que possuem as principais produções, sendo eles a Malásia, Tailândia, Filipinas e Indonésia (cerca de 85% da produção total é produzida pela Tailândia). As áreas de menor produção (ou secundárias) incluem a Austrália, Vietnã, Estados Unidos e Brasil. Atualmente, encontra-se cultivos de mangostão em Cuba, Dominica, Equador, Gabão, Gana, Guatemala, Honduras, Índia, Jamaica, Libéria, Mianmar, Porto Rico, Singapura e Zanzibar (Shaharudin et al., 2022).



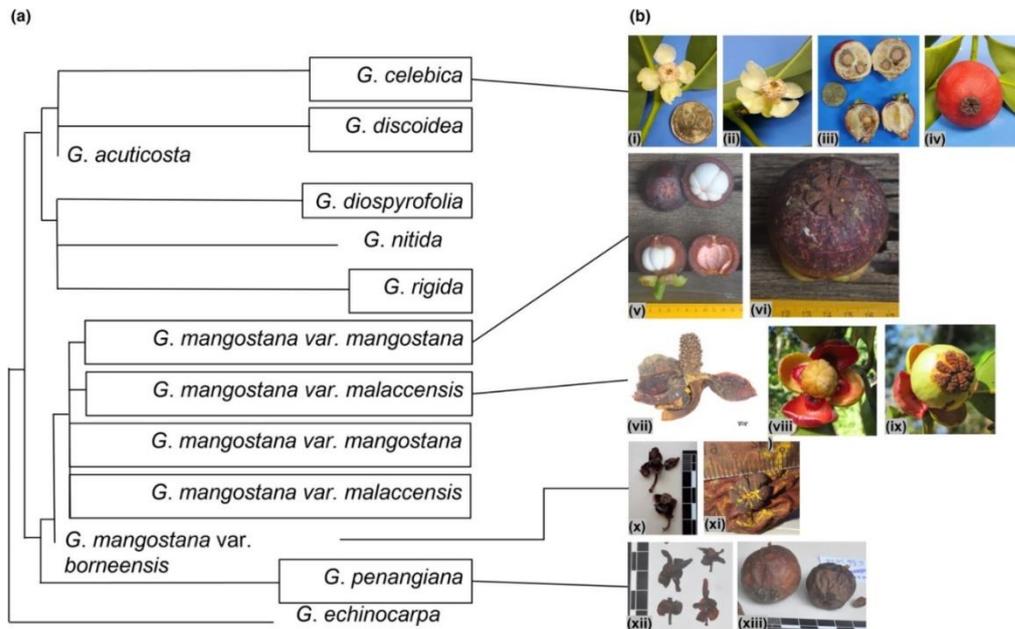
**Figura 1.** Regiões produtoras de mangostão (Adaptado de Google Maps, 2024).

No Brasil, o mangostão é cultivado, principalmente nos Estados do Pará e da Bahia, em pequenas áreas no Espírito Santo e São Paulo (Sacramento et al., 2014).

## 2. Classificação botânica

O mangostão é uma espécie de planta tropical sazonal pertencente aos membros da família Clusiaceae e do gênero *Garcinia* (Foo; Hameed, 2012).

O gênero *Garcinia* abrange cerca de 240 espécies de arbusto ou árvores dioicas. Partindo deste ponto, o Sudeste Asiático e Madagascar são os centros da diversidade da espécie. A *Garcinia mangostana* pertence ao gênero *Garcinia*. Para melhor compreensão da posição filogenética de *G. mangostana*, demonstramos a árvore filogenética esquemática (Figura 2).



**Figura 2.** (a). Árvore filogenética esquemática adaptada, representando a afinidade entre os táxons discutidos no texto. Os nomes na caixa indicam táxons com múltiplos acessos. (b). Fotografias de plantas vivas e espécimes de herbário de táxons selecionados. *G. celebica*: (i) flor masculina (YTL00014, MPU) vista superior, (ii) vista lateral, (iii) frutos (YTL00016, MPU) em cortes transversais (TS) e longitudinais (LS), (iv) vista superior do estigma persistente; *G. mangostana* var. *mangostana*: (v) frutos (SAN161001, SAN), exocarpos e mesocarpos dissecados em TS e LS expondo o endocarpo comestível de polpa branca, (vi) vista superior do estigma persistente; *G. mangostana* var. *malaccensis*: (vii) flor masculina (Coletor desconhecido 6197, SING) vista lateral, (viii) flor feminina (FRI72021, KEP) vista superior, (ix) fruto jovem (FRI72021, KEP) estigma persistente vista superior; *G. mangostana* var. *borneensis*: (x) flores masculinas (SAN61164, KEP) vista lateral, (xi) fruto (AA1004, WAN) vista superior do estigma persistente; *G. penangiana*: (xii) flores masculinas (La Frankie 2120, KEP) vista lateral, (xiii) frutos (FRI27009, KEP) estigma persistente vista tangencial (Adaptada da revisão de Yao et al., 2023).

O mangostão é uma espécie endêmica de árvore perene adequada para o plantio em área de baixa altitude, sendo estritamente tropical com faixa restrita de adaptabilidade, devido a sensibilidade à seca e às baixas temperaturas. Portanto, devido a sua alta exigência ambiental de crescimento e a difíceis condições de reprodução, o mangostão torna-se um fruto precioso (Bi et al., 2023).

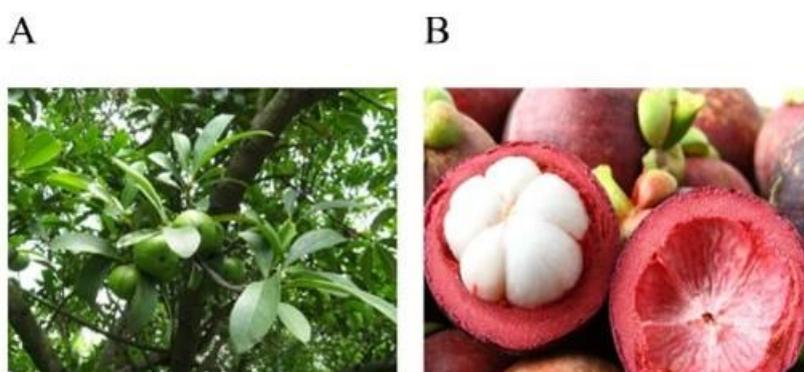
A altura da planta do mangostão pode medir de 6 a 25 metros, com folhagem densa cobrindo a coroa. Para atingir essa altura, são precisos vários anos em virtude do seu crescimento lento. O crescimento lento é causado pelo pouco desenvolvimento do sistema radicular em razão da ausência de pelos absorventes, poucas ramificações, raízes sob ambientes adversos, que resulta em baixas superfícies de contato entre as raízes e o solo, levando a pequena absorção de água e nutrientes, baixa taxa fotossintética, pouca divisão celular no meristema apical e longo período de dormência dos rebentos. Foi verificado que o crescimento leva de 7 a 9 anos para a primeira colheita após o plantio. O amadurecimento do

fruto é entre maio a outubro de cada ano, tendo o rendimento máximo de agosto a outubro (Shaharudin et al., 2022).

A característica do fruto é marcada por ser esférico e roxo escuro, tendo de 5 a 8 cm de diâmetro (Figura 3). Vale ressaltar, que as sementes estão presentes em um ou ambos os septos de cada fruto (Bi et al., 2023). O mangostão consiste geralmente em seis carpelos, cada um com um segmento de polpa carnuda, onde coletivamente constituem o endocarpo. Cada segmento envolve um óvulo, mas geralmente apenas um ou dois desenvolvem em sementes (produzidas assexuadamente) em cada fruto (Yao et al., 2023). As sementes do mangostão, são caracterizadas por serem apomíticas, ou seja, na sua formação, não há envolvimento de processo sexual (Sacramento et al., 2014).

### 3. Morfologia e anatomia

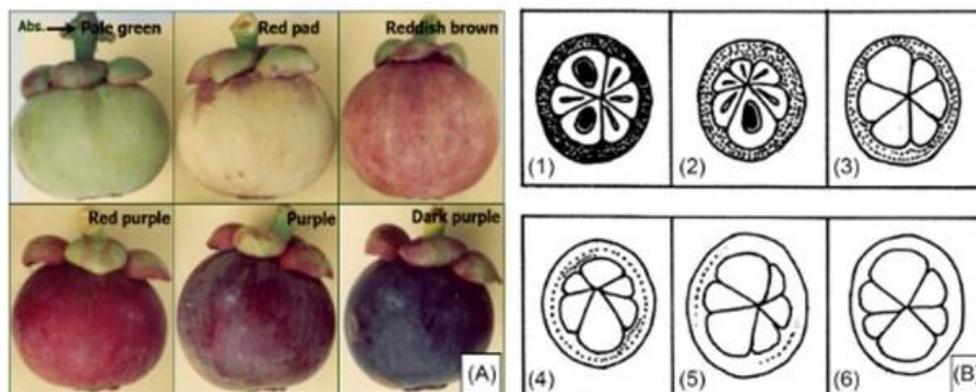
Um dos aspectos marcantes da parede do ovário (pericarpo) de muitas frutas tropicais é uma casca atraente que envolve a polpa comestível (Figura 3). O mangostão possui de 4 a 8 segmentos que variam de tamanho, dentro dos quais, os maiores apresentam uma semente apomítica dentro do arilo (Figura 4), enquanto os menores não mostram sementes. O mesocarpo integra-se do grupo de feixes vasculares e fibras, ligados ao arilo, e às sementes são ligadas ao pedúnculo do caule. O exocarpo, mesocarpo e endocarpo do fruto possuem numerosos ductos secretores de látex amarelo, que são liberados quando o pericarpo é fisicamente danificado (Wongs-Aree; Noichinda, 2014).



**Figura 3.** (A) Imagem do fruto verde do mangostão; (B) Imagem do fruto maduro e sua estrutura interna (Adaptado de Bi et al., 2023).

Segundo o Wongs-Aree e Noichinda (2014), o pericarpo do mangostão contém elevados níveis de xantonas, uma classe de compostos fenólicos que apresentam propriedades antioxidantes e potenciais benefícios medicinais. Pelo menos 14 xantonas foram detectadas no

pericarpo, incluindo 8-hidroxicudraxantonaG, mangostingona [7-metoxi-2-(3-metil-2-butenil)-8-(3-metil-2-oxo-3-butenil)-1,3,6-trihidroxixantona,2], cudraxantonaG, 8-desoxigartanina, garcimangosonaB, garcinonaD, garcinonaE, gartanina, 1-isomangostina,  $\alpha$ -mangostina,  $\gamma$ -mangostina, mangostinona, smeathxantonaA e tovofilinaA.

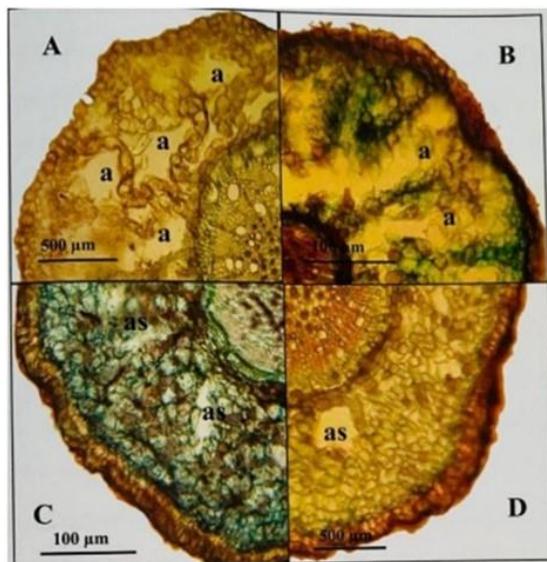


**Figura 4.** Índice de maturidade do mangostão (A) começando com verde claro - casca verde clara (1), almofada vermelha - uma primeira indicação de cor vermelha na casca (2), marrom avermelhado - cor rosa dispersando a fruta inteira (3), vermelho roxo - mais cor vermelha na casca (4), roxa (5), roxa escura - roxa escura intensa na fruta inteira (6). (B) Desenho transversal do fruto em cada estágio mostrando tubos de látex amarelos como manchas dispersas (Adaptado de Wongs-Aree e Noichinda, 2014).

As raízes do mangostão, normalmente, constituídos por um tecido epidérmico, córtex, endoderme, pericélulas e redes de vasos do xilema e elementos crivados do floema. Algumas espécies de mangostão são cultivados em ambientes alagados, através disso, há uma diferença na estrutura do tecido epidérmico e do tecido do aerênquima formado pelo córtex, que difere de ambos os locais. Portanto, as raízes em locais inundados possuem uma camada de células, em contrapartida, em locais não inundados, apresentam duas camadas. As raízes de solos alagados, apresentam células epidérmicas redondas (tubulares), enquanto nos solos não alagados, além de serem redondas, também apresentam formato de bastonetes. Vale ressaltar, que a presença da segunda camada é representada por uma periderme formada para substituir a função do tecido epidérmico, caso o tecido epidérmico seja danificado devido à textura mais complexa do solo (Sari et al., 2023).

Além disso, há uma diferença na espessura do córtex da raiz do mangostão em locais alagados, por conter um aerênquima perfeito. Em contrapartida, a estrutura celular é mais densa (compacta), em relação a uma rede de aerênquima mais estreita nos locais não inundados. Esse fato deve-se a uma forma de adaptação das raízes de mangostão às condições de inundação, sendo retratadas por grandes espaços intercelulares (grandes cavidades de ar), formados por processos lisígenos ou esquizógenos, porque as raízes apresentam deficiência de

oxigênio, em razão dos poros cheios de água (Figura 5). Um outro ponto forte é que os aerênquimas nas raízes são uma via de transporte de oxigênio mais eficiente e um local para armazenar oxigênio da ponta da raiz (Sari et al., 2023).



**Figura 5.** Seções transversais de raízes de mangostão. Descrição: Local 1 (Inundado): (A) Aldeia Sebauk e (B) Aldeia Muntai, (a) Aerênquimas perfeitos. Local 2 (Não inundado): (C) Aldeia Pambang e (D) Aldeia Selat Baru 2, (as) Aerênquimas estreitos. (Adaptado de Sari et al., 2023).

Ao observar o mangostão, é evidente a diferença na característica da planta em relação ao formato da copa (pirâmide, redonda, oblonga e alongada), formato oval da folha, ponta da folha (cônica e rômbo), base da folha (rômbo e cônico), tamanho da flor (grande, média e pequena), formato do fruto, cor do fruto (branco cremoso e branco neve) e formato da semente (elipse, oval, longa e irregular) (Figura 6) de acordo com Syahputra et al. (2021).

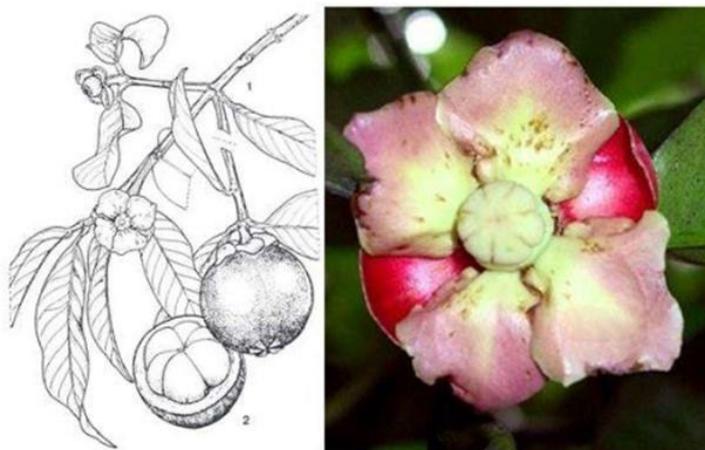


**Figura 6.** Características da arquitetura das árvores de mangostão no distrito de Langkat, Norte de Sumatra. Da esquerda para a direita: Pirâmide, Circular, Quadrada e Circular Alongada (Adaptado de Syahputra et al., 2021).

As flores do mangostão são masculinas e femininas em árvores separadas. As árvores masculinas apresentam de 8 a 9 flores pequenas nas extremidades dos ramos, no entanto, é raro e pouco provável, onde alguns pesquisadores acreditam que devam ter feito a

identificação de forma errônea da espécie. Os frutos são produzidos por partenogênese, ou seja, sem fecundação. A disposição das flores é em tufos ou isoladas nas axilas das folhas, mas raramente terminais. As flores femininas apresentam 5 a 6 cm de diâmetro e têm quatro sépalas e quatro pétalas que nascem em pedicelos curtos e grossos. Não há relato da posição nas árvores (Queiroga et al., 2023).

A flor é composta por 4 sépalas grandes, persistentes e bisseriadas (2 pares). No botão, as 2 sépalas internas são inteiramente envolvidas pelo par externo, que tem 2 cm de comprimento, e são menores e bordadas de vermelho. As 2 sépalas externas, apresentam 2 cm de comprimento, com coloração verde-amarela, côncavas e obtusas, e as 2 sépalas internas são mais curtas e de cor rosa. As 4 pétalas são amplamente ovadas, obtusas, espessas, carnudas, verde-amareladas e orladas de vermelho ou quase inteiramente vermelhas. Os estaminódios são dispostos em grupos de 1 a 3 em 1-2 séries, formando um anel ao redor da base do ovário. Os estaminódios são livres ou conatos ou curtos na base, possuindo um comprimento de 0,5 cm e anteras pequenas e estéreis. As flores femininas exibem um ovário grande hipogínico (súpero) composto por receptáculos de formas variadas e é amplamente elipsoide a globoso, sésstil e com 4-8 lóculos. O estigma proeminente e espesso é sésstil contendo número de lóbulos igual ao número de lóculos do ovário. As flores são de curta duração e se abrem no final da tarde e as pétalas caem logo depois (Figura 7), (Queiroga et al., 2023).



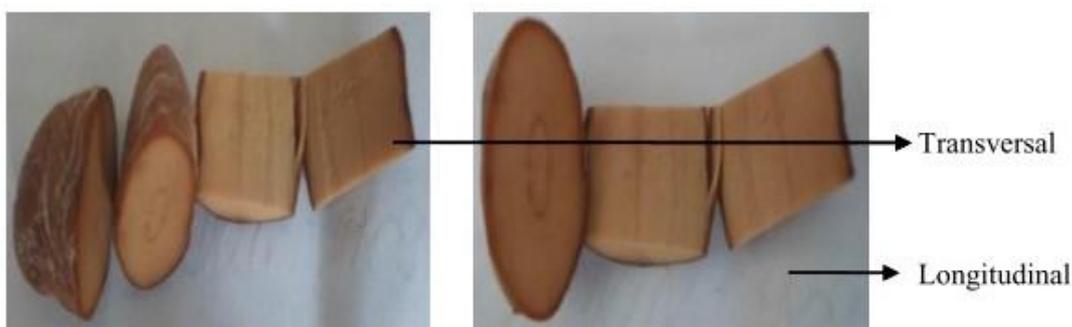
**Figura 7.** Flor feminina em ramo do mangostão (Adaptado por Queiroga et al., 2023).

#### **4. Propagação e germinação**

A forma de propagação do mangostão é via semente a mais comum entre os agricultores, por ser barata e prática. As vantagens do método de propagação por meio de

sementes é produzir plantas fortes e exuberantes, com alta sobrevivência, podendo chegar, em média, a centenas de anos e ter um ciclo de vida mais longo. Pode chegar a produzir cerca de 1000 frutos por árvore, dependendo do número de brotos em comparação com a multiplicação vegetativa, como a enxertia, enxertia de gemas, estaquia e cultura de tecidos (Suhendra; Mustamu, 2018).

Sabe-se que o mangostão é apomítico, ou seja, as sementes são geneticamente semelhantes à planta mãe. A apomixia é um método assexuado de reprodução, onde as sementes são geradas sem redução do número de cromossomos e fertilização. No entanto, esse método de propagação, enfrenta diversos obstáculos, entre eles as sementes só estão disponíveis em certas épocas do ano. O período de frutificação, acontece de 1-2 vezes por ano, onde cada fruta produz cerca de 1-2 sementes grandes e adequadas para a propagação. Além disso, as sementes têm como característica serem recalcitrantes, ou seja, o tempo de durabilidade é curto e a semente não pode ser realizada em todo ano. Logo, apresentando como soluções, é realizar uma técnica de clivagem de sementes, com a finalidade de obter uma grande quantidade de material vegetal, o qual esteja relacionado com as propriedades poliembriônicas das sementes de mangostão. A poliembrião é um fenômeno, em que há mais de um embrião em uma semente (Suhendra; Mustamu, 2018).



**Figura 8.** Foto da semente de mangostão cortada transversal e longitudinalmente (Adaptado de Suhendra e Mustamu 2018).

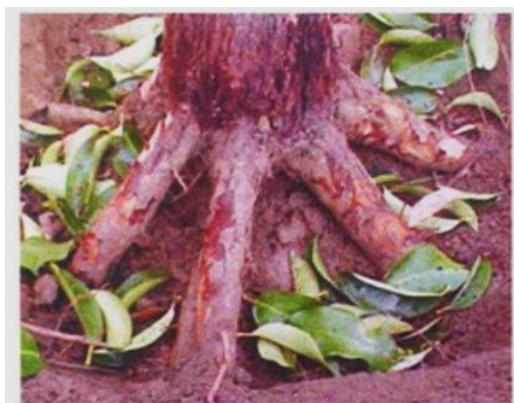
A estrutura da semente é composta geralmente por plúmula, hipocótilo, radícula, cotiledonar e embrião. Tanto nas sementes de plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas, a plúmula é a haste do embrião, o qual, crescerá para cima, enquanto a radícula é o eixo do embrião que cresce para baixo, tornando-se a raiz primária (Suhendra; Mustamu, 2018). Na Figura 8, é representado um corte transversal e longitudinal da semente de mangostão, enquanto a Figura 9 mostra a estrutura da semente.



**Figura 9.** Estrutura da semente de Mangostão (A) e estrutura da semente de mangostão após o plantio de 7 dias (B) (Adaptado de Suhendra e Mustamu 2018).

## 5. Desenvolvimento de raízes

O sistema radicular do mangostão origina-se de uma raiz adventícia, com raiz pivotante, apresentando raízes laterais grossas e finas, no entanto, com poucas radículas. Além disso, as raízes são frágeis e apresentam crescimento lento e emaranhado. Através dessa afirmação, deverá ter um maior cuidado no transplante das mudas com o intuito de evitar causar lesões que irão comprometer ambas as raízes (principal e laterais). O crescimento radicular, normalmente, atinge uma profundidade de 30 cm, pode chegar a 1 m, no entanto, não é comum (Queiroga et al., 2023).



**Figura 10.** Distribuição das raízes do mangostanzeiro (Adaptado por Queiroga et al, 2023).

## 6. Desenvolvimento do caule

O mangostão é uma árvore perene, apresentando porte pequeno ou médio de altura com 6 a 25 m, o seu tronco é reto, ramificado simetricamente para formar uma copa cônica. O tronco é denso, grosseiro e muito forte, podendo ser utilizado em carpintaria. Além disso, o tronco do mangostão produz um látex gomoso e abundante (Queiroga et al., 2023).



**Figura 11.** Raiz e caule da árvore do mangostão (Adaptado Queiroga et al., 2023).

As árvores ou arbustos perenes apresentam um tronco reto que vai se afinando para um dossel cônico, no qual, por sua vez, a presença dos ramos é em pares alternados no tronco em um ângulo agudo, tornando-se posteriormente horizontais ou caídos (Figura 11), em muitos casos os ramos são modificados em espinhos (Queiroga et al., 2023).

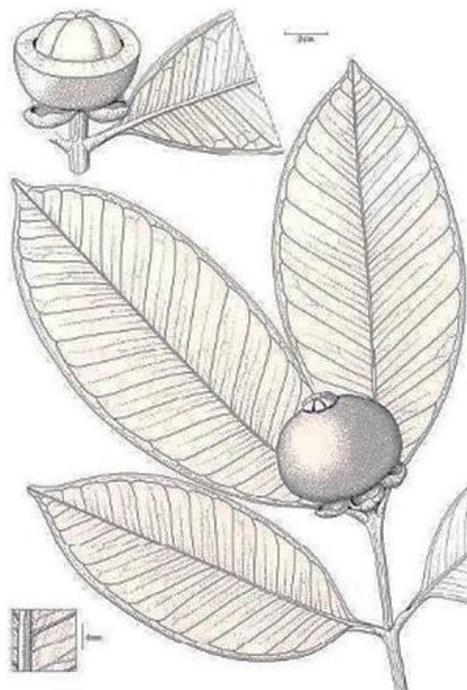


**Figura 12.** Ramificação simétrica e alternativa oposta no mangostão (Adaptado Queiroga et al., 2023).

## 7. Desenvolvimento das folhas

As folhas do mangostão têm o formato simples, inteiras e acuminadas no ápice, ovais, oblongas ou elípticas, ligeiramente pecioladas (1,5-2 cm de comprimento) fixadas na parte aérea, opostas ou quase, ou em espirais de 3 e por fim, o par apical de folíolos esconde o botão terminal. As folhas podem chegar a atingir de 15 a 25 cm de comprimento e 4,5 a 13 cm de largura, expressam um aspecto brilhoso, sendo espessas e coriáceas; apresentam uma coloração verde escuro e raramente um verde amarelado; são glabras na face superior com tons de verde pálido opaco, ou verde amarelo na face inferior. Outro fator a ser destacado é a

recorrência da presença de células glandulares e resinosas nas folhas. Além disso, evidenciam muitas nervuras laterais igualmente espaçadas, paralelas e proeminentes, dispostas em ângulo reto com o eixo principal (Figura 12), segundo Queiroga et al. (2023).



**Figura 13.** Nervuras laterais espaçadas, folhas opostas e frutos na axila da folha do mangostão (Adaptado de Queiroga et al., 2023).

As folhas maduras têm uma alta longevidade, com a presença de novas folhas desenvolvendo-se na maioria dos ramos, em virtude dos novos fluxos que ocorrem uma ou duas vezes por ano. A coloração das folhas novas é rosa, onde posteriormente passará a ser verde claro, entretanto, a duração dessa cor é por um período muito curto e logo irá adquirir a coloração verde escura, que são características das folhas maduras (Figura 14), segundo Queiroga et al. (2023).



**Figura 14.** Distinção da coloração das folhas de mangostão: inicialmente apresentam coloração rosa mudando para verde claro e, quando maduras, tornam-se verde escuras (Adaptado por Queiroga et al., 2023).

## 8. Efeitos de fatores ecológicos

De acordo com Jaroensutasinee et al. (2023) a fenologia reprodutiva do mangostão é influenciada por condições climáticas como: precipitação, temperatura, níveis de radiação e fotoperíodo, altitude acima do nível do mar, disponibilidade de sombra e também pela localização geográfica. As alterações climáticas são compostas por fatores que afetam diretamente na produtividade agrícola, e principalmente das frutas tropicais que são mais sensíveis a estas mudanças. Thongjuan (2015) verificou que as principais variáveis agrometeorológicas são a precipitação, a temperatura do ar e o período de seca. É de conhecimento que as frutas tropicais são limitadas pela umidade disponível no solo, pois requerem um período de seca para cessar a fase vegetativa e induzir a floração. Em relação ao cultivo de mangostão, este período de seca é de aproximadamente 20 dias.

Um outro problema que afeta a produção de mangostão são os tripes, atingindo as folhas, flores e frutos jovens, provocando uma redução na qualidade do fruto e causando uma série de perdas econômicas. As chuvas em excesso também ocasionam grandes perdas na floração, potencializam a incidência de pragas, doenças e afetam a qualidade do fruto. Observando o cenário que compõem as condições climáticas, a temperatura, irá regular o crescimento e a sobrevivências de muitos insetos (podendo ser prejudiciais ou não). Portanto, o aquecimento global pode impactar a população dos insetos na produtividade agrícola do mangostão (Thongjuan, 2015).

No Brasil, são relatados alguns problemas com pragas, doenças e danos fisiológicos. Entre as pragas que têm maior incidência, podemos citar a abelha-arapuá (*Trigona spinipes*), ácaros (*Tetranychus* sp.) e tripes (*Thrips* sp.). As abelhas causam injúrias aos botões florais e ao fruto em crescimento na área superficial, criando um aspecto rugoso proveniente da resina

amarelada excretada. Apesar dos danos não afetarem a parte comestível do fruto, impactam no aspecto visual levando ao comprometimento do comércio da fruta tropical. Para o controle, é necessário a remoção das colmeias em um raio de 500 metros do pomar, no entanto, não é uma prática fácil de ser executada. Outra praga são os ácaros quando atacam o mangostão, criando um aspecto ferruginoso, apesar de não provocar danos internos, dificulta a colheita e a visualização do fruto quanto ao estágio de maturação. Para o controle de ácaro na área, utiliza-se acaricidas específicos e enxofre. Ressaltando que o uso de enxofre compromete a qualidade do fruto na comercialização, devido ao odor gerado pelo produto químico. E, por fim, temos o ataque de tripes, sendo que o efeito gerado no mangostão é semelhante ao dos ácaros (Sacramento et al., 2007).

Há ocorrência de duas principais doenças, a murcha do mangostanzeiro e a queima-do-fio. A murcha do mangostanzeiro, característica da região sul da Bahia, é uma doença caracterizada por apresentar sintomas iniciais de amarelecimento, queda das folhas e murchamento dos frutos. Após início dos primeiros sintomas, a planta apresenta uma aparência queimada e sendo reduzida apenas aos ramos secos. A queima-do-fio é vista na região do Pará, sendo recorrente onde há excesso de sombra e umidade. Durante a fase vegetativa, o fungo ocorre em um filamento, iniciando nos ramos menores, e ao atingir as folhas promove um filme esbranquiçado sobre o limbo, onde os ramos jovens são cobertos por filamentos (Sacramento et al., 2007).

O dano fisiológico de maior ocorrência é o rompimento de vasos laticíferos ou empedramento do fruto e ocorrência de frutos com polpa translúcida. O empedramento do fruto é uma anomalia fisiológica e transcorre no estágio de maturação e sendo que o mangostão apresenta manchas amarelo-claras e brilhantes na parte externa. No local de incidência da mancha amarela ocorre o endurecimento do pericarpo e, ao parti-lo, mostra uma coloração amarelada, conferindo um sabor amargo devido a resina amarela excretada. E por fim, na doença do fruto com polpa translúcida, os frutos exibem uma baixa concentração de sólidos-solúveis e menor porcentagem de acidez titulável que os frutos normais. Normalmente, essa doença está ligada com o excesso de umidade (Sacramento et al., 2007).

## **9. Relações hídricas**

O mangostão é uma espécie sensível a ambientes muito úmidos ou muito secos. No entanto, possui uma melhor adaptabilidade em ambientes alagados. Há espécies de árvores que possuem grande necessidade de água, são as que se adaptam bem a ambientes às margens de rios e lagos, nos quais, por sua vez, as raízes estão constantemente molhadas. Caso seja

plantada em ambientes que apresentam distribuição de chuvas irregulares ao longo dos anos é essencial a instalação de um sistema de irrigação intenso para o fornecimento de água nos períodos de escassez. Portanto, é uma cultura exigente de água, não suportando períodos secos (Queiroga et al., 2023).

Uma das desvantagens do sistema radicular do mangostão é a falta ou a inexistência de pelos radiculares, gerando pouco contato com o solo, acarretando baixa eficiência na absorção de água disponível. Devido a esse fator, a planta requer um fornecimento constante e abundante de água no solo. Através desse fator, a escolha certa do sistema de irrigação é imprescindível, evitando que ocorra um baixo fornecimento da absorção de nutrientes, erosão no terreno e também ao aumento no custo de produção. As irrigações por gotejamento e por microaspersores são consideradas ideais para o cultivo do mangostão. Ao ponto que o gotejamento fornece água diretamente na zona radicular das árvores, trazendo como vantagem a economia de água devido a perda mínima por evaporação em relação aos outros sistemas de irrigação. O sistema de irrigação garante um abastecimento adequado de macro e micronutrientes (Queiroga et al., 2023).

## **10. Solos, nutrição e micorrizas**

De acordo com Sacramento et al. (2007) o mangostão tem uma boa adaptabilidade em solos profundos argilo-arenosos, bem drenados e com alto teor de matéria orgânica. Enquanto na região da Bahia, é cultivado em um Latossolo-Vermelho; já no estado do Pará tem o estabelecimento em Latossolo Amarelo. Para o bom desenvolvimento da cultura o pH do solo deve estar entre 5,5-7,0, isso ocorre pois é a faixa de melhor disponibilidade de nutrientes. O solo deve ser bem arejado e bem drenado para um melhor desenvolvimento do sistema radicular (Carvalho, 2014).

No estado da Bahia, onde se concentra uma produção de mangostão, o uso de análise do solo não é realizado pelos produtores, portanto cada um aplica diferentes tipos e quantidades de fertilizantes. Além disso, há grandes concentrações do aporte de esterco bovino incorporado nas valas abertas, chamando atenção pela quantidade disponibilizada de matéria orgânica (Sacramento et al., 2007).

De acordo com Carvalho (2014), em relação a recomendação de adubação de acordo com a exigência nutricional da cultura do mangostão, não encontramos valores requeridos consolidados. Na região do Amazonas, onde os solos são de baixa fertilidade, os agricultores adotaram algumas estratégias na implantação dos pomares com mudas provenientes de

sementes nas quais a fase reprodutiva se iniciará após oito anos do plantio. Seguindo as seguintes aplicações:

Nos três primeiros anos: Realizar adubação de 300 g/planta do NPK 14-14-14 e 20 L de material orgânico. As aplicações serão divididas em três parcelas, no início, meio e fim das chuvas, enquanto o orgânico aplicado no início das chuvas.

A partir do 4° até o 7° ano: Deverá aplicar 450 g/planta do NPK 14-14-14 e 20 L de esterco. A aplicação será dividida em três aplicações de 150g, sendo feitas iguais aos três primeiros anos.

Fase reprodutiva: No primeiro ano da frutificação aplicar 550 g/planta do NPK 10-28-20, já na floração 200 g/planta de KCl. A importância da aplicação de KCl é reduzir a incidência de distúrbios fisiológicos, conhecidos como “vasos laticíferos”. Nos anos posteriores, aumentar de forma gradativa o NPK e o KCl até atingir 2,0 kg/planta, na mesma proporção de 5:2.

O principal meio de absorção de nutrientes são as partículas de solo, onde as raízes participam do processo de captura dos nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimentos das plantas. As raízes, além de participar da absorção, são fundamentais para a sustentação, portanto, o bom funcionamento pode garantir um crescimento ideal das plantas (Masri; Azizah, 1998).

Masri e Azizah (1998) relataram que o crescimento lento das mudas do mangostão estava correlacionado com o fraco sistema radicular desenvolvido. Além disso, observaram que a infecção com fungos micorrízicos (FM) melhorou de forma significativa o aumento do crescimento das mudas de mangostão, através das modificações provocadas pelo sistema radicular que melhoram a absorção de nutrientes, principalmente, com baixa mobilidade no solo, podendo-se destacar o fósforo e o zinco.

## **11. Fotossíntese e translocação**

A árvore do mangostão apresenta uma baixa taxa fotossintética no campo, variando entre 1,5 e 4,0  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e está intimamente relacionada com a anatomia e a estrutura da folha (Qosim et al., 2011).

De acordo com Queiroga et al. (2023) o crescimento vegetativo advém essencialmente dos fluxos intermitentes de crescimento, onde a frequência dos fluxos é dependente da idade da planta. Foi constatado que as árvores jovens produzem seis fluxos por ano. Em ambientes controlados, os fluxos decorrem em intervalos de 40-45 dias, nos 18 meses de crescimento das plantas jovens. Além disso, as altas intensidades luminosas interferem na eficácia da

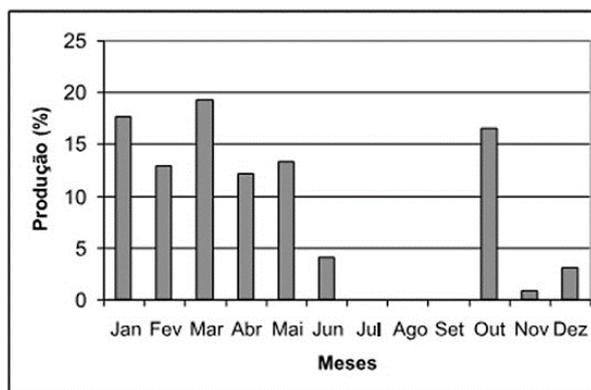
fotossíntese e na produção de assimilados. Também esse fator está relacionado com a quantidade de estômatos na superfície inferior da folha limitando as trocas gasosas de CO<sub>2</sub> das folhas.

O transporte de carboidratos a longa distância entre as fontes e os drenos irá decorrer em células específicas do sistema vascular. O acúmulo de açúcar resulta na absorção osmótica da água, gerando uma força no interior do floema, fazendo com que a seiva flua ao longo dos elementos crivados do floema. Posteriormente, ocorre o descarregamento dos açúcares nos drenos preferenciais, mantendo o gradiente de pressão (Williams; Lemoine; Sauer, 2000).

## **12. Florescimento e frutificação**

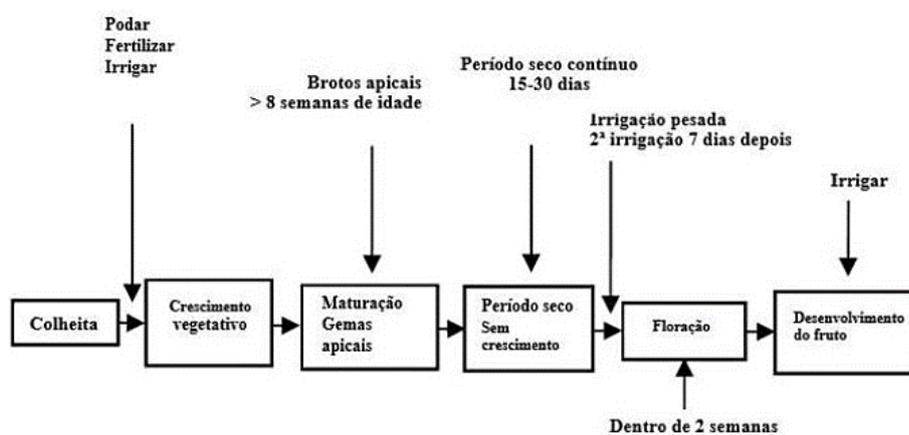
A época de florescimento é variável em virtude das condições climáticas e sua ocorrência pode ser em um ou mais períodos durante o ano. A árvore do mangostanzeiro tem a característica de expressar florescimentos em anos alternados, enquanto a frutificação é variada de planta para planta. As árvores irão florescer após o aumento de fluxos vegetativos e principalmente da estiagem. Portanto, o florescimento tem o potencial de florescer duas vezes ao ano, conforme as condições climáticas, as práticas de manejo e do número de fluxos vegetativos. O período entre a iniciação floral e a antese é de 25 dias, e entre a antese até o fruto maduro é de 100 a 120 dias (Sacramento et al., 2007).

No estado do Pará, na região do Belém, são encontrados os principais pomares de mangostão. Nessa região, a precipitação é bem distribuída e acontece uma pequena floração, entre junho à agosto, sendo responsável por uma restrita safra verificada entre outubro a dezembro. A principal safra é recorrente entre janeiro à maio, e a sua floração ocorre entre setembro a janeiro. Estudos verificaram que 80% da produção do mangostão ocorre na safra de janeiro a junho, enquanto a “safrinha” que ocorre no segundo semestre é referente a 20% da produção. Na região da Bahia, no município de Una, a safra ocorre de março a abril (Sacramento et al., 2007).



**Figura 15.** Distribuição do percentual de produção de frutos do mangostão no período de um ano, na região de Belém, PA (Adaptada de Sacramento et al., 2007).

A floração é um dos períodos cruciais durante o ciclo da cultura do mangostão, portanto, condições de secas de imediato antes e durante o período de floração podem ser favoráveis para induzir uma boa frutificação. Uma das formas em induzir a floração, é provocar um período de seca contínuo de 15-30 dias, com o intuito de limitar o crescimento das gemas apicais, posteriormente introduzir irrigação pesada, com espaçamento de 7 dias, levando ao início da floração. Todavia, deve-se ter cuidado com a irrigação, onde a escassez de água pode retardar o desenvolvimento do fruto e o excesso pode levar a formação de novos brotos. As árvores que geram novos brotos no período de frutificação limitam o fluxo de fotoassimilados para o fruto e direcionam uma parte para a formação dos brotos, em consequência, resulta em frutos pequenos ou abortados (Queiroga et al., 2023).



**Figura 16.** Etapas requeridas para induzir a floração em mangostão na Tailândia (Adaptado de Queiroga et al., 2023).

### 13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

As árvores de mangostão têm a capacidade de se desenvolver e produzir bem em locais de clima e úmido, com chuvas bem distribuídas durante o ano (Carvalho, 2014). A

precipitação ideal para o desenvolvimento do mangostão é acima de 1.270 mm anualmente, tendo uma média adequada de 1.270-2.500, ou seja, sendo favorável cerca de 10 meses úmidos. Vale ressaltar que o déficit hídrico deve ser evitado e a irrigação é imprescindível durante a seca. Além disso, as árvores de mangostão podem resistir à alagamento, mas não à seca (Queiroga et al., 2023)

A faixa de temperatura é de 25-35°C com uma umidade relativa superior a 80%. Temperaturas extremas menores que 5°C ou maiores que 38°C retardam o desenvolvimento do mangostão, sendo não recomendado implementar o pomar nessas condições. Além disso, nos 2-4 anos de crescimento é essencial o sombreamento, tanto em viveiro, quanto no campo, pois a intensidade de luz adequada é de 40-70%, onde as folhas e os frutos são sensíveis a queimadura solares sob luz direta. A estrutura dos galhos das árvores de mangostão são bastante compactas e de ângulo aberto, apresentando poucas injúrias causadas por ventos, no entanto, em regiões onde há tufões, como nas Filipinas, é recomendado o uso de quebra-ventos para evitar comprometimentos no fruto (Queiroga et al., 2023).

#### **14. Estratégias para altas produções**

Os tratamentos culturais são de extrema importância para alcançar altas produtividades, podendo envolver adubação, irrigação, poda e raleamento dos frutos (Sacramento et al., 2007).

**Adubação:** Um dos fatores negativos é que não estão disponíveis em boletins que contenham valores para adubação da cultura do mangostão. Muitos agricultores na região sul do Brasil não fazem uso de análise do solo, onde cada produtor usa adubos em quantidade distintas, além de grandes volumes de esterco bovino, incorporado nas valas abertas na projeção da copa. Na região do Pará, é recomendada a aplicação de 200 g/planta de KCl no início da floração e 300 g/planta de NPK (10-28-20) após o término da safra e 40 L de cama de aviário. As adubações desequilibradas podem ocasionar diversos problemas no desenvolvimento do mangosteiro.

**Irrigação:** Nas regiões brasileiras a quantidade e a distribuição de chuvas têm sido eficazes para uma produção aceitável de frutos, contudo os produtores fazem uso de sistemas de irrigação em casos de estiagem prolongadas. Utilizam microaspersão e gotejamento, aplicado próximo onde há maior concentração de raízes, tendo um melhor aproveitamento.

**Poda:** Até o 3º ano, não se realiza a poda no mangostão. No 4º ano adiante é necessário a erradicação de ramos próximos ao solo, com a finalidade de melhorar os tratamentos culturais e evitar o acesso de roedores no local, que são prejudiciais para o fruto. Além disso, a

eliminação favorece a areação e a luminosidade, proporcionando estímulo na frutificação no interior da copa.

**Raleamento dos frutos:** A plena frutificação advém dos ápices dos ramos expostos à luminosidade. Com isso, o raleamento tem o propósito de diminuir o número de frutos por árvores para estimular a produção de frutos maiores, os quais são mais rentáveis no mercado.

Entre as estratégias para atingir altas produções o cuidado na pós-colheita se faz essencial, tendo em vista que a faixa de perda de alimentos é de 37%, portanto, o uso de boas práticas agrícolas torna-se fundamental para garantir um sistema rentável. Alguns agentes relataram a utilização de tecnologias visando manter a qualidade dos frutos na pós-colheita ou retardar o amadurecimento, com a finalidade de prolongar a vida útil, para permanecer fresco até a distribuição aos clientes (Ratna; Kuswanti; Agus, 2023). Durante a realização de alguns estudos, verificou-se que a utilização de um sistema de ozonização em armazém fechado reduziu em 3,34% a perda de frutos (Chankuson; Chumsri, 2023). Owolabi et al. (2021) consideraram que revestir o mangostão com óleos de hortelã-pimenta e limão retarda o processo de amadurecimento e limita as perdas em 60%. Um estudo que empregou tecnologias para manutenção da temperatura, tornou-se eficaz, onde foi verificado que uma temperatura de 13°C poderia preservar a fruta de mangostão por um período de 25 dias, em comparação ao mangostão mantido em uma temperatura ambiente de 25°C, que durou apenas 14 dias (Castro et al., 2012).

## **15. Efeitos de reguladores vegetais**

O mangostão é uma fruta climatérica, ou seja, apresenta pico climatérico no momento de alta produção de etileno e uma elevada taxa de respiração. Enquanto que o etileno é responsável pelo amadurecimento do fruto, a respiração degrada as substâncias de reserva. Mohd et al. (2019) consideraram que armazenar o fruto de mangostão no estágio 3 (fruto vermelho-completo) em um saco de polietileno de baixa densidade e adicionar um sachê de 1-metilciclopropeno (inibidor da percepção do etileno), pode estender o período de maturação e inibir o desenvolvimento de doenças da podridão dos frutos, ao incremento da vida útil do fruto. Já a utilização de metil jasmonato (MeJA) e ácido salicílico (AS), biorreguladores do estresse, geraram uma redução na dureza do fruto em até 12 dias pós-colheita, uma informação que pode ser usado na preservação do fruto. Além disso, o uso do saco de filme de polipropileno microperfurado, que apresenta orifícios de areação, atestou ser eficiente na preservação da qualidade do fruto no decorrer de um período de 25 dias de armazenamento.

## 16. Senescência e aproveitamento de resíduos

É de conhecimento que a fruta mangostão é consumida preferencialmente fresca, e no mercado está apta para o consumo em forma de sobremesas, saladas, geleias, combinações de suco ou na indústria de processamento de alimentos em latas. Devido a produção em larga escala, há uma geração de grande volume de resíduos de cascas e caules (Foo; Hameed, 2012).

A parte comestível do fruto representa cerca de 30% do peso total, e grande parte é composta pela casca, a qual, não é consumida de forma direta. A casca do mangostão é uma fonte rica em compostos fenólicos, particularmente xantonas, os quais, tem a função de uma atividade antioxidante e são encontrados em uma ampla rede de indústrias farmacêuticas e alimentícias utilizados como aditivos. A casca do mangostão é um resíduo que pode ser uma fonte de poluição caso descartado no meio ambiente, e torna-se imprescindível dar uma nova finalidade para o mesmo, já que sabemos dos diversos benefícios dos compostos fenólicos presentes na casca do mangostão (Harimawan; Shofinita; Valentino, 2024).

O casca do mangostão contém em sua composição celulose, lignina e hemicelulose, que é um material à base de lignocelulose, podendo ser um material bom na forma de carvão ativado. A lignocelulose compõe cerca de 60-70% da massa total da casca do mangostão, contendo grupos funcionais que apresentam potencial de serem empregados como biossorventes, os quais estudos mostraram sua capacidade de regenerabilidade que é considerada essencial no processo de seleção, trazendo vantagens na redução dos custos operacionais e evita o desperdício no processo. O biossorvente da casca do mangostão pode atingir uma taxa de separação de 80% e de até 90%, mostrando a eficácia do produto (Harimawan; Shofinita; Valentino, 2024).

## Referências

BI, C. et al. Botanical characteristics, chemical components, biological activity, and potential applications of mangosteen. **Peer Journal**, Victoria, v. 11, :e15329, May, 2023. DOI: 10.7717/peerj.15329.

CARVALHO, J.E.U. Mangostanzeiro: botânica, propagação, cultivo e utilização 1. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 1, p. 148–155, 2014.

CASTRO, M. et al. Postharvest technologies for mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) conservation. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 2012, n. 004981, p. 668–672, 2012.

CHANKUSON, P.; CHUMSRI, P. The plasma ozonizer system for mangosteen storage container to preserve the quality of mangosteen. **Applied Sciences**, București, v. 13, n. 8, 4873, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13084873>.

FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. Factors affecting the carbon yield and adsorption capability of the mangosteen peel activated carbon prepared by microwave assisted  $K_2CO_3$  activation. **Chemical Engineering Journal**, Lausanne, v. 180, p. 66-74, 2012.

HARIMAWAN, A.; SHOFINITA, D.; VALENTINO, V. The potential of mangosteen peel as a biosorbent: a review. **Environmental Progress e Sustainable Energy**, Hoboken, v. 43, n. 3, Jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/ep.14330>.

JAROENSUTASINEE, K.; JAROENSUTASINEE, M.; BOONSANONG, P. Climatic factor differences and mangosteen fruit quality between on- and off-season productions. **Emerging Science Journal**, Reggio, v. 7, n. 2, p. 578–588, 2023.

MASRI, M.; AZIZAH, H. Root alterations and nutrient uptake of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) seedlings in response to arbuscular mycorrhizal inoculation. **Journal of Tropical Agriculture and Food Science**, Serdang, v. 26, n. 2, p. 119-126, 1998.

MOHD, W. et al. Valorization of mangosteen, “The Queen of Fruits”, and new advances in postharvest and in food and engineering applications: a review. **Journal of Advanced Research**, Cairo, v. 20, p. 61-70, 2019.

NAZRE, M. New evidence on the origin of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) based on morphology and its sequence. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 61, n. 6, p. 1147–1158, 2014.

NAZRE, M. et al. Taxonomic revision of garcinia section garcinia (Clusiaceae). **Phytotaxa**, Auckland, v. 373, n. 1, p. 1–52, 2018.

OWOLABI, I.; SONGSAMOE, S.; MATAN, N. Postharvest biology and technology combined impact of peppermint oil and lime oil on mangosteen (*Garcinia Mangostana*) fruit ripening and mold growth using closed system. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 175, p. 111-488, 2021.

PALAKAWONG, C.; DELAQUIS, P. Mangosteen processing: a review. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 10, p. 1–10, 2018.

QOSIM, W. A. et al. Alteration of leaf anatomy of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) regenerants *in vitro* by gamma irradiation. **Plant Mutation Reports**, Vienna, v. 2, n. 3, p. 4-11, Apr. 2011.

QUEIROGA, V. et al. **Sistema produtivo do mangostão (*Garcinia mangostana*, L.)**. 2023. p. 10–96. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/264094/1/Sistema-produtivo-mangostao-2023.pdf>>.

RATNA, D.; KUSWANTI, H.; AGUS, E. Technology, market, and complexity what factors impact the adoption of postharvest loss-reduction technologies in mangosteen supply chain? **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, Heidelberg, v. 9, n. 3, p. 100-102, 2023.

SACRAMENTO, C.K. et al. Cultivo do mangostão no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, p. 195–203, 2007.

SARI, V.; BACHRY, S.; AYU, F. Anatomy of mangosteen root (*Garcinia mangostana* L.) from Bengkalis Island which can grow in flooded areas. **CELEBES Agricultural**, v. 4, n. 1, p. 21-29, 2023.

SHAHARUDIN, M. A. et al. The origin of mangosteen: a review. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 69, n. 7, p. 2291–2299, 2022.

SUHENDRA, D.; MUSTAMU, N. E. Structure and germination pattern mangosteen seed (*Garcinia mangostana* L.). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, Bristol, v. 205, n. 1, 2018.

SYAHPUTRA, M.R. et al. Morphological characteristics of mangosteen plants (*Garcinia mangostana* L.) in Langkat District, North Sumatera, Indonesia. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, Bristol, v. 782, n. 4, 2021.

THONGJUAN, T.T.J. The relationships between thrips populations and climatic factors, mangosteen development stage in. **Journal of Agricultural Technology**, v. 11, n. 8, p. 1887–1896, 2015.

WILLIAMS, L.E.; LEMOINE, R.; SAUER, N. Sugar transporters in higher plants: a diversity of roles and complex regulation. **Trends in Plant Science**, Kidlington, v. 5, n. 7, p. 283-290, 2000.

WONGS-AREE, C.; NOICHINDA, S. **Postharvest physiology and quality maintenance of tropical fruits**. Amsterdam: Elsevier, 2014.

YAO, T.L. et al. The origin of cultivated mangosteen (*Garcinia mangostana* L. var. *mangostana*): Critical assessments and an evolutionary-ecological perspective. **Ecology and Evolution**, Oxford, v. 13, n. 3, p. 1-17, 2023.

# NOGUEIRA COMUM



**NOGUEIRA (*Juglans regia*)**

Juvenal Rodrigues da Silva Junior

## **1. Origem e distribuição geográfica**

A noqueira ou noqueira-comum (*Juglans regia* L.) é uma árvore pertencente à família Juglandaceae, da qual se destacam três gêneros de importância econômica: *Juglans*, *Carya* e *Pterocarya*. Ao longo do desenvolvimento da sociedade humana, as espécies pertencentes a essa família têm sido cultivadas, domesticadas e colhidas, cuja finalidade, consiste na produção de nozes para consumo *in natura* e processadas, além da utilização para fins de aproveitamento florestal, devido à sua madeira durável e resistente à decomposição, característica favorável a indústria moveleira (Guo et al., 2020).

Existem inúmeras hipóteses sobre a origem da noqueira, com destaque para a Ásia Central, sendo a mais comumente aceita, numa área que se estende entre a Turquia e a cadeia montanhosa do Himalaia. Embora existam relatos de que o provável centro de origem seja o Irã, de onde a cultura foi levada pelos gregos para a Europa no século III a.C., que a partir daí, teria sido difundida pelo resto da Europa e posteriormente para a América. Uma segunda

hipótese sugere a presença da noqueira na Europa antes mesmo destas civilizações, dada a descoberta de pólen com 5.000 anos, pertencente a árvores que sobreviveram à última glaciação (Associação dos Jovens Agricultores de Portugal - AJAP, 2017).

A família Juglandaceae, possui cerca de dez gêneros e mais de 60 espécies, com ampla distribuição na América do Norte, Europa e Ásia. O gênero *Juglans*, possui cerca de 21 espécies, que se distribuem no leste e sul da América do Norte, nas regiões montanhosas da América Central e do Sul, e na Ásia Central e Oriental. Por sua vez, o gênero *Carya* nativo da América do Norte, é constituído por cerca de 18 espécies, encontradas no leste e no sul da América do Norte, no México e no sudeste Asiático (Wall, 2001).

O atual centro de diversidade da família Juglandaceae, situa-se nas montanhas subtropicais e tropicais do sul da China, no norte do Vietnã, e em menor escala, na América Central. Portanto, houve uma mudança do centro de diversificação, que se deslocou da América do Norte e da Europa para o sudoeste da China e norte do Vietnã, os quais constituem os principais focos de diversidade e áreas prioritárias na conservação da família das noqueiras (Song et al., 2019).

No Brasil, a introdução da noqueira-pecã ocorreu no ano de 1870. A área cultivada com a espécie aumentou significativamente na década de 1970, a partir da criação de viveiros, com a importação de propágulos de cultivares oriundos dos Estados Unidos, além dos incentivos fiscais com vista nos reflorestamentos. As regiões de cultivo compreendem principalmente o sul e sudeste, com destaque para o Rio Grande do Sul, onde está implantada a maior parte dos pomares de noqueira do Brasil. Atualmente, a pecanicultura encontra-se novamente em ascensão, especialmente na região sul do país, tendo em vista a demanda e o excelente preço de comercialização (Hilgert, 2019). Segundo Ortiz e Camargo (2005), a noqueira-pecã chegou juntamente com o confederado Coronel William H. Norris, pioneiro da imigração norte-americana no país. Entre esses imigrantes, alguns como o Sr. Ezekiel Pyles, estabelecido em Santa Barbara D'Oeste, no estado de São Paulo, trouxeram consigo nozes que deram origem aos primeiros plantios.

## 2. Classificação botânica e morfologia

As noqueiras, popularmente conhecidas por seu fruto, denominado noz, pertencem a família Juglandaceae, a qual engloba os seguintes gêneros: *Rhoiptelea*; *Engelhardia*; *Alfaropsis*; *Oreomunnea*; *Alfaroa*; *Carya*; *Platycarya*; *Cyclocarya*; *Pterocarya* e *Juglans*. Com relação a fins econômicos, três gêneros se destacam, sendo eles: *Juglans* (fruto comestível e aproveitamento florestal); *Carya* (fruto comestível e aproveitamento florestal) e

*Pterocarya* (árvores de aproveitamento florestal). As espécies pertencentes ao gênero *Carya* tem sua distribuição natural na América do Norte, e em menor número, no Extremo Oriente, incluindo o sudeste asiático. Por sua vez, as espécies pertencentes ao gênero *Pterocarya*, se encontram distribuídas naturalmente na Ásia (AJAP, 2017).

Algumas espécies pertencentes à família Juglandaceae, têm seu cultivo amplamente difundido ao redor do globo, com destaque para duas; a *Juglans regia*, popularmente denominada noqueira-comum, que é tipicamente identificada e cultivada pelo seu fruto, podendo ser consumido cru ou utilizado para a extração de óleo, além de sua madeira que, em razão da durabilidade, é ideal para a indústria moveleira; e a *Carya illinoensis*, ou noz-pecã, mundialmente conhecida por seu sabor e teor nutricional, originária dos Estados Unidos e do México, que atualmente se encontra distribuída em mais de 20 países (Guo et al., 2020).

Em termos de morfologia, a noqueira-comum (*Juglans regia*) é uma árvore caducifólia, vigorosa e de grande dimensão, podendo ultrapassar os 30 m de altura, cuja madeira, é de alta qualidade. Sendo assim, é uma espécie que, além de seu fruto, é também cultivada como espécie florestal. É uma espécie monoica, auto compatível embora apresente dicogamia, ou seja, existe uma separação temporal na maturação das flores masculinas e femininas, determinando assim, a necessidade de ocorrer a polinização cruzada. O fruto é uma drupa seca, conhecida por noz, normalmente indeiscente, que apresenta um crescimento sigmoide, cuja semente de superfície sinuosa, é formada por quatro lóbulos, simétricos e circundados por um tegumento castanho-claro (AJAP, 2017).

A noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) é uma árvore decidual, podendo superar os 40 m de altura, embora seja uma espécie monoica com flores unissexuadas, grande parte das variedades são conduzidas como dioicas, evitando a autopolinização, aumentando assim, a variabilidade genética, qualidade e produtividade. Possuem tronco cinza-claro ou amarronzado, estriado com escamas adpressas ou esfoliantes na forma de pequenas placas, galhos com coloração bronze a marrom avermelhados e delgados, com gemas terminais marrom-amareladas, oblongas, de 6 a 12 mm de comprimento. Apresentam folhas compostas, com 40 a 70 cm de comprimento, suas flores são unissexuais, as masculinas são produzidas em ramos do ano anterior e as femininas no ápice dos ramos novos. Por fim, os frutos jovens e imaturos são verdes, enquanto os maduros apresentam coloração marrom-escuro, ovoides e elipsoides, com 2,5-6 cm de comprimento a 1,5-3 cm de largura; exocarpo com superfície áspera; nozes com tegumento bronze a marrom, com superfície suave, casca fina, dura e quebradiça, cujas sementes são comestíveis e altamente nutritivas (Martins et al., 2021).

### 3. Propagação vegetativa e germinação

A propagação da noqueira-pecã, pode ser realizada de forma sexuada com a utilização de sementes originadas de polinização cruzada, a qual tem como consequência, a desuniformidade entre plantas e o longo período de juvenilidade. Outro método bastante difundido em escala comercial é o de enxertia, embora, mesmo nesse caso, tem-se o uso de sementes para produção de porta-enxertos (Hilgert, 2019). Segundo Hamann et al. (2018), as mudas de noqueira-pecã propagadas de forma sexuada (por sementes), apresentam um longo período juvenil, levando cerca de 10 a 12 anos para iniciar a produção. Em contrapartida, as mudas oriundas de propagação vegetativa, através da enxertia, podem produzir no quarto ou quinto ano após plantio.

No Brasil, para a produção de mudas de noqueira-pecã, existem duas maneiras tradicionais que podem ser empregadas, sendo elas: a propagação sexuada e a propagação assexuada. Na região Sul do país, a grande maioria dos viveiros utiliza a propagação sexuada para a produção de porta-enxerto, enquanto a propagação vegetativa (enxertia) é adotada para a clonagem da variedade-copa, sendo esse, o principal tipo de muda utilizada, ou seja, variedade-copa enxertada sobre porta-enxerto oriundo de semente. Segundo Martins et al. (2021), no processo de produção, pode ser adotado: muda de raiz nua ou muda de raiz embalada, onde a muda de raiz nua é comercializada e transportada com raiz exposta, já que sua produção, foi realizada diretamente no solo ou em canteiros; por sua vez, as mudas de raiz embalada consistem na sua comercialização e transporte com a raiz envolta por substrato e recipiente, no qual foram produzidas. Recomenda-se, a necessidade de adquirir material de qualidade (genética, morfológica e sanitária), oriundo de viveiros credenciados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Nesse sentido, é necessário investigar novos métodos de propagação que possam beneficiar a produção de mudas, mantendo algumas características fundamentais das plantas matrizes, tais como: produtividade e uniformidade. Em muitas espécies frutíferas e florestais cultivadas para fins comerciais, a propagação vegetativa por estaquia ou mini estaquia, foi a solução para a manutenção dessas condições genéticas. Dessa forma, Hilgert et al. (2021), concluíram que a noqueira-pecã pode ser propagada pela técnica da mini estaquia, a qual pode se comportar como uma alternativa para a produção de mudas clonais da espécie. Para a realização de tal técnica foi recomendada a concentração de 4.000 mg L de ácido indolbutírico em combinação com substrato de casca de arroz carbonizada.

A produção de mudas de noqueira-pecã através da propagação sexuada é dificultada em razão da ocorrência de baixa germinação e desuniformidade de plântulas. As sementes de

nogueira-pecã possuem substâncias que inibem a germinação, induzindo assim, a dormência. Por ser uma espécie alógama, ou seja, que se reproduz através da polinização cruzada, as sementes produzidas apresentam alta variabilidade genética, o que implica na ocorrência de segregação dos porta-enxertos (Dimalla; Staden, 1978). Atualmente no Brasil, os viveiros ainda não realizam propagação por estaquia, nem mesmo do porta-enxerto. Com o intuito de preencher essa lacuna, Hilgert (2019), em seu estudo, obteve sucesso na propagação de noqueira-pecã por meio da estaquia de plantas matrizes adultas em fase de produção.

As noqueiras, de modo geral, apresentam dormência de sementes, ocasionada sobretudo pela casca do fruto, o qual restringe mecanicamente o crescimento da radícula. A dormência pode ser definida como um estado no qual o crescimento é temporariamente suspenso, no caso das sementes, essa suspensão pode ocorrer em função da interferência do revestimento da semente no desenvolvimento do embrião, ou da incapacidade do embrião retomar o crescimento. Dessa forma, para as nozes, o revestimento das sementes pode regular a germinação (Dimalla; Staden, 1978).

A baixa e irregular germinação pode ser causada pela dormência das sementes, porém, tal dormência ainda é um tema controverso. No Brasil, as mudas geralmente são produzidas sem nenhum tipo de estratificação das sementes. Poletto et al. (2015), estudando o efeito da estratificação das sementes sobre a germinação de cultivares de noqueira-pecã, concluíram que o uso da estratificação a frio foi fundamental para a superação da dormência, fato esse, que nos viveiros, resultará em mudas homogêneas e de maior qualidade. Para a noqueira-comum, Vahdati et al. (2008), examinaram os efeitos do ácido abscísico (ABA) e da sacarose na maturação e germinação em embriões somáticos, onde concluíram, que a utilização de  $2 \text{ mg L}^{-1}$  de ABA no meio de maturação foi favorável a produção de embriões somáticos normais.

Em razão da dificuldade de propagação vegetativa da noqueira, faz-se importante coletar dados de diferentes métodos de propagação utilizados no desenvolvimento da cultura. Atualmente, o método tradicional é a enxertia, o qual é fortemente influenciado por fatores bióticos e abióticos; ainda assim, a otimização desse método ainda carece de pesquisas. A estaquia, por sua vez, é um método barato, porém, são poucos os casos de sucesso na sua utilização. A micropropagação, dentre os métodos, é considerada o mais adequado para a cultura, dado sua capacidade de produzir inúmeras plantas, a partir de quantidades mínimas de material num curto período, sendo que vários fatores estão envolvidos no sucesso da cultura de tecidos, e mesmo após a produção das mudas através desse método, tem-se o problema mais crítico: adaptar essas plantas às condições de campo (Vahdati et al., 2022).

#### **4. Desenvolvimento de raízes**

O sistema radicular da noqueira é descrito por possuir raízes muito desenvolvidas, sendo composto por uma raiz principal pivotante a qual pode atingir grandes profundidades, além de raízes secundárias superficiais e robustas. As raízes não possuem pelos radiculares (raízes finas com maior capacidade de absorção de água e nutrientes), mas sim, radicelas, o que reduz a eficiência da captação de água, portanto, a depender das condições de solo, época do ano e estágio de desenvolvimento, a planta pode sofrer déficit hídrico (Farinha, 2022).

Cardinael et al. (2015), trabalhando com perfis de solo profundos, observaram que a densidade das raízes finas pode ser modificada horizontal e verticalmente pela competição das culturas, cujas árvores pertencentes a povoamentos agroflorestais enraízam-se mais profundamente no solo em comparação àquelas em monocultivo. Dessa forma, as radicelas das noqueiras, responsáveis pela absorção de água e nutrientes, apresentaram maior crescimento quando cultivadas em consórcio com outras plantas, indicando assim, uma forte plasticidade na distribuição radicular, permitindo que as raízes da cultura alcancem maiores profundidades. Corroborando com os resultados apresentados por Duan et al. (2019), estudando o sistema de cultivo em consórcio com noqueira-comum e trigo, concluíram que o consórcio aumentou a eficiência de uso da terra, proporcionou maior rendimento em comparação ao monocultivo, além de influenciar positivamente a distribuição das raízes de ambas as culturas. Dessa forma, a plasticidade da morfologia radicular e a sua distribuição são fundamentais para maximização da absorção de água e nutrientes na cultura da noqueira.

#### **5. Desenvolvimento do caule**

A noqueira possui tronco cinza-claro, ou amarronzado, estriado, com escamas adpressas ou esfoliantes, na forma de pequenas placas, seus galhos delgados apresentam coloração marrom avermelhada, com gemas terminais marrom-amareladas, oblongas e escamosas, com comprimento de 6 a 12 mm. No desenvolvimento caulinar, tem-se a poda como uma das práticas de manejo fundamentais no desenvolvimento da noqueira-pecã, sendo considerado um fator determinante na produção. Essa prática deve ser realizada desde o plantio, denominada poda de formação, a qual se estende até o quinto ou sexto ano, até que a planta obtenha um formato de copa adequado. Passado o período de formação, a partir do quinto ano, são realizadas anualmente as podas; de frutificação e limpeza.

O manejo de poda permite modificar os hábitos de crescimento natural de qualquer espécie, mediante a segmentação de qualquer parte da árvore, de modo a obter uma estrutura que a permita atingir rapidamente todo seu potencial produtivo, conciliado a máxima

longevidade do pomar, além de facilitar as diversas práticas culturais realizadas. Os sistemas de poda podem ser correlacionados com o ciclo vegetativo e com o ciclo de vida da espécie em questão (AJAP, 2019).

No cultivo de noqueira, a poda de formação tem por objetivo orientar a distribuição dos ramos na copa, prevenindo a formação de forquilhas, conduzindo as plantas em forma de líder central modificado, sendo realizada no inverno de julho a setembro, e complementada com a poda verde. A poda de limpeza consiste na remoção de ramos secos, quebrados e doentes, podendo ser realizada sempre que necessário, durante todo o ciclo produtivo do pomar. A poda de frutificação, por sua vez, consiste na prática de realizar o desponde dos ramos de maior vigor (acima de 40 cm), com o objetivo de reduzir a dominância apical da planta e estimular a produção de ramilhos - esses ramilhos são os ramos mais produtivos da noqueira-pecã. Por fim, a poda de renovação, é realizada com o intuito de revitalizar um pomar de noqueira já adulto de baixa produtividade; tal poda consiste na eliminação de ramos primários e secundários, deixando apenas o esqueleto dos ramos principais. Com isso, tem-se o estímulo de novos ramos e brotações vegetativas que formarão a nova copa, possibilitando uma arquitetura adequada da árvore (Martins et al., 2021).

## **6. Desenvolvimento das folhas**

Sabe-se que os pomares de noqueira apresentam longevidade variável; tal longevidade está diretamente relacionada com a viabilidade econômica do pomar. Em seu ciclo vegetativo anual, é considerado, de modo geral, que para a noqueira, tem-se: o repouso invernal e o período de atividade vegetativa. O repouso invernal se estende desde a queda das folhas até o início da atividade vegetativa, no fim do inverno; já o período de atividade vegetativa tem seu início no final do inverno, com os primeiros sinais de atividade, indo até a queda das folhas. Suas folhas, são do tipo alternas, compostas e imparipinadas, possuindo de 9 a 17 folíolos sésseis, ou até mesmo quase sésseis, oblongo-lanceolados, com comprimento de 5 a 20 cm por 2,5 a 7,5 cm de largura, cujo ápice é considerado agudo ou acuminado, de coloração verde-amarelada-escura e quase glabro em sua face adaxial, com coloração clara e raramente pubescentes no interior (Boscardin; Costa, 2018).

Nessas plantas, o desenvolvimento vegetativo compreende três etapas principais as quais referem-se ao desenvolvimento das gemas, das folhas e dos brotos. Conforme escala fenológica desenvolvida por Marco et al. (2021), têm-se os seguintes estádios durante o desenvolvimento das folhas, em ordem cronológica: primeiras folhas visíveis (BBCH 11), mas ainda não é possível observar todos os folíolos; primeiras folhas expandidas/abertas

(BBCH 15), onde são observados todos os folíolos; todas as folhas expandidas/abertas (BBCH 19); e por fim, folhas maduras (BBCH 19), quando as folhas mudam de verde claro para verde escuro. Sendo assim, faz-se importante o conhecimento sobre o desenvolvimento das folhas, o qual poderá auxiliar no manejo do pomar.

Para manter uma produção estável ao longo dos anos são desejáveis brotações com 25 a 30 cm de comprimento, sendo necessários de 8 a 10 folhas saudáveis para a produção de uma única noz. A noqueira é uma espécie de clima temperado, portanto, passa por um período de dormência vegetativa, o qual é sinalizado pela queda das folhas durante o inverno. Dessa forma, após a maturação dos frutos, tem-se início a dormência com o amarelecimento das folhas e, logo em seguida, a senescência. Nesse estágio, foram propostas três fases: Início da descoloração das folhas e posterior queda (BBCH 93); com 50% de queda das folhas (BBCH 95) e com 100% de queda das folhas (BBCH 99). Recomenda-se então, a manutenção de folhas fotossinteticamente ativas (nutridas, livres de pragas e doenças) até o final do mês de maio, para que a planta seja capaz de acumular reservas.

## **7. Efeitos de fatores ecológicos**

### **7.1 Latitude e altitude**

As zonas onde a noqueira encontra as condições mais adequadas para seu desenvolvimento se encontram entre os paralelos 35° e 45° de latitude norte, embora também possam ser encontradas entre os paralelos 10° e 60°. Já no hemisfério sul, as noqueiras são cultivadas entre os 20° e 40°. A cultura pode ser cultivada em até 1.000 a 1.200 m de altitude, embora caso haja risco de geadas, o limite é reduzido para 800 m. Os fatores que influenciam o desenvolvimento e a produtividade da cultura são: temperatura, precipitação, umidade relativa e vento (AJAP, 2019).

### **7.2 Temperatura**

As frutíferas de clima temperado necessitam de um determinado número de horas de frio durante o outono/inverno para que possam superar o processo de dormência, o qual influenciará diretamente na produtividade. Nesse período, as plantas não paralisam totalmente suas atividades fisiológicas; essa exposição a baixas temperaturas estimula as atividades bioquímicas e a concentração endógena de hormônios, de modo a mobilizar carboidratos, que, posteriormente, serão utilizados no desenvolvimento das brotações vegetativas e floríferas. Por sua vez, as espécies não submetidas a quantidade de frio naturalmente requerida podem

desenvolver anomalias fenológicas, com diminuição do rendimento e da longevidade da planta (Alba, 2018).

O intervalo de temperatura ótimo para o máximo desenvolvimento da atividade fotossintética se situa entre 15°C e 30°C, nas quais temperaturas inferiores a 10°C ou superiores a 38°C, reduzem drasticamente a taxa fotossintética. A noqueira é considerada como uma planta moderadamente exigente em frio invernal, necessitando em média cerca de 700 horas de frio (essas horas de frio são relacionadas a temperaturas inferiores a 7°C), para que a planta passe do estado vegetativo, para o reprodutivo, dando início à floração e frutificação. Esse aspecto muda conforme as variedades, uma vez que algumas variedades de noqueiras californianas necessitam de apenas 300 horas frio, enquanto algumas variedades francesas necessitam de pouco mais de 1.500 horas de frio.

As noqueiras, de modo geral, são capazes de resistir a temperaturas inferiores a 0°C durante o repouso invernal, porém, essa resistência é perdida quando os diferentes órgãos da planta já estão formados, ou seja, os frutos, as flores e as gemas não toleram tais temperaturas. Além disso, temperaturas superiores a 38°C danificam o fruto, ocasionando seu escurecimento e murchamento, afetando negativamente a produção. Nas regiões onde o período vegetativo da noqueira é curto, seus frutos não amadurecem, mesmo nas condições em que as plantas apresentem o vigor desejado. Para as condições edafoclimáticas do Rio Grande do Sul, temperaturas entre 24 e 30°C durante a estação de crescimento, são necessárias para que a cultura atinja seu máximo desempenho produtivo, assim como o número de horas de frio que, para essa região, é de 400 horas (Raseira, 1990).

De modo geral, as geadas, segundo Alba et al. (2018), não representam risco para a produtividade da noqueira, a não ser as geadas tardias de primavera, as quais são mais comuns de ocorrerem nas áreas de baixadas ou próximas a matas, onde comumente tem-se acúmulo de ar frio. Nessas regiões, deve-se evitar o plantio de cultivares que possuam como característica a baixa necessidade de horas de frio, pois essas podem florescer ainda no inverno, período com alto risco de geadas. Para que se possa reduzir o risco de geadas, esses locais devem ser evitados, priorizando a seleção de cultivares comerciais com melhor aptidão às condições edafoclimáticas locais.

### **7.3 Precipitação**

De acordo com Boscardin e Costa (2018), quando cultivada nas regiões ao entorno do centro de origem, a noqueira, é propagada em clima úmido, com precipitação média anual de 760 mm (mínima) e 2.010 mm (máxima). Sendo necessário, durante o período de

crescimento, um índice pluviométrico superior a 510 mm. No cultivo em sequeiro, é necessário no mínimo 700 a 800 mm de precipitação anual, de preferência bem distribuídos ao longo do ano. É de grande importância não apenas a quantidade, mas também a distribuição da chuva durante o ciclo. A produção é altamente beneficiada com a implementação de sistemas de irrigação, cuja técnica vem sendo amplamente utilizada pelos produtores de noz, enquanto a precipitação, acaba se tornando um fator secundário.

#### **7.4 Umidade relativa**

A umidade relativa é um fator de extrema importância, principalmente em condições de alta UR, pois estes, quando conciliados a temperaturas amenas, favorecem o desenvolvimento de bacterioses. Tais condições também são favoráveis ao aparecimento de fungos na noqueira. A noqueira-pecã desenvolve-se bem em diferentes condições climáticas, que variam desde o úmido, até o árido, no entanto, em climas úmidos, há maior incidência de doenças fúngicas (Raseira, 1990).

#### **7.5 Vento**

Durante o processo de polinização, o vento se destaca como um dos fatores essenciais, pois ventos fracos favorecem a polinização cruzada, enquanto ventos fortes a dificultam, além de provocarem a queda de flores e frutos. Ainda assim, ventos frequentes são capazes de ocasionar a dessecação das folhas, em razão ao aumento da taxa de transpiração. Além disso, nos primeiros anos de cultivo, os ventos fortes podem influenciar negativamente o desenvolvimento das plantas, tornando-se necessário a utilização de tutores. Dessa forma, para definir a orientação do pomar, deve-se ter como critério a direção dos ventos predominantes (Farinha, 2022).

### **8. Relações hídricas**

A disponibilidade de água para um pomar de nozes está estritamente correlacionada com a quantidade e capacidade do solo em armazenar água, assim como para que o fator produtividade se mantenha estável ao decorrer dos anos, é necessário um nível adequado de água que permita a planta abastecer suas estruturas de acordo com a sua demanda. Além disso, tanto o excesso, quanto o déficit hídrico, podem influenciar na produção de nozes da safra seguinte. Esse estresse, quando ocorrido no período de enchimento e desenvolvimento das nozes, poderá influenciar negativamente a floração do ano seguinte, juntamente com a umidade no solo, sendo capaz de influenciar o número de nozes produzidas, o tamanho e sua

qualidade. Dado sua importância, Rovani e Wollmann (2019), avaliando o balanço hídrico para o cultivo de noqueira-pecã em condições de anos padrão, chuvoso e seco para o estado do Rio Grande do Sul, observaram que a variabilidade diária, ou mensal, dos dados climáticos pode influenciar nas diferentes fases fenológicas da cultura, destacando a importância de se avaliar as condições edafoclimáticas do local de antemão a implantação do pomar.

A ocorrência de estresse hídrico, durante a metade da estação de crescimento (o qual compreende os meses de dezembro e janeiro no Hemisfério Sul), tende a reduzir o tamanho e provocar queda de frutos; quando ocorrido em fevereiro, pode prejudicar o enchimento dos frutos. Faz-se necessário, então, a adoção de práticas de manejo que visam reduzir o estresse hídrico, tendo como principal a irrigação, porém, para a cultura da noqueira, a irrigação permanece como uma incógnita, carecendo de estudos sobre seus efeitos para o cultivo no Brasil. Saretta (2021), com o objetivo de sanar esse entrave, buscou avaliar os efeitos da irrigação na cultura, cujos resultados demonstraram que o excesso de chuva no período de floração é capaz de influenciar negativamente a produção; a irrigação foi capaz de incrementar o tamanho e massa da noz, assim como o crescimento da cultura foi intensificado com a adoção de tal prática.

Quanto a sua morfologia, a noqueira é caracterizada por não suportar solos com excesso de umidade por longos períodos, embora seja sensível ao déficit hídrico, principalmente no período de frutificação. O sistema radicular da noqueira, não possui pelos radiculares, mas, sim, radículas, o que reduz a eficiência na captação de água, portanto, a depender das condições do solo, época do ano e do estágio fenológico, a planta pode sofrer déficit hídrico em três a quatro dias após chuva ou irrigação. Sendo assim, a irrigação se comporta como uma ferramenta de grande importância na produção de nozes com alta qualidade (Marco et al., 2021).

Ao decorrer do estágio fenológico em que a cultura se encontra em dormência (junho-agosto), a necessidade hídrica é reduzida, em contrapartida, durante o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (setembro-março), a necessidade de água é aumentada. Caso haja déficit nesse período, tem-se: queda de frutos, redução do tamanho das nozes, e, por fim, decréscimo na produção. A ausência de água durante o período que engloba a floração até o endurecimento da casca (outubro-fevereiro) resulta em frutos pequenos. Por fim, o déficit durante o estágio de enchimento do fruto (fevereiro-março) pode ocasionar frutos malformados. Ainda assim, ao longo do amadurecimento das nozes (março-maio), o déficit hídrico pode induzir as cápsulas a se manterem fechadas, dificultando a colheita dos frutos, o excesso de umidade nesse período pode aumentar problemas com viviparidade (germinação

das nozes quando elas ainda estão na planta), não apenas o excesso de umidade, mas outros fatores também podem aumentar as perdas de produção por esse fenômeno, tais como: altas temperaturas e excesso de adubação nitrogenada (Martins et al., 2021).

## 9. Solos e nutrição

A noqueira-comum necessita de solos profundos, não inferiores a 2 metros, de textura franca a franca-arenosa, com boa aeração, ricos em matéria orgânica e de boa drenagem. Em condições favoráveis, suas raízes podem atingir de 3 a 4 metros de profundidade. Sabe-se, então, que o desenvolvimento da árvore tem aumento constante de acordo com a profundidade do solo. Além disso, a cultura é sensível à asfixia radicular ocasionada por compactação do solo, ou até mesmo pelo excesso de água. Níveis elevados de umidade do solo criam um ambiente favorável ao desenvolvimento de patógenos de solo, tais como *Phytophthora* spp. e *Armillaria* spp. Ainda nesse sentido, a noqueira é considerada uma planta pouco tolerante a presença de altos níveis de cálcio no solo, além de requerer um pH entre 6 e 8. Quando aplicado em excesso, o calcário acaba insolubilizando alguns elementos, tornando-os indisponíveis para as plantas. É também, sensível a solos salinos, os quais podem reduzir em até 30% a produção.

Pela sua longevidade, os pomares de noqueira, tem o solo como um dos fatores limitantes para o desenvolvimento satisfatório das plantas. O solo deve ser profundo e bem drenado, deve-se evitar solos alagados; os mesmos não devem estar sujeitos a inundações prolongadas; solos com pH elevado não são recomendados, pois estes dificultam a disponibilidade de zinco, elemento de extrema importância para a cultura. De acordo com Boscardin e Costa (2018), o solo ideal para o cultivo de noqueira-pecã deve conter as seguintes características físicas: 1,2 metros de profundidade, textura média, siltosa ou argilosa, sem compactação, cuja densidade média do solo deve estar situada entre 1,4-1,7 g cm<sup>-3</sup>, com estrutura granular. Quanto aos nutrientes, o solo deve apresentar mais de 2 % de matéria orgânica no horizonte A, com pH na zona de desenvolvimento radicular entre 5,5-7,5. Durante a fase de crescimento, o lençol freático deve estar a 0,6-1,8 metros de profundidade em solos arenosos e alagados somente no período de inverno.

Por ser uma cultura perene, permanecendo por vários anos na mesma área, o momento da implantação do pomar de noqueira se torna para o produtor a melhor oportunidade de melhorar as características químicas do solo mediante a aplicação e incorporação de corretivos e fertilizantes. Para as condições do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a necessidade de calcário é estimada através do índice SMP, no qual as quantidades de corretivo

são recomendadas para que se atinja pH igual a 6,0. Nos estados de São Paulo e Paraná, a dose de calcário é estabelecida com base na saturação por bases (V%), assumindo-se uma provável saturação de bases em torno de 80%, a qual corresponde ao valor de pH 6,0. A calagem deverá ser realizada com no mínimo três meses de antecedência à implantação do pomar.

O solo deverá ser corrigido até a profundidade de 30 cm, incorporando de modo uniforme o calcário ao solo, por meio das operações de subsolagem, aração e gradagem. Na adubação de pré-plantio, o principal objetivo é fornecer os nutrientes mais limitantes no solo, principalmente o P, visto que os solos brasileiros, em sua grande maioria, são naturalmente ácidos, com elevados teores de óxidos de ferro e alumínio, e deficientes em fósforo. Além disso, o fósforo apresenta baixa mobilidade no perfil do solo, portanto, faz-se necessário, a aplicação desse macronutriente em área total, juntamente a sua incorporação no perfil do solo, fundamentais para o estabelecimento do pomar. De acordo com os resultados da análise de solo, outros nutrientes também deverão ser incorporados a adubação em pré-plantio.

Segundo Martins et al. (2021), além da adubação de pré-plantio, a adubação para a cultura da noqueira pode ainda, ser subdivida em: adubação de crescimento e adubação de manutenção. Na adubação de crescimento, durante a fase de desenvolvimento das plantas, recomenda-se a aplicação de fertilizantes nitrogenados, cujas quantidades são definidas com base no teor de matéria orgânica e idade do pomar, além disso, essa aplicação de N deve ser parcelada: a primeira em setembro, a segunda em novembro e a terceira em janeiro.

A partir do quinto ou sexto ano em diante, época em que a planta estabiliza sua produção, tem-se início a adubação de manutenção. Nessa fase, os macronutrientes primários são os mais demandados pela cultura, principalmente nitrogênio e potássio. A quantidade a ser aplicada deverá seguir recomendação baseada na produtividade, utilizando os teores de nutrientes no solo e nas folhas para ajuste de doses, seguindo as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - SBCS, 2016). As quantidades de nitrogênio variam de 100 a 300 kg por hectare, a depender da produtividade esperada, cuja aplicação deve ser parcelada em até três vezes para aumento da eficiência. Nos anos com previsão de baixa produtividade, deve-se reduzir as doses de nitrogênio na adubação de manutenção para evitar o vigor em excesso.

O fósforo é recomendado com base na exportação do nutriente, onde, para cada tonelada de nozes produzida, são necessários 4,6 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1} ano^{-1}$ ; os fertilizantes fosfatados devem ser aplicados em superfície, sem que haja incorporação, em dose única

durante o mês de julho. Para o potássio, por sua vez, é recomendada a aplicação anual de 4,8 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O por tonelada de nozes produzida; tal aplicação deve ser realizada no mês de julho, sobre a superfície do solo, na área de projeção da copa, sem que haja incorporação. Em relação às fontes, pode ser utilizado tanto as de origem mineral, quanto as de origem orgânica, levando em consideração o custo e a disponibilidade dos fertilizantes.

## 9. Fotossíntese

Piel et al. (2002), investigando a variabilidade das características fotossintéticas e anatômicas das folhas de *Juglans regia*, em dois ambientes contrastantes de luz solar e de sombra, comparou-as com dados obtidos em folhas amostradas de plantas adultas cultivadas a campo. Os resultados obtidos demonstraram que a capacidade fotossintética é um parâmetro valioso para a condutância de transferência de CO<sub>2</sub> do mesófilo em função da aclimação da folha à luz. Trabalhando com noqueira-pecã, Lombardini et al. (2009), quantificaram o efeito das diferentes intensidades luminosas em relação às características morfológicas e o desempenho fisiológico das folhas de noqueira cultivadas no campo, ao sol e à sombra. Os resultados deste estudo apresentam novas informações sobre as características de foto-assimilação da planta, servindo de base para o desenvolvimento de estratégias de poda, além de auxiliar na compreensão do papel da maturação precoce dos frutos.

Liu et al. (2019) compararam o desempenho de três porta-enxertos de noqueira-comum submetidos a condições de estresse hídrico, com objetivo de analisar suas diferenças no crescimento, eficiência do uso da água, fluorescência da clorofila e resposta fotossintética ao estresse hídrico; conforme o estudo, este conhecimento pode sanar o entrave entre produtores quanto a problemas práticos na gestão do pomar. Ao final, observaram diferenças significativas entre os porta-enxertos, sendo que *Juglans mandshurica* e *Juglans regia* apresentaram melhor adaptabilidade ao estresse hídrico em comparação a *Juglans nigra*. Rosati et al. (2006), avaliando as trocas gasosas na cultura da noqueira, sob estresse hídrico, alta temperatura e déficit de pressão de vapor, observaram os possíveis mecanismos envolvidos no fechamento dos estômatos. Os resultados demonstram que a fotossíntese na cultura da noqueira é reduzida sob condições de estresse hídrico, a qual induz o fechamento dos estômatos, o que prejudica as trocas gasosas e aumenta a temperatura foliar. Em temperaturas superiores a 30°C a fotossíntese e a produtividade potencial da cultura é afetada mesmo em plantas totalmente irrigadas, as quais são severamente prejudicadas em temperaturas superiores a 40°C.

## 10. Florescimento e frutificação

A noqueira é uma espécie frutífera monoica, possui inflorescências masculinas (estaminadas) e femininas (pistiladas) na mesma planta, porém, em locais diferentes. Na primavera (setembro/outubro) tem-se início a floração, cujas inflorescências masculinas são desenvolvidas a partir de gemas mistas oriundas de ramos do ano, ou seja, ramos com um ano de idade. Já as inflorescências femininas podem surgir no ápice da brotação dos ramos do ano, e seu número pode variar conforme o cultivar, além de sofrer forte influência do vigor da brotação. Além de ser uma planta monoica, a noqueira apresenta também dicogamia, ou seja, os períodos de liberação do pólen diferem na receptividade do estigma. Sendo assim, um mesmo cultivar apresenta amadurecimento das flores masculinas e femininas em períodos diferentes. A dicogamia é variável entre os cultivares, locais e anos de cultivo, podendo ser completa quando não há sobreposição da liberação do pólen com a receptividade do estigma, ou incompleta, quando há alguma sobreposição.

Dessa forma, recomenda-se intercalar árvores polinizadoras cuja emissão de pólen coincida com a floração da variedade receptora. A polinização é anemófila, ou seja, através do vento, cuja polinização cruzada é possível, desde que se assegure a coincidência de floração entre as flores das diferentes variedades na plantação. Quanto ao número de variedades polinizadoras, tem-se adotado de 2 a 4 % do total de plantas no pomar. Para o completo desenvolvimento do fruto da noqueira-comum são necessários entre 135 e 160 dias desde o momento da polinização até o amadurecimento. Após a fecundação, o fruto leva cerca de sete semanas para atingir seu tamanho definitivo, em seguida, tem-se início a fase de endurecimento da casca, a qual tem duração de aproximadamente sete semanas. Por fim, na fase de maturação, o fruto já atingiu seu tamanho definitivo; nesse momento, ocorre apenas uma série de transformações em seu interior relacionadas ao amadurecimento, podendo durar de quatro a sete semanas, a depender da variedade (AJAP, 2017).

Para as condições do Rio Grande do Sul, de acordo com escala fenológica desenvolvida por Marco et al. (2021), tem-se: logo após a polinização, o crescimento da noz é lento (segunda metade de novembro a dezembro) e posteriormente apresenta um período de crescimento mais acelerado (final de dezembro a fevereiro/março) até atingir o padrão de dimensão do cultivar. O crescimento ou preenchimento das nozes, que normalmente ocorre de final de janeiro a março, passa por diferentes fases, sendo elas: endurecimento da casca e início do estágio aquoso do endosperma; até o endurecimento total da casca; no último estágio do desenvolvimento dos frutos, as amêndoas passam do estágio de gel/pastoso para o desenvolvimento completo das amêndoas. Por fim, a maturação dos frutos acontece

aproximadamente de seis a sete meses após o florescimento. A noqueira-pecã possui naturalmente uma alternância de produção, ou seja, um ciclo de elevada produção seguido por outro de baixa. Esse fato pode ser explicado em função do amadurecimento dos frutos ocorre no final do ciclo, pouco antes da senescência das folhas, o que faz com que a planta não tenha tempo hábil para armazenar reservas para a produção de flores e frutos para o ciclo seguinte.

De acordo com Martins et al. (2021), o período de colheita tem início no mês de março/abril (outono) com os cultivares mais precoces, e finaliza com aqueles mais tardios em junho (início do inverno); sendo que esse ciclo pode se prolongar por até 100 dias, em função das fases fisiológicas dos cultivares e das características edafoclimáticas da região. Duas etapas básicas na colheita são a derrubada e o recolhimento dos frutos. A colheita deve começar quando o fruto atingir sua maturidade, ou seja, quando suas cápsulas se abrem. Nessa fase, os frutos se desprendem com facilidade; a colheita é iniciada quando aproximadamente 80% dos frutos se encontram com as cápsulas abertas.

Em relação a algumas características desejáveis das nozes para comercialização (Hamann et al., 2018), citam-se as principais:

a) Rendimento de amêndoa: é um dos componentes de qualidade das nozes no mercado nacional e internacional. É a principal característica observada pela indústria no momento de determinação do preço. Esse rendimento é caracterizado pela proporção de amêndoa em relação a quantidade de casca, a qual é expressa em porcentagem, variando conforme o cultivar, fertilidade do solo, ocorrência de doenças, entre outros fatores. Dessa forma, é desejável optar por cultivares que tenham a capacidade de alcançar rendimentos iguais ou superiores a 50%;

b) Tamanho da noz: é considerado o segundo componente de qualidade para o consumidor. Certamente é a característica física de maior significância no momento da compra. Sabe-se que, nozes maiores são mais atrativas, sendo comercializadas tanto *in natura*, quanto minimamente processadas. Porém, cultivares que têm como característica a produção de nozes com tamanho grande são mais exigentes em água e nutrientes;

c) Espessura da casca: no Brasil, ainda não há uma definição oficial sobre essa classificação. Nos Estados Unidos, para definição da espessura da casca das nozes, é adotado as seguintes categorias: fina (<0,68 mm), moderada (0,6-0,97 mm) e espessa (>0,97 mm).

## **11. Zoneamento edafoclimático**

O zoneamento edafoclimático trata-se de um instrumento suporte para o sistema produtivo e de políticas públicas, onde são identificadas zonas aptas e inaptas para o cultivo,

tendo como base informações sobre o clima, solo e aspectos ambientais, de modo a viabilizar a sustentabilidade dos empreendimentos socioeconômicos. Alba et al. (2020), realizaram um zoneamento edafoclimático para a noqueira-pecã no Sul do Brasil, onde concluíram que para o estado do Paraná, cerca de 7% de seu território apresenta condições climáticas ideais para os cultivares de noqueira-pecã com necessidades de mais de 100 horas de frio anuais. Para o Rio Grande do Sul, cerca de 40% de seu território é apto para os cultivares de noqueira, já o estado de Santa Catarina, possui pouca área com disponibilidade superior a 100 horas de frio na condição de solo recomendada como ideal. Por fim, as áreas não recomendadas para o cultivo de noqueira-pecã, são aquelas com má drenagem, com declividade acima de 45%, ou que apresentem restrições ambientais.

Ainda assim, Alba et al. (2018), organizaram os critérios e indicadores edafoclimáticos essenciais para o cultivo de noqueira-pecã no Sul do Brasil. Onde concluíram que, apesar de não estarem situadas nas regiões onde a noqueira é tradicionalmente cultivada no mundo, existem algumas zonas favoráveis para a produção dessa fruta na região Sul do Brasil, nas áreas onde o frio é mais constante, dado sua necessidade para o desenvolvimento dos frutos. Dessa forma, os cultivares recomendados são aqueles que aliam as características de produtividade e longevidade, exigindo o mínimo de horas de frio. Outro fator de extrema importância, é a ocorrência de geadas tardias, ocorridas entre setembro e outubro, pois comprometem a floração e, conseqüentemente, a produção. Deve-se então, evitar regiões de baixada durante a implantação do pomar. Por fim, o sucesso no cultivo de noqueira pecã, está relacionado com a escolha dos cultivares mais adaptados ao clima e ao solo de cada região.

## **12. Estratégias para altas produções**

De modo geral, segundo Martins et al. (2019), podemos listar alguns fatores que irão determinar uma produção adequada de frutos na noqueira. Sendo eles:

- Viabilidade de cultivo e produção;
- Escolha do local em função do clima e solo;
- Observar a ocorrência de geadas;
- Aquisição de mudas oriundas de viveiros credenciados;
- Escolha de cultivares adequados à região, com base em zoneamentos edafoclimáticos;
- Planejamento do espaçamento do pomar;

- Preparo do solo, correção da acidez do solo, adubação de pré-plantio e de crescimento;
- Implantação de quebra-ventos;
- Utilização de irrigação em pomares com limitações hídricas;
- Manejo de copa através de poda;
- Controle de plantas invasoras;
- Manejo integrado de pragas e doenças.

### 13. Efeitos de reguladores vegetais

Hilgert (2019) avaliou o enraizamento de estacas coletadas de plantas de *Carya illinoensis* em fase produtiva sob aplicação de ácido indolbutírico, nas concentrações de 0, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg L<sup>-1</sup>. Ao final, concluiu que os tratamentos com a utilização de IBA, promoveram o enraizamento das estacas de modo linear. Em um segundo estudo, avaliou o substrato e a dose de IBA mais adequadas para o enraizamento de estacas juvenis de *C. illinoensis*, cujos resultados demonstraram a possibilidade de propagação da espécie pela técnica da mini estaquia, com a utilização da dose de 4.000 mg L<sup>-1</sup> de IBA em conjunto com o substrato de casca de arroz carbonizada.

Existe uma baixa eficiência na maturação dos embriões, germinação e sua conversão em plântulas, que se comporta como um grande problema para muitas espécies, incluindo a noqueira. Dessa forma, Vahdati et al. (2008) examinaram o efeito exógeno de ABA e sacarose na maturação de embriões somáticos de noqueira comum, com o objetivo de melhorar a qualidade dos embriões, aumentar a taxa normal de desenvolvimento embrionário e elevar a germinação de embriões, concluindo ao final que a utilização de 2 mg L<sup>-1</sup> de ABA no meio de maturação foi favorável à produção de embriões somáticos normais.

Zhang et al. (2015) realizaram um estudo com objetivo de investigar o enraizamento de estacas de noqueira-pecã com a aplicação de diferentes concentrações de auxinas. Onde concluíram que, sob diferentes condições de temperatura, todos os tratamentos com auxina induziram o enraizamento das estacas, mas não promoveram a germinação, portanto, a auxina e as diferenças de temperatura e substrato são indispensáveis no processo de formação de raízes adventícias na cultura. Sendo assim, quando as estacas foram tratadas com 0,09% de NAA em temperatura de substrato de 25°C e temperatura do ar de 13°C, ocorreu uma rápida rizogênese, portanto, a aplicação exógena de biorreguladores em estacas de noqueira é capaz de melhorar a propagação vegetativa.

## 14. Senescência

Por fim, a cultura da noqueira exige maiores cuidados e tratos culturais, em relação às demais frutíferas. São necessários aproximadamente sete meses, nas condições do Sul do Brasil, desde a produção de gemas até a colheita dos frutos, e aproximadamente nove meses para o ciclo se completar, o qual compreende o desenvolvimento das gemas até a senescência das folhas.

A noqueira, por ser uma espécie característica de clima temperado, passa por um período de dormência vegetativa durante o inverno. Esse mecanismo permite que as plantas sobrevivam às baixas temperaturas e tenham estímulo para iniciar um novo ciclo de desenvolvimento. Dessa forma, de acordo com Marco et al. (2021), após a maturação dos frutos, tem-se início a dormência com o amarelecimento das folhas e, posteriormente, a senescência. Estudando o ciclo de desenvolvimento da noqueira-pecã, os autores definiram três fases nesse estágio: BBCH 93 – início da descoloração das folhas e posterior senescência; BBCH 95 – 50% de queda das folhas e; BBCH 99 – 100% de queda das folhas.

O amadurecimento dos frutos tem início entre os meses de março e abril, estendendo-se até maio e junho, quando, a partir daí, é iniciada a dormência até a completa senescência das folhas. De modo geral, são necessários aproximadamente sete meses, desde o desenvolvimento das gemas até a colheita, e em média nove meses para o ciclo se completar, do desenvolvimento das gemas até a senescência foliar. A cultura apresenta um ciclo anual relativamente longo que, quando comparado a outras frutíferas, requer maiores cuidados no manejo do pomar (Marco et al., 2021).

## Referências

ALBA, J.M.F. et al. **Critérios e indicadores edafoclimáticos para o cultivo da noqueira-pecã no Sul do Brasil**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2018. 17 p.

ALBA, J.M.F. et al. **Zoneamento edafoclimático da noqueira-pecã para a Região Sul do Brasil**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2020. 65 p.

ASSOCIAÇÃO DOS JOVENS AGRICULTORES DE PORTUGAL. **Manual de boas práticas para culturas emergentes: a cultura da noz**. Lisboa, 2017. 44 p.

BOSCARDIN, J.; COSTA, E.C. A noqueira-pecã no Brasil: uma revisão entomológica. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 456-468, 2018.

CARDINAEEL, R. et al. Competition with winter crops induces deeper rooting of walnut trees in a Mediterranean alley cropping agroforestry system. **Plant and Soil**, The Hague, v. 391, p. 219-235, 2015.

DIMALLA, G.G.; STADEN, J.V. Pecan nut germination: a review for the nursery industry. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 8, p. 1-9, 1978.

DUAN, Z.P. et al. Interspecific interaction alters root morphology in young walnut/wheat agroforestry systems in Northwest China. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 93, p. 419-434, 2019.

FARINHA, D.F. **Anomalias fisiológicas no desenvolvimento do miolo da noz na nogueira-comum (*Juglans regia* L.)**. 2022. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Universidade de Évora, Évora, 2022.

GUO, W. et al. Portal of Juglandaceae: a comprehensive platform for Juglandaceae study. **Horticulture Research**, Nanjing, v. 7, n. 1, Dec. 2020. DOI:10.1038/s41438-020-0256-x.

HAMANN, J.J. et al. **Cultivares de nogueira-pecã no Brasil**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2018. 43 p.

HILGERT, M.A. **Propagação de *Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch**. 2019. 92 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

HILGERT, M.A. et al. Substrate and índole-3-butyric acid in mini-cuttings rooting of *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch. **Floresta**, Curitiba, v. 51, n. 3, p. 721-730, 2021.

LIU, B. et al. Drought stress affects on growth, water use efficiency, gas exchange and chlorophyll fluorescence of *Juglans* rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 250, p. 230-235, 2019.

LOMBARDINI, L.; DIAZ, H.R.; VOLDER, A. Photosynthetic light response and epidermal characteristics of sun and shade pecan leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 134, n. 3, p. 372-378, 2009.

MARCO, R. et al. Ciclo de desenvolvimento da nogueira-pecã. Escala fenológica. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 20, n. 4, p. 260-270, 2021a.

MARCO, R. et al. **Estádios fenológicos da nogueira-pecã**. Pelotas: EMBRAPA, 2021b. 8 p. (Circular Técnica, 218).

MARCO, R. et al. The irrigation effect on nut's growth and yield of *Carya illinoensis*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 93, n. 1, 2021c.

MARTINS, C.R et al. **Aspectos e critérios básicos para implantação de pomar de nogueira-pecã**. Pelotas: EMBRAPA, 2019. 20 p. (Circular Técnica, 367).

MARTINS, C.R. et al. **Práticas básicas do plantio à colheita de noz-pecã**. Pelotas: EMBRAPA, 2021. 19 p. (Circular Técnica, 225).

ORTIZ, E.R.N.; CAMARGO, L.E.A. Doenças da nogueira pecan (*Carya illinoensis*). KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Agrônômica Ceres, 2005. p. 501-506.

PIEL, C. et al. Effect of local irradiance on CO<sub>2</sub> transfer conductance of mesophyll in walnut. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 379, p. 2423-2430, 2002.

POLETTO, I. et al. Germination and development of pecan cultivar seedlings by seed stratification. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1232-1235, 2015.

RASEIRA, A. **A cultura da noqueira pecã (*Carya illinoensis*)**. Pelotas: EMBRAPA, 1990.4 p. (Comunicado Técnico, 63).

ROSATI, A. et al. Tree water status and gas exchange in walnut under drought, high temperature and vapour pressure deficit. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 81, n. 3, p. 415-420, 2006.

ROVANI, F.F.M.; WOLLMANN, C.A. Balanço hídrico do cultivo da noqueira pecã nos anos-padrão habitual, chuvoso e seco para o Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, Brasília, v. 25, n. 15, p. 378-398, 2019.

SARETTA, E. Efeitos da irrigação de noqueira-pecã no Rio Grande do Sul. **Irriga**, Botucatu, v. 26, n. 4, p. 827-837, 2021.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Núcleo Regional Sul: Comissão de Química e Fertilidade do Solo, RS/SC, 2016. 376 p.

SONG, Y. et al. Global biogeographic synthesis and priority conservation regions of the relict tree family Juglandaceae. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 47, p. 643-657, 2019.

VAHDATI, K. et al. Effect of exogenous ABA on somatic embryo maturation germination in Persian walnut (*Juglans regia* L.). **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, Amsterdam, v. 93, p. 163-171, 2008.

VAHDATI, K. et al. Clonal propagation of walnuts (*Juglans* spp.): A review on evolution from traditional techniques to application of biotechnology. **Plants**, Basel, v. 11, n. 22, 2022. DOI: 10.3390/plants11223040.

WALL, S.B.V. The evolutionary ecology of nut dispersal. **The Botanical Review**, Lancaster, v. 67, n. 1, p. 74-117, 2011.

ZHANG, J. et al. Auxin type, auxin concentration, and substrate temperature difference play key roles in the rooting of juvenile hardwood pecan cuttings. **HortTechnology**, Alexandria, v. 25, n. 2, p. 209-213, 2015.



# NOGUEIRA PECAN



NOGUEIRA PECAN (*Carya illinoensis*)

Pedro Enrique Caballero Martins

## 1. Origem e distribuição geográfica

A *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch, conhecida como noz-pecan, é uma árvore nativa do centro-sul e sudeste dos Estados Unidos, bem como dos vales dos principais rios localizados no Norte e centro do México. Tem sido cultivada comercialmente em vários países da América do Sul, incluindo Uruguai, Argentina, Chile, Peru e Brasil, além de outros continentes, como China, Egito, África do Sul e Austrália (Frusso, 2018).

O cultivo da noqueira-pecan compreende as regiões Sul e Sudeste, entretanto, sua produção concentra-se principalmente no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (Figura 1). Dentre esses, o Rio Grande do Sul se destaca pela área de cultivo, produção e inserção de agroindústrias responsáveis pelo processamento das frutas. Apesar dessa frutífera estar sendo cultivada em vários municípios do estado, destaca-se pioneiramente os municípios da região de Anta Gorda e Cachoeira do Sul como maiores produtores.



**Figura 1.** Áreas de cultivo de noqueira-pecan no Brasil, sendo a região Sul a principal (Adaptado de Haman et al., 2018).

## 2. Classificação botânica

A pecan pertence à família Juglandaceae (noqueiras), ao gênero *Carya* e à espécie *Carya illinoensis*.

A família Juglandaceae é composta por cerca de 100 espécies arbóreas de porte médio a grande, distribuídas em seis gêneros. Os gêneros mais conhecidos no sul do Brasil são *Carya nutt.* e *Juglans L.*, devido à produção de nozes e madeira valiosa. *Carya* contém cerca de 17 espécies, sendo a maioria delas originárias da América do Norte e uma da China. Nos Estados Unidos, são encontradas 22 espécies desse gênero atualmente. A noqueira-europeia (*Juglans regia L.*), originária da Europa, é pouco cultivada no sul do Brasil e não possui expressão econômica, sendo utilizada principalmente como árvore de sombra e ornamental. Já a noqueira-pecan (*Carya illinoensis*), que é uma das espécies do gênero *Carya*, é bastante valorizada. As florestas naturais de *Carya illinoensis* são encontradas desde o México até Illinois, nos Estados Unidos, e os bosques mais densos de noqueira-pecan ficam em cumes aluviais, além da faixa normal de inundação, ao longo dos rios afluentes de Oklahoma, Texas e Louisiana. As amêndoas da noqueira-europeia são apreciadas e consumidas principalmente durante o período natalino (Bennadji; Alfonso, 2011).

**Tabela 1.** Classificação botânica da Nogueira Pecan segundo Engler, Cronquist e APG.

|                   | <b>Engler</b>  | <b>Cronquist</b> | <b>APG</b>       |
|-------------------|----------------|------------------|------------------|
| <b>Divisão</b>    | Spermatophyta  | Magnoliophyta    | Angiospermas     |
| <b>Subdivisão</b> | Angiospermae   | ----             | ---              |
| <b>Classe</b>     | Dicotyledoneae | Magnoliopsida    | Eudicotiledôneas |
| <b>Subclasse</b>  | Magnoliidae    | Rosidaeas        | Rosidaeas        |
| <b>Ordem</b>      | Fagales        | Fagales          | Fagales          |
| <b>Família</b>    | Juglandaceae   | Juglandaceae     | Juglandaceae     |
| <b>Gênero</b>     | <i>Carya</i>   | <i>Carya</i>     | <i>Carya</i>     |

### 3. Morfologia

É uma árvore decídua, muito longeva, que atinge até 30 m de altura, com copa frondosa e madeira quebradiça. As folhas são alternas, imparipinadas, com 7 a 17 folíolos, opostos, serrilhados e assimétricos, verde brilhante na face superior e mais clara na face inferior (Reyes; Lavin, 2014).

A planta é monoica, com flores masculinas e femininas separadas, que ocorrem entre os meses de outubro e novembro. Os frutos são do tipo drupa, normalmente agrupados em cachos de três a sete unidades, com epicarpo que se separa do fruto na maturação; a parte aproveitável varia de 40 a 60%. O período de maturação do fruto ocorre de março a maio, dependendo das condições edafoclimáticas, fitossanitárias, nutricionais e, especialmente genéticas. A maioria dos cultivares utilizados necessitam de 180 a 200 dias para que ocorra o amadurecimento dos frutos, e que estes permaneçam na planta desde a fecundação até a colheita, no período de crescimento (Reid, 2015).

As flores femininas estão localizadas na zona terminal dos brotos do ano, resultando em frutos em grupos de 2 a 8 nozes. Por outro lado, as flores masculinas correspondem a amentos e estão localizadas na zona basal, na madeira do ano anterior. A inflorescência feminina é uma espiga terminal com poucas flores que não têm pétalas e consistem em grandes estigmas presos a um ovário. Elas nascem na primavera perto da ponta do crescimento do broto do ano (Reyes; Lavin, 2014).



## **6. Desenvolvimento do caule**

Caracteriza-se a noqueira-pecan como uma árvore que pode chegar a uma altura de 50 m, possui tronco retilíneo e copa elíptica.

O desenvolvimento vegetativo compreende três etapas principais, as quais referem-se ao desenvolvimento das gemas, das folhas e dos brotos. É considerado uma das fases mais importantes do cultivo, pois é nesse período que as plantas produzem fotoassimilados para serem utilizados na fase inicial do crescimento e, posteriormente, na frutificação e no desenvolvimento dos frutos (Rudinei, 2021).

## **7. Desenvolvimento das folhas**

A árvore em questão é uma espécie caducifólia. Suas folhas são do tipo alternas compostas e imparipinadas, com 9 a 17 folíolos sésseis ou quase sésseis, oblongo-lanceolados, medindo de 5 a 20 cm de comprimento por 2,5 a 7,5 cm de largura. O ápice das folhas é agudo ou acuminado, e elas possuem coloração verde-amarelada escura e são quase glabras na face superior, enquanto são mais claras e raramente pubescentes no inferior. Além disso, é uma árvore decídua, muito longeva, de copa frondosa e madeira quebradiça. Suas folhas são alternas, imparipinadas, com 7 a 17 folíolos, opostos, serrados e assimétricos, verde brilhante na superfície superior e mais clara na inferior (Reyes; Lavin, 2014).

Durante o período de crescimento, os frutos da noqueira-pecan passam por três fases principais de desenvolvimento. A primeira consiste na rápida expansão do fruto e inicia no desenvolvimento dos cotilédones até a fase chamada de “coração pequeno” e continua até o estágio aquoso. A próxima etapa é o enchimento da amêndoa, que começa na fase aquosa, na qual o tecido da amêndoa é depositado no interior do revestimento da semente até encher completamente seu interior. A fase final do desenvolvimento da noz é a deiscência da casca; durante este processo, a casca separa-se da amêndoa, abrindo e permitindo que a noz caia livre da casca. O tempo de desenvolvimento dos frutos varia com o cultivar (Reid, 2015).

## **8. Efeitos de fatores ecológicos**

A noqueira pecan se desenvolve bem em clima temperado ou subtropical, com temperaturas baixas durante o inverno, para o repouso vegetativo, e altas temperaturas no verão, favorecendo o florescimento e a frutificação. Assim, as principais exigências climáticas para o cultivo são a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a precipitação pluviométrica e o número de horas de frio (Rovani et al., 2018)

A planta de noqueira-pecan necessita, durante os períodos de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, de pelo menos 180 a 210 dias com temperatura entre 24 e 30°C, livres de geadas. Contudo, como uma espécie característica de clima temperado, no final do outono ocorre a queda das folhas e a planta entra em dormência, que para superá-la e iniciar um novo ciclo de crescimento, necessita de acúmulo de horas de frio (temperaturas iguais ou inferiores a 7,2°C). A necessidade de horas de frio varia de acordo com o cultivar, mas supõe-se que as exigências dos cultivares implantados no Rio Grande do Sul são em torno de 400 horas. Embora em regiões deste Estado com acúmulo em torno de 100 a 200 horas, tem-se conseguido boa produção (Rudinei, 2021).

O número de horas de frio corresponde à quantidade de frio requerida para o término do repouso e o início de um novo ciclo, o vegetativo/ reprodutivo, que ocorre somente após as plantas sofrerem a ação das baixas temperaturas.

Caso haja água disponível no solo, essa espécie pode crescer igualmente bem em áreas com climas áridos ou úmidos, mas devido ao alto risco de doenças em áreas excessivamente úmidas, é preferível cultivá-la em climas subtropicais. Mesmo sendo resistente a baixas temperaturas, árvores jovens podem morrer quando expostas a temperaturas tão baixas quanto -20°C. As geadas raramente são um problema, uma vez que a saída do repouso invernal é tardia, mas novos brotos podem morrer com temperaturas de -2,2°C. O requisito de unidades de calor pode ser mais limitante do que a resistência a baixas temperaturas, já que o enchimento das nozes pode ser prejudicado pela falta de temperaturas ideais para a fotossíntese no período crítico de crescimento dos frutos no final do verão. Por isso, é necessário ter verões longos e quentes, com noites amenas para um desenvolvimento adequado e maturação dos frutos. Algumas variedades exigem entre 180 e 220 dias para o desenvolvimento dos frutos. Os requisitos de frio são mínimos, cerca de 500 horas a 7,2°C, com alguns casos de brotação normal mesmo sem frio, como no México e Israel. Alguns autores afirmam que essa espécie tem uma dormência curta e pouco profunda, necessitando de cerca de 400 a 500 horas de frio em locais com outono e inverno suaves. Entretanto, se o outono for frio, uma dormência mais profunda pode ocorrer, aumentando a necessidade de frio para a saída do repouso. São árvores que reativam mais tarde na primavera, o que aparentemente é devido ao alto requisito de calor pós-dormência. Foi descoberto que há uma interação entre frio e acumulação de calor, onde o frio é necessário para reduzir a variabilidade na saída do repouso e não para quebrar o repouso em si (Reyes; Lavin, 2014).

## 9. Relações hídricas

Durante os primeiros dois ou três anos, é crucial cuidar da irrigação, já que há uma grande perda de raízes durante o transplante. Nos pomares adultos, a demanda por água é de cerca de 12.000 m<sup>3</sup>/ha/ano, com maior necessidade durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro. No caso de árvores jovens, é recomendado aplicar entre 38 e 57 L de água por dia e por planta. A água de irrigação utilizada para a pecan deve ser cuidadosamente selecionada, pois altos níveis de sais totais dissolvidos acima de 1.000 ppm, cloretos acima de 300 ppm ou boro acima de 0,5 ppm podem causar queimaduras nas folhas e até mesmo desfoliação, especialmente no verão (Reyes; Lavin, 2014).

## 10. Solos e nutrição

A noqueira-pecan se adapta muito bem em solos profundos, com boa fertilidade, bem drenados, com bom teor de matéria orgânica e pH próximo de 6,0. Recomenda-se realizar análise do solo até 40 cm de profundidade. Solos compactados limitam seu desenvolvimento. A planta necessita de boa intensidade de luminosidade (luz solar) para produzir bem. Apesar de ser uma cultura exigente em água, a planta não tolera solos encharcados e mal drenados.

O primeiro passo para atender as exigências nutricionais da noqueira-pecan se inicia pela realização de análise de solo. Primordial para o sucesso de qualquer frutífera, para a noqueira-pecan isso se evidencia ainda mais, haja vista o elevado porte da planta na plena fase produtiva, podendo superar 40 metros de altura (Martins et al., 2017).

Solos com pH elevado devem ser evitados, pois dificultam a disponibilidade de zinco, um elemento importante para as noqueiras-pecans.

O nitrogênio é um macronutriente necessário para as noqueiras-pecans. O Manual de Adubação e Calagem do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, que emite diretrizes no sul do Brasil, recomenda pelo menos três aplicações desse nutriente ao longo do ciclo. As noqueiras-pecans também requerem muito zinco. Nos Estados Unidos, o zinco é aplicado a cada 15 dias para suprir suas necessidades. No Brasil, alguns produtores de noqueira-pecan têm realizado a aplicação foliar de zinco. Embora essa prática ainda seja pouco conhecida, ela tem sido usada sem um real conhecimento de sua necessidade no Brasil (Bilharva et al., 2018).

Independentemente da idade dos pomares, ocorrem limitações de ordem química do solo, não importando a profundidade de amostragem, influenciando a produtividade dos pomares de noqueira.

O Mn em solos com baixo pH e em camadas mais profundas do solo ocorre em teores elevados, portanto, potencialmente tóxicos. Os baixos valores de pH e de P constituem os problemas de maior dificuldade de solução, face às características de baixa mobilidade dos corretivos, quando aplicados na superfície de pomares implantados (Benati, 2021).

## 11. Fotossíntese

Foi determinado que a poda tem um efeito de curto prazo na capacidade de interceptação de luz, sem aumento na produtividade ou qualidade da fruta. Por outro lado, em um estudo posterior, foi demonstrado em duas variedades de noqueira-pecan que as folhas expostas a diferentes intensidades de luz apresentam alterações morfológicas e fisiológicas, como o ponto de compensação lumínico ou a respiração mitocondrial. A poda seletiva em árvores de noqueira-pecan tem uma influência positiva no crescimento de certos ramos das plantas, aumenta o diâmetro do tronco, as produções anuais, o tamanho da fruta e o vigor das árvores. No entanto, a produtividade não é afetada quando comparada com uma planta podada e outra não submetida a esse tratamento. Em um estudo posterior, esse mesmo autor chega à conclusão de que a poda seletiva em árvores adultas de 25 anos tem um impacto negativo na produtividade, mas aumenta o tamanho da fruta. Nas condições atuais do mercado, essa diminuição na produtividade poderia ser compensada por uma maior densidade de plantas por hectare e pelo aumento correspondente no tamanho, se as plantas fossem podadas, especialmente em idades mais jovens. Por outro lado, a quantidade de gemas potencialmente produtoras de frutas (gemas mistas) é muito importante e é um indicador de produtividade. Isso é mais evidente e foi amplamente estudado em variedades de *Juglans regia*, que apresentam diferentes padrões de distribuição de suas gemas mistas, algumas com uma tendência muito marcante tanto à acrotonia quanto à basitonía. Esse efeito foi avaliado em diferentes variedades de noqueira e a aplicação de ácido indolilacético aumentou a geração de ramificações laterais.

Os efeitos da baixa radiação em certas áreas onde a noqueira-pecan é cultivada demonstraram que podas com uma frequência de 3 a 4 anos entre elas não tiveram os efeitos esperados, uma vez que nessas condições as plantas não respondem adequadamente a esse trabalho cultural (Michelini, 2018).

## 12. Florescimento e frutificação

A noqueira-pecan é uma planta monoica, com inflorescência estaminada (amentos) e pistilada (racimos) separadas, mas na mesma planta. Por vezes apresenta dicogamia, ou seja, a

produção, viabilidade e dispersão do pólen da flor estaminada não coincidem, totalmente (dicogamia completa) ou parcialmente (dicogamia incompleta), com a receptividade da flor pistilada. Há dois tipos principais de dicogamia, protândria e protogínia. Nos cultivares protândricos (Grupo I ou Tipo I) as inflorescências estaminadas tornam-se viáveis antes das inflorescências pistiladas. Já nos cultivares protogínicos (Grupo II ou Tipo II) as inflorescências pistiladas ficam viáveis antes das inflorescências estaminadas.

As inflorescências estaminadas geralmente são produzidas em gemas mistas em ramos de um ano de idade, sendo que cada gema produz dois grupos de três amentos, enquanto a inflorescência pistilada é formada no ápice do ramo que se desenvolveu no ciclo atual.

A polinização anemófila é comum na noqueira-pecan, com o pólen sendo transportado pelo vento por até 50 metros, se a umidade relativa for inferior a 85%. Um único amento pode produzir milhões de grãos de pólen, o que é suficiente para fertilizar uma noz de pecan.

Embora a autopolinização possa ocorrer em cultivares com dicogamia incompleta, não é desejável devido à queda de frutos e à redução de seu tamanho e rendimento. Recomenda-se a polinização cruzada, plantando-se pelo menos três cultivares em sincronia na mesma área.

O aumento da polinização cruzada é alcançado através de cultivares que florescem simultaneamente. No entanto, isso não garante a qualidade dos frutos devido ao "efeito xenia", onde o pólen pode influenciar positiva ou negativamente as características dos frutos. Esse efeito ainda não é completamente compreendido e requer mais estudos.

Para obter uma produção satisfatória de nozes, é necessário utilizar cultivares polinizadores adequados no pomar. Isso envolve monitorar os tempos de receptividade do estigma e a liberação do pólen, além de compreender melhor seu efeito nos rendimentos e qualidade dos frutos (Rudinei, 2021).

### **13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente**

Embora a noqueira-pecan seja nativa do Hemisfério Norte, destaca-se entre as latitudes 25° e 35°, tanto no Hemisfério Norte como no Sul, têm potencial para o cultivo da planta.

A seleção de locais apropriados para implantar os pomares é fundamental para atingir toda a potencialidade produtiva de maneira sustentável, o que depende dos critérios e indicadores de solo e clima adequados ao cultivo da noqueira-pecan, derivando no zoneamento edafoclimático, possibilitando a orientação de políticas públicas, de órgãos de financiamento e assistência técnica, assim como, para o ordenamento territorial regional.

A má drenagem do solo afeta a produção vegetal, em função do excesso de água e aeração inadequada. Nessa condição, o oxigênio necessário na respiração metabólica é rapidamente consumido pelos microrganismos e plantas, inibindo o crescimento do sistema radicular. Isto acarreta a diminuição da absorção de água, podendo em casos extremos ocorrer até o murchamento das plantas. Se a falta de oxigênio é muito acentuada, compostos como o etanol, etileno e metano podem acumular-se, resultando toxicidade em teores elevados. O mesmo acontece para o  $\text{Fe}^{+2}$  e  $\text{Mn}^{+2}$ . A profundidade efetiva refere-se à grande penetração do solo pelas raízes, sem impedimento qualquer, proporcionando suporte físico e meio para absorção de água, ar e nutrientes às plantas; parâmetro importante para fruticultura. Já a característica textural está relacionada com as classes de textura (Sistema Brasileiro de Ciência do Solo, 2013): Solos de textura arenosa são permeáveis, leves, de baixa capacidade de retenção de água e de baixo teor de matéria orgânica; solos com textura média e solos de textura argilosa, apresentam baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. O relevo relaciona-se à gênese do solo, cuja influência afeta a dinâmica da água e o microclima. A presença de rochas refere-se a fragmentos ou afloramentos rochosos, respectivamente que dificultam a ação dos instrumentos agrícolas. A fertilidade é um parâmetro puramente químico, que pode ser corrigido via reposição nutricional (Wrege, 2019).

#### **14. Estratégias para altas produções**

A qualidade da planta é determinada por dois fatores: origem e aparência externa. Não basta que a planta tenha altura e porte ou vigor adequados, mas que também deva ter um sistema radicular de tal dimensão que permita a absorção água e nutrientes necessários para alimentar a parte aérea. A raiz e a parte aérea devem ter as mesmas proporções para facilitar a absorção de água e nutrientes que o tamanho da copa exige. O desequilíbrio em ambos os casos pode provocar a morte da planta (Ribeiro et al., 2022).

Para que as plantas apresentem boa produtividade de nozes, é necessário que o pomar seja constituído de plantas pertencentes ao grupo dos cultivares protândricos, ou seja, aqueles em que os órgãos masculinos chegam primeiro à maturidade (Desirable, Western, Cheyenne, Caddo, Cape Fear, Success, Barton, Cherokee), e dos cultivares protogínicos, em que os órgãos femininos chegam primeiro à maturidade (Choctaw, Wichita, Kiowa, Shawnee, Apache, Mohawk, Shoshoni, Chickasaw, Tejas, Elliott, Stuart, Comanche e Schley). Os cultivares são multiplicados por enxertia, e podem iniciar a produção dos quatro aos oito anos, a partir do plantio.

Nesse aspecto, um estudo realizado com frutos provenientes de um plantio de pecan, com diferentes cultivares, na cidade de Cachoeira do Sul - RS, concluiu que as nozes provenientes dos cultivares Shawnee e Barton apresentaram os maiores rendimentos de amêndoa, com respectivamente, 56,69% e 54,19%, seguidos do cultivar Choctaw, com um rendimento intermediário de 52,65%. O cultivar Stuart apresentou maior massa de fruto, de amêndoa e de casca, obtendo, porém, o menor rendimento médio, com 49,84% (Boscardin, 2018).

O manejo do cultivo de noqueira-pecan inclui atividades como irrigação, controle de pragas e doenças, poda, colheita e pós-colheita. A poda é considerada importante para a correta condução das plantas e a entrada antecipada em produção, mas os resultados não são totalmente comprovados em relação à interceptação de luz. A poda seletiva tem uma influência positiva no crescimento de certos ramos, circunferência do tronco, produção anual, tamanho da fruta e vigor das árvores, mas pode ter um impacto negativo no rendimento de árvores adultas de 25 anos. A quantidade de gemas potencialmente produtoras de frutas e a densidade de plantio, combinadas com a poda lateral mecânica, aumentam a produtividade de algumas variedades comerciais. A orientação da poda tem um impacto significativo na produção total de frutas, e os efeitos da baixa irradiação em certas áreas onde a noqueira é cultivada podem afetar os resultados da poda (Michelini, 2018).

Um dos fatores mais facilmente administráveis pelo produtor é a escolha da distância entre plantas. A densidade de plantio é de grande importância econômica devido à sua relação direta com os custos de plantio, posteriores cuidados culturais e a utilização futura da produção anual. Os espaçamentos também dependem da qualidade do local e do manejo que receber a safra, que pode ser de 45 plantas a 278 plantas por hectare. O espaçamento mais comum é de 10x10 m, equivalente a 100 plantas por hectare (Casaubon, 2007).

### **15. Efeitos de reguladores vegetais**

As auxinas têm um efeito direto na formação de raízes na propagação vegetativa, pois promovem a atividade celular e atuam como moléculas sinalizadoras no desenvolvimento de eventos para a formação de raízes. Elas são consideradas as substâncias mais importantes para promover o enraizamento adventício, principalmente em espécies que têm dificuldade em enraizar, sendo o ácido indolbutírico (IBA) a auxina mais utilizada para estimular o enraizamento de propágulos devido à sua baixa toxicidade para a maioria das espécies.

Outro fator importante no processo de propagação de miniestacas é a escolha e uso de substratos adequados para esse processo de produção de mudas. As propriedades físicas e

químicas dos substratos e suas misturas podem influenciar o processo de rizogênese. A escolha do substrato utilizado na propagação pode afetar diretamente a qualidade das raízes formadas e a taxa de enraizamento. Ao escolher o substrato, é essencial selecionar materiais que permitam uma retenção adequada de água, para evitar a desidratação da base das mudas, e a presença de espaços para aeração, a fim de facilitar a troca de gases e favorecer o desenvolvimento do sistema radicular.

De acordo com Hilgert et al. (2021), a concentração de 4.000 mg L<sup>-1</sup> de IBA é recomendada em combinação com substrato de casca de arroz carbonizada para a propagação vegetativa por miniestacas de plantas jovens de *Carya illinoensis* em uma estufa agrícola com nebulização intermitente.

Tratamentos realizados com cianamida hidrogenada (Dormex®) são eficazes para adiantar a brotação das noqueiras e obtiveram melhor efeito sobre os cultivares Melhorada, Imperial e Importada na concentração de 1%, devido à uniformidade de distribuição das gemas nos estádios fenológicos.

Existe ainda a possibilidade da utilização do thidiazuron (TDZ) para a indução da brotação para a pecan. Resultados preliminares indicam que o produto provocou um aumento na brotação apical e lateral, além de um maior desenvolvimento vegetativo. Outra opção disponível é o nitrato de potássio, comumente utilizado como fertilizante (fornece nitrogênio e potássio), que também atua na brotação, porém com efeito mais lento. Deve ser aplicado em plena dormência para promover principalmente as gemas floríferas na concentração de 5 a 7%, permitindo também a combinação com óleo mineral, desde que em dose inferior a 5% (Ribeiro et al., 2021)

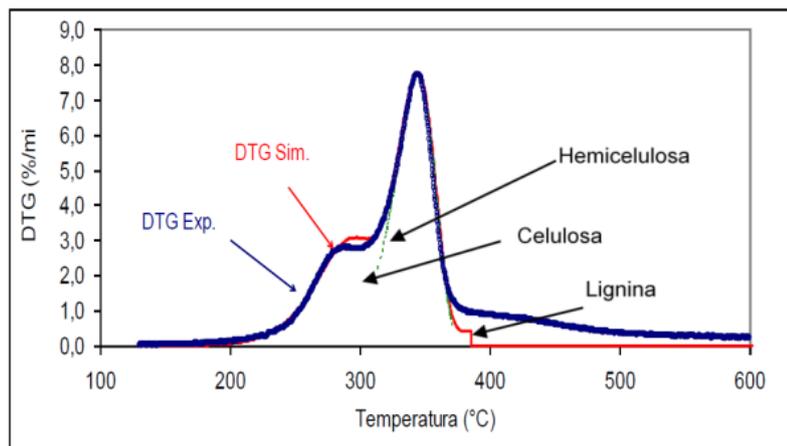
## **16. Senescência e aproveitamento de resíduos**

Para um pomar de noqueira pecan ser produtivo é necessário realizar podas periódicas que consistem em retirar ramos em excesso visando o equilíbrio da parte produtiva e vegetativa, assim, aumentando o número de frutos produzidos.

Entretanto, isso acaba gerando uma expressiva quantidade de resíduos que são, na maioria das vezes, descartados e que poderiam ser aproveitados para outros fins. Estudos sobre o uso de resíduos de pomares como fonte energética já foram realizados em diferentes países. Atualmente há uma grande procura por combustíveis de fontes renováveis para substituir os de fontes não renováveis. Para avaliar o potencial energético de um material, é interessante estudar o seu poder calorífico superior (PCS) e relacionar com sua massa específica e teor de umidade (Ribeiro et al., 2022).

Tanto as amêndoas, quanto as cascas das nozes-pecan, apresentam compostos fenólicos com elevada capacidade antioxidante, o que pode constituir uma importante fonte de antioxidantes na dieta humana. Em 100 gramas de amêndoas, são encontradas 718 calorias, 9,7 gramas de proteínas, 2,4 gramas de fibras, 74 gramas de gordura, e doses significativas de nutrientes e vitaminas, tais como ferro, potássio, magnésio, betacaroteno, tiamina, riboflavina, niacina e ácido ascórbico. A amêndoa da noqueira-pecan, quando consumida, ajuda a manter os níveis de lipídios saudáveis. Ao passo que as cascas das nozes são utilizadas popularmente na forma de chá para tratar de maneira empírica diversos problemas de saúde (Boscardin, 2018).

No ano de 2012, aproximadamente 7 milhões de toneladas de nozes foram produzidas globalmente, sendo 187 mil toneladas colhidas na União Europeia, e 13% delas na Península Ibérica. O simples processamento ou preparação dessas nozes gera uma quantidade de resíduos na forma de cascas que equivale a 50% da produção, totalizando uma quantidade significativa de 3,5 milhões de toneladas em todo o mundo. Além disso, o manejo anual dessas plantações requer a poda de galhos durante o inverno, o que resulta em quantidades consideráveis de resíduos lenhosos por árvore. A isso se somam os restos dos pericarpos, também conhecidos como cascas, compostos por 4 valvas superficiais, que caem no outono, quando as frutas amadurecem. Através da análise termogravimétrica, é possível obter informações sobre as fases de degradação de cada componente da biomassa, por meio de estudos realizados em diferentes taxas de aquecimento, como ilustrado na Figura 1. A análise térmica revela que a degradação da casca de noz ocorre em três etapas distintas, cada uma delas correspondendo aos principais componentes: a hemicelulose apresenta temperaturas de degradação entre 200-310°C, a celulose entre 250-350°C e a lignina em temperaturas acima de 350°C.



**Figura 1.** DTG (Termogravimetria Derivada) da casca de noz pecan (Adaptado de Ozcariz, 2016).

As alternativas de aproveitamento implementadas até o momento têm se concentrado principalmente na recuperação energética como biomassa. No entanto, esse tipo de utilização pode não ser a melhor solução, pois não leva em consideração suas propriedades, como o alto teor de fontes de carbono lignocelulósico e suas altas concentrações de taninos e fenóis. Por isso, é interessante explorar outras possibilidades de uso que possam gerar melhores benefícios econômicos e ambientais. Em alguns estudos realizados, foi mencionada a possibilidade de utilizar a casca de noz pecan como matéria-prima para a obtenção de biocombustíveis de segunda geração. O uso dos resíduos de cascas e pericarpos de noz pecan na produção de carvão ativado para biorremediação também é altamente valorizado. Foi comprovado que as infusões de cascas de noz pecan possuem alto teor de antioxidantes e fenóis, sendo comumente consumidas pela população do sul do Brasil. Além disso, testou-se o poder antimicrobiano dessas cascas para o controle de bactérias em alimentos cárneos. Também foi estudado o potencial dos resíduos de poda de árvores jovens de noz pecan como adubo orgânico e sua eficácia no controle de plantas invasoras (Ozcariz, 2016).

## Referências

BENATI, J.A. et al. **Caracterização da fertilidade de solos cultivados com noqueira-pecan no Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2021. 17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 355).

BENNADJI, Z. et al. Presentación de los ensayos de diversificación de especies (algarrobo y pecan) instalados sobre areniscas. In: PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN PRODUCCIÓN FORESTAL. SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN TÉCNICA, 2., 2011, Tacuarembó. **Diversificación de especies y forestación a pequeña escala.** Tacuarembó: INIA, 2011. p. 17-21.

- BILHARVA, M.G. et al. Pecan: from research to the Brazilian reality. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 23, n. 6, p. 1-16, 2018.
- BOSCARDIN, J.; COSTA, E.C. A noqueira-pecan no Brasil: Uma revisão entomológica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 456-468, 2018.
- CASAUBON, E.A. Guía para plantación de pecan. In: CASAUBON, E.A. **Producción de pecan en Argentina**. Buenos Aires: UBA, INTA, 2007. cap. 7p.
- FRUSSO, E. **Ficha técnica del nogal pecán**. Buenos Aires: Instituto de Recursos Genéticos INTA, 2018, 6 p.
- HAMANN, J.J. **Cultivares de noqueira-pecan no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 43 p.
- HILGERT, M.A et al. Substrates and índole-3-butyric acid in mini-cuttings rooting of *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch. **Floresta**, Curitiba, v. 51, n. 3, p. 721-730, 2021.
- LEMUS, G. **El cultivo del pecano *Carya illinoensis***. Santiago do Chile: Ministerio de Agricultura, Fundación para la Innovacion Agraria, 2004.
- MARTÍNEZ, J.C. Propagación y técnicas de cultivo de la nuez encarcelada (*Carya illinoensis*). **Revista Vinculando**, Guanajuato, v. 10, n. 2, 2012.
- MARTINS, C.R. et al. Cultura da noz-pecan para a agricultura familiar. In: WOLFF, L.F.; MEDEIROS, C.A.B. (Ed.). **Alternativas para a diversificação da agricultura familiar de base ecológica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. p. 65-81.
- MICHELINI, M.C. **Eficiencia en la intercepción de la luz en tres formas de conducción de pecán [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch]: estructura y actividad fotosintética**. 2018. 38 f. Tesis (Doctoral) - Universidad Nacional de La Plata, La Plata, 2018, 38 p.
- OZCARIZ, M.V. **Aprovechamiento de residuos agroforestales, con particular interés en los originados en explotaciones de Nuez Pecán (*Carya illinoensis*), por medio del cultivo de hongos saprófitos saludables ibéricos**. 2016. 107 f. Tesis (Doctoral) - Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias Universidad de Valladolid, Valladolid, 2016.
- REID, W.R. The phenology of early fruit ripening in pecan. In: INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON PECANS AND OTHER CARYA IN INDIGENOUS AND MANAGED SYSTEMS, 1., 2013, Houston. **Proceedings...** Houston: ISHS, 2013. p. 27-32.
- REYES, M.; LAVIN, A. **Pecano (*Carya illinoensis* Koch)**. Cauquenes: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2014. (Boletín INIA, 301).
- RIBEIRO, C.F. et al. Dormência vegetativa da noqueira-pecan: uma revisão. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 34, p. 78-82, n. 2, 2021.
- RIBEIRO, W.M.; RIBEIRO, F.V.; VAHL, H. Capacidade energética de resíduos da poda de noqueira pecan. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 4., 2002, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2022.

ROVANI, F.F.; WOLLMANN, C.A. Análise sazonal e anual dos requisitos climáticos do cultivo da noqueira pecan (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul. **GEOUSP Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 191-209, 2018.

RUDINEI, D.M. et al. Ciclo de desenvolvimento da noqueira-pecan: Escala fenológica. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 20, n. 4, p. 396-405, 2021.

WREGE, M.S. et al. Critérios e indicadores edafoclimáticos para o cultivo da Nogueira-pecan no Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DA NOZ-PECAN, 2., 2019, Brasília. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2019. p. 116-119.

# JUÇARA



**JUÇARA** (*Euterpe edulis*)

Daniel Almeida Melman

## 1. Introdução

Dentre as espécies de *Euterpe*, a palmeira juçara se destaca pela qualidade superior do seu palmito, característica que estimulou sua extração na natureza e se intensificou na metade do século XX, a ponto de colocar a espécie em risco de extinção (Brasil, 2008), a despeito de suas grandes populações naturais.

A situação crítica das populações naturais de juçara estimulou uma série de movimentos para sua preservação, sendo sua extração atualmente proibida (Brasil, 2008). Essa proibição levou a um grande esforço de investigação sobre alternativas para a produção de palmito, dentre as quais a pupunha (*Bactris gasipaes*) se revelou mais precoce e mais produtiva. Com isso, não há interesse atualmente no cultivo de juçara para extração de palmito.

Recentemente, retomou-se o interesse no cultivo de juçara para outra finalidade: a produção de bebida semelhante à do açaí (Mac Fadden, 2005; Schulz et al., 2016). Souza (2015) explora o conceito de “conservação pelo uso”, em que a coleta dos frutos da juçara nos remanescentes florestais seria uma alternativa ao corte do palmito, e dessa forma atuaria como

um catalizador para a conservação da espécie no seu ambiente natural, uma vez que após a extração da polpa as sementes continuam viáveis (Pupo, 2007).

A coleta de frutos de populações naturais de juçara não tem se revelado econômica, porque a elevada altura, a baixa produção de frutos e a dispersão dos indivíduos na floresta dificultam a operação, resultando em trabalho arriscado, moroso, penoso e pouco eficiente (Martó et al., 2007; Khatounian, 2020), ao contrário do açaí, que ocorre em populações homogêneas nas várzeas amazônicas (Miller; Nair, 2006). O rendimento médio na coleta de frutos em área de floresta nativa na região de Tapiraí no estado de São Paulo foi de 37 kg de frutos/coletor/dia (Pupo, 2007). Já em sistemas agroflorestais no litoral catarinense e no Espírito Santo, que apresentavam plantas de porte mais baixo, com maior densidade de indivíduos por hectare, o rendimento médio de colheita foi de 200 a 300 kg de frutos/coletor/dia (Silva Filho, 2005; Andrade, 2015). Por essa razão, a produção de frutos de juçara requer o desenvolvimento de sistemas de cultivo que reduzam a altura e aumentem a produção de frutos das plantas.

## 2. Origem e distribuição geográfica

A palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.), também conhecida por içara, jiçara, palmitreiro, palmito doce, ripeira é uma espécie nativa do Brasil e endêmica na mata atlântica. A palmeira juçara é de ocorrência generalizada nos diversos ecossistemas que compõem o bioma da Mata Atlântica, desde o Rio Grande do Sul até o sul da Bahia, adentrando também em algumas regiões da Argentina e do Paraguai (Mac Fadden, 2005), havendo também registros de populações isoladas em matas de galerias no cerrado em Goiás e também no estado de Pernambuco (Pereira, 2019).

## 3. Classificação botânica

A palmeira juçara (*Euterpe edulis*) foi descrita pela primeira vez por Martius (1823-1850). Pertencente à família Arecaceae (Palmae), o gênero *Euterpe*, juntamente com *Prestoea*, *Oenocarpus* (incluindo *Jessenia*), *Hyospathe* e *Neonicholsonia* fazem parte da subtribo Euterpeinae, representadas por 32 espécies exclusivamente neotropicais, dentre as quais 7 espécies são do gênero *Euterpe* e apenas 5 são encontradas no Brasil: *E. edulis*, *E. catinga*, *E. oleracea*, *E. longibractea* e *E. precatória* (Henderson, 2000; Henderson; Galeano, 1996), das quais o açaizeiro é a de maior relevância econômica na atualidade (Miller; Nair, 2006).

#### 4. Morfologia e anatomia

*Euterpe edulis* é uma palmeira monocaule, ou seja, apresenta geralmente um único estipe ereto de 5 a 12 metros de altura e de 10 a 15 centímetros de diâmetro. Muito raramente cespitosa, o perfilhamento ocorre apenas em populações isoladas (Henderson, 1996). Na base do estipe é possível observar um platô de raízes adventícias no formato de cone, com característica de sustentação (Figura 1). Suas folhas são pinadas, com pecíolo curto em relação a ráquis que pode ter de 1,5 a 3 metros de comprimento, contendo de 38 a 62 segmentos de cada lado. A bainha pode ter de 0,8 a 1,4 metros de comprimento, de coloração variando do verde escuro ao mais claro, às vezes alaranjado ou arroxeadado. As bainhas estão muito bem aderidas, formando uma coroa que envolve e protege o meristema apical.



**Figura 1.** Ilustração botânica da palmeira juçara (*Euterpe edulis*), com detalhes para suas folhas, inflorescência, infrutescência, plântula e muda (Adaptado de Moreira, 2013)

Na axila de cada bainha existe um meristema reprodutivo de onde se desenvolve a inflorescência peduncular com ráquis medindo de 40 a 70 centímetros e muitas ráquulas nas quais as flores se arranjam em ziguezague ao seu redor formando tríades com duas flores masculinas e uma feminina (Henderson, 2000). Os frutos são drupáceos, esféricos, de cor preta brilhante ou negro-vinosa quando maduros, com mesocarpo carnosos muito fino, rico em substâncias antioxidantes, açúcares e óleos, muito apreciado pela fauna. O fruto é

unisseminado, com embrião posicionado lateralmente, enquanto o endosperma é homogêneo, apresentando albúmem abundante muito duro e de cor branca, o que lhe confere uma diferença clara para o fruto do açazeiro que possui endosperma ruminado (Menezes Neto et al., 2010; Panza; Láinez; Maldonado, 2004).

## 5. Fenologia e desenvolvimento

Butignol (1992) propôs uma escala com 10 estádios fenológicos para caracterizar o desenvolvimento de palmeiras pinadas, usando como modelo a espécie *E. edulis* em função da sua ampla dispersão e importância ecológica e econômica no contexto do bioma da Mata Atlântica. É importante salientar que a permanência em cada um desses estádios não tem um tempo determinado, mas, sim, uma faixa de tempo, que depende, por sua vez, das condições ambientais as quais a planta está se desenvolvendo. Os estádios são:

- 1 Fase de germinação
- 2 Fase de folhas juvenis – embrionárias (palmadas)
- 3 Folhas pinadas permanentes e raízes engrossadas
- 4 Engrossamento basal
- 5 Alongamento do estipe
- 6 Engrossamento do estipe
- 7 Encurtamento da distância das bainhas foliares
- 8 Reprodução
- 9 Senilidade
- 10 Morte

Carvalho (1994) discutiu a existência de um estágio fenológico intermediário entre a fase de folhas embrionárias palmadas e a fase com folhas pinadas, a qual chamou de estágio “infante”, caracterizado pela emissão da 4ª folha com características de ambas, contendo até 18 segmentos.

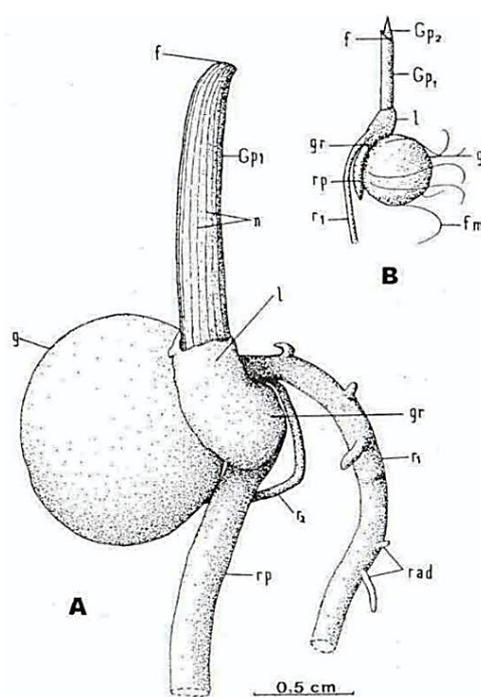
### 5.1 Germinação

O processo de germinação das sementes de *Euterpe edulis* M. se inicia no momento da maturação dos frutos, de modo que o embrião pode ser considerado uma plântula em desenvolvimento (Panza; Láinez; Maldonado, 2004). O teor de umidade dos frutos recém colhidos é elevado, variando pouco ao redor de 50% de umidade, por essa razão a desidratação é a principal causa da rápida perda de viabilidade destas sementes em que se

observa uma pronunciada diminuição nas taxas de germinação quando o teor de umidade cai abaixo de 28%, o que evidencia a característica recalcitrante da semente (Queiroz, 2000).

A germinação de *Euterpe edulis* é do tipo hipógea, em que a semente se mantém ao nível do solo, ficando aderida à plântula por aproximadamente 6 meses, nos quais o cotilédone na forma de haustório, típico de palmeiras, digere o endosperma abundante para nutrir a plântula, sendo essencial para sua sobrevivência aos baixos níveis de radiação sob o dossel da floresta, nesse período.

O início da germinação é marcado pela projeção para fora do botão germinativo que contém em si os primórdios radiculares e foliares, sendo necessária para o processo a embebição da semente. Em seguida ocorre a emissão de uma raiz primordial com geotropismo positivo e uma primeira folha que se resume a uma bainha. A segunda folha que emerge pode conter, além de uma bainha, um limbo foliar reduzido, enquanto a terceira constitui o eófilo (primeira folha) com limbo clorofilado, palmado, com 6 a 8 segmentos.



**Figura 2.** Germinação de *Euterpe edulis* Martius: (A) Aspecto da germinação com a primeira folha reduzida a uma bainha rígida; (B) emergência da segunda folha também quase totalmente reduzida a uma bainha. Legendas: g - semente; gr - bainha cotiledonar da raiz; Gp1- primeira folha reduzida à bainha; f - fenda embrionária da primeira folha; fm - fibras mesocárpicas; l - bainha cotiledonar ascendente; n - nervuras; r1- primeira raiz; r2 - raiz de segunda ordem; rad - radículas; rp - raiz principal de segunda ordem (Adaptado de Queiroz, 2000).

## 5.2 Desenvolvimento de raízes

O sistema radicular da palmeira juçara (*Euterpe edulis*), assim como de todas as plantas da família Arecaceae, é do tipo fasciculado. Na planta adulta ele é formado por

milhares de raízes que crescem sobre um platô radicular na forma de cone e penetra no solo em várias direções, ramificando-se muitas vezes, podendo se estender por até 4 metros do estipe e aprofundar-se até 1,3 metros no perfil de solo.

Mais da metade do sistema radicular, em peso, encontra-se nos primeiros 20 centímetros de solo, em que predominam as raízes de menor diâmetro responsáveis pela absorção de água e nutrientes, o que corrobora com a baixa resistência dessa espécie à seca. Essa característica precisa ser levada em consideração para realização de tratamentos culturais, que devem ser pouco profundos, a fim de não danificar as radículas, assim como para adubações que devem ser em cobertura e nunca incorporadas (Bovi; Cardoso, 1977).

### **5.3 Desenvolvimento do caule**

O desenvolvimento do estipe ocorre com o deslocamento ascendente do meristema apical, que no estágio anterior estava ganhando calibre na região do colo e passa a expor o estipe que se alonga em direção a luz, buscando uma posição vantajosa na comunidade de plantas, de modo que os entrenós são tanto maiores quanto menor for a disponibilidade de luz (Butignol, 1992).

Em seguida ocorre o engrossamento do estipe, cujo incremento médio anual (IMA) é tanto maior, quanto menor o diâmetro da planta, ou seja, os IMA vão decrescendo conforme a palmeira atinge diâmetros maiores (Silva; Lauterjung; Reis, 2020). O crescimento secundário no caule de palmeiras ocorre pelo alargamento e divisão das células parenquimáticas, assim como pela ação meristemática que cria novos feixes vasculares e tecido parenquimático (Botânico; Angyalossy, 2013). Avaliando a seção transversal de um estipe, é possível distinguir a interface entre o córtex e o cilindro central, e que nessa interface uma camada de células, que foi chamada de periciclo, ocorre em vários estágios de desenvolvimento, do topo até a base do caule. O autor conclui que esse meristema possui atividade meristemática bidirecional, formando feixes vasculares para o interior, ou seja, em direção ao cilindro central, e células corticais e filamentos de fibras para o exterior. Para o autor, essa atividade bidirecional é semelhante àquela de um câmbio (Botânico; Angyalossy, 2013).

### **5.4 Desenvolvimento das folhas**

As folhas se desenvolvem para todas as direções a partir do meristema apical, localizado no interior da coroa formada pela bainha das folhas, e são dispostas espiraladamente de modo que as mais novas não sobrepõem imediatamente as mais velhas e, assim, maximizam a coleta de luz (Melman - Observação pessoal, 2023).

Na fase de plântula, as três primeiras folhas são palmadas, com número de segmentos foliares variando de 6 a 8. Essas folhas já estavam presentes no botão cotiledonar e fazem parte da estrutura embrionária; a quarta folha, apresenta estrutura intermediária entre palmada e pinada (Henderson, 2000). Com o avanço no desenvolvimento, as plantas passam a apresentar as folhas pinadas características (formato de pena), cujos segmentos aumentam em número, comprimento e largura conforme a planta amadurece, o que influencia diretamente a dinâmica de incremento de área foliar (Carvalho, 1994).

Mantovani e Morelato (2000) observaram em Blumenau a emissão de 8,8 (DV=1,4) e a queda de 9,3 (DV=1,9) folhas entre novembro de 1996 e outubro de 1997, no entanto a dinâmica de emissão e queda de folhas é diferente ao longo do ano para plantas jovens e maduras. De maneira geral a emissão das folhas é mais rápida nos meses de maior temperatura, e isso é válido para ambas as categorias de plantas; isso ocorre nas plantas maduras no período entre novembro e janeiro, que sofrem acentuada queda de folhas, associada justamente a emissão de inflorescências, sendo mais intensa quanto maior o número de inflorescências, pois essas se desenvolvem na bainha da folha e precisam ela caia para liberar as brácteas pedunculares (espata).

## **11 Fenologia reprodutiva**

A ocorrência de florescimento marca a entrada do indivíduo na fase de reprodução, mas esse fenômeno não parece estar atrelado a um período determinado de tempo, mas, sim, à capacidade do indivíduo de suportar o esforço reprodutivo. A entrada na fase reprodutiva varia conforme a condição de desenvolvimento da planta e o local onde se encontra.

Estudando a fenologia reprodutiva da juçara, Da Silva e Dos Reis (2018) encontraram uma correlação positiva entre o diâmetro da palmeira e a produção de frutos. Alguns indivíduos iniciaram a fase reprodutiva a partir de 7 cm de diâmetro, no entanto, produziam apenas inflorescências masculinas. Ao atingir 12 cm de diâmetro, a grande maioria das plantas já havia entrado em reprodução. Palmeiras com maior diâmetro também produziram maior número de cachos, sendo que somente palmeiras acima de 17 cm de diâmetro apresentaram cinco inflorescências. Essa constatação pode ser interpretada considerando que inflorescências com flores exclusivamente masculinas, as quais demandam menos energia e fotoassimilados do que inflorescências completas, de modo que apenas palmeiras com maior diâmetro seriam capazes de se reproduzir.

Os eventos de florescimento e frutificação variam muito entre as regiões observadas em São Pedro de Alcântara, SC, a 650 m de altitude; o florescimento iniciou 1996 em

novembro de 1996 e em outubro de 1997, se estendendo até janeiro e fevereiro respectivamente entre os anos, mostrando que num ano mais favorável o período de florescimento pode adiantar e se estender. Observa-se também que para uma mesma região, as plantas crescendo em condição de plena luz iniciam a floração antes das plantas localizadas no ambiente natural em meio a floresta (Mantovani; Morellato, 2000). Em Itajaí, SC, que fica praticamente no nível do mar, mostrou plantas em florescimento no mês de agosto (Melman - Observação pessoal, 2023).

No momento do florescimento, a região das bainhas foliares fica engrossada pela presença das inflorescências, ainda dentro da bráctea peduncular (espata), que forçam a queda da folha para poderem se abrir. Após aproximadamente 4 dias de serem liberadas pela bainha, a espata cai e libera a inflorescência. Essa palmeira apresenta protandria acentuada, pois a abertura de flores femininas na inflorescência ocorreu sete dias após o final da abertura das flores masculinas, o que reduz a possibilidade de auto polinização. As floradas masculinas e femininas duraram em média 5-7 e 4-6 dias respectivamente (Mantovani; Morellato, 2000).

Em média, as inflorescências demoram 226 dias entre a fecundação e maturação dos frutos, no entanto esse período pode variar de 165 a 270 dias. Esse tempo parece estar associado à época em que a inflorescência foi emitida pela planta, sendo que as primeiras normalmente demoram mais para amadurecer que as últimas.

## **12 Efeitos de fatores ecológicos**

A ocorrência natural de *Euterpe edulis* predomina em locais do bioma da Mata Atlântica com combinação de temperaturas elevadas e precipitações entre 1600 e 2800 mm, como nas regiões litorâneas do estado de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, onde apresenta desenvolvimento acelerado. Ocorrem naturalmente também em regiões de maior altitude, com temperatura amena e precipitação média de 1300 a 1500 mm (Bovi et al., 1987).

### **7.1 Temperatura**

As faixas de temperatura médias nas regiões de ocorrência de *Euterpe edulis* variam muito uma vez que é encontrada desde o litoral norte do Rio Grande do Sul até o estado de Pernambuco, e inclusive em algumas regiões específicas do estado de Goiás. Ocorre também em diferentes pisos de altitude, partindo do nível do mar até 1000 metros, como na região de Cunha, no estado de São Paulo, e na região do Caparaó, no Espírito Santo. Isso reforça a existência de ampla diversidade genética adaptada a essas condições microclimáticas específicas dessas localidades.

No limite inferior, tem-se a ocorrência frequente de geadas como fator limitante para o cultivo, no entanto, existe a tolerância a geadas moderadas em populações adaptadas às regiões onde ocorrem.

Levando em conta que plantas situadas na mesma latitude, mas em altitudes diferentes, tenham floradas em épocas distintas, é provável que não exista uma resposta direta ao fotoperíodo, mas, sim, ao aumento de temperatura na primavera que desencadeia o florescimento. Enquanto em regiões mais baixas e quentes o florescimento se inicia já em agosto, em regiões mais altas e frias ele pode se iniciar só em novembro/dezembro.

A redução da temperatura nos meses de inverno promove também uma redução no metabolismo da planta, de modo que nesse período ocorre uma redução nas taxas de emissão de folhas (Mantovani; Morellato, 2000).

## **7.2 Umidade**

O período que envolve a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas aparenta ser o mais crítico em relação ao déficit hídrico, e é quando se observa as maiores taxas de mortalidade, podendo chegar a 40% desde a emergência até os 4 anos de plantio (Bovi et al. 1987). Depois disso, a mortalidade diminui. A restrição hídrica pode impactar muito, especialmente se coincidir com o desenvolvimento dos frutos, implicando em queda acentuada. Entretanto, por se tratar de uma planta perene em que o desenvolvimento é contínuo, um período sem chuvas pode afetar, tanto a maturação, quanto a produção do próximo ano, a depender do período fenológico em que ocorrer.

De maneira geral períodos de até 3 meses com déficit hídrico são tolerados a depender do regime climático e da temperatura média do local, sendo que ecótipos originários de localidades em que há período seco mais pronunciado são mais adaptados. Em regiões do bioma do Cerrado, que apresentam estação seca de até seis meses, a palmeira juçara aparece apenas em matas de galeria, próximo a cursos d'água em que o lençol freático mais superficial garante o suprimento de água (Pereira, 2019).

## **7.3 Radiação**

A palmeira juçara é descrita por muitos autores como sendo uma planta de sub bosque, ocupando o estrato médio da Mata Atlântica. A necessidade de sombra nos estádios iniciais de desenvolvimento é associada a uma incapacidade das plantas jovens de suportar radiação solar direta, que no nível de solo da floresta não ultrapassa a 4% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), máxima de  $72 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Durante os dois anos de avaliação do experimento com mudas de *Euterpe edulis*, estas foram submetidas a níveis de radiação de 2 a 10% de RFA (máx. de  $180 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), de 20% de RFA (máx. de  $360 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) a 70% de RFA (máx. de  $1260 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e 100% da RFA (máx. de  $1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Houve incremento de 3 vezes nas taxas de crescimento relativo de 0,008 mg/dia para as plantas sob 6% de RFA e 0,02 mg/dia para as plantas a partir de 20 até 70% de RFA, crescendo bem, mas não apresentando aumento dentro desse gradiente de radiação. No entanto, em pleno sol (100% da RFA, máx. de  $1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), houve inibição do crescimento e mortalidade elevada (Paulilo, 2000).

Essa maior produtividade com o aumento da RFA foi acompanhada de alterações morfofisiológicas, como o aumento da espessura foliar, do teor de nitrogênio, da razão raiz/parte aérea, e diminuição da razão de área foliar, da área foliar específica e dos teores de clorofila b em relação à clorofila a. Entretanto não foram observadas essas mudanças entre 20 e 70% da RFA (Paulilo, 2000).

Não se observou alterações morfológicas como altura, diâmetro do colo, comprimento da ráquis e números de folhas em plantas de *Euterpe edulis* crescendo sob intensidade luminosa de 40 e 60% da RFA. O número de horas de sol, que está diretamente relacionado a quantidade de dias encobertos de determinada região, também influencia na adaptabilidade da espécie, sendo que o limite máximo estaria em torno de 4156 horas de insolação por ano (Vianna; Zambonim; Pandolfo, 2023).

### 13 Relações hídricas

A palmeira juçara é uma espécie sensível a períodos de déficit hídrico, principalmente nos estádios iniciais em que a mortalidade é bem elevada e também durante o florescimento em que ocorre acentuada queda de flores e baixa fixação de frutos. Apesar da sensibilidade do tema para essa espécie, não foi quantificada a capacidade das suas raízes de absorver água do solo e o limite de potencial negativo em que a planta já não acessa essa água.

As sementes de *Euterpe edulis* apresentam na maturação conteúdo de umidade em torno de 50%, e a manutenção dessa umidade é essencial para estabelecer a viabilidade do embrião. Bovi e Cardoso (1977) observaram que a germinação da espécie não é lenta devido a um embrião rudimentar, como se pensava a princípio, mas, sim, em função de um impedimento mecânico que dificulta a embebição da semente promovida pelo tegumento. Nos testes executados, observou-se que uma leve escoriação no poro germinativo da semente (já despolpada) facilita a absorção de água por ela e acelera o processo de germinação.

## 14 Solos, nutrição e micorrizas

Planta nativa silvestre adaptada às mais diversas condições de solo, no entanto, responde fenotipicamente quando se desenvolve em melhores condições de fertilidade, o que reflete diretamente na produção.

Por ter origem em ambiente florestal, beneficia-se muito da abundância de matéria orgânica no solo, apesar de tolerar solos quimicamente pobres. Possui tolerância a solos eventualmente encharcados, mas não permanentemente alagados. Bovi et al. (1988), citam a ocorrência de um povoamento de *Euterpe edulis* saudável e vigoroso em uma área encharcada por um período contínuo de 6 meses no ano.

Em relação as interações simbióticas da espécie, foi observada em plantas de palmito crescendo no município de Rio Pomba, MG, intensa colonização das raízes por micorrizas arbusculares do gênero *Scutellispora*. Avaliou-se a inoculação de sementes pré germinadas de juçara com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) no desenvolvimento inicial e na absorção de nutrientes pela muda. Os esporos de FMA coletados em três ambientes (mata nativa, plantio de juçara e cultivo agrícola) e as plantas de palmito foram avaliadas em relação ao seu crescimento e absorção dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg nos tecidos vegetais. A inoculação teve efeito positivo independente da fonte do inóculo, apresentando incremento na biomassa seca da parte aérea e da raiz das mudas em 43% e 61%, respectivamente. Em relação a absorção de macronutrientes, a inoculação com esporos e FMA provenientes de plantios de juçara apresentou a melhor resposta, aumentando o acúmulo de todos os nutrientes avaliados (Moreira et al., 2011).

Não há na literatura relatos de experimentos realizados para compreender a resposta da palmeira juçara à aplicação de nutrientes após o plantio no local definitivo, apenas durante a fase de produção e mudas, em que ocorre resposta favorável à aplicação de fósforo na proporção de 1 g de Superfosfato simples por kg de solo, e também de esterco bovino, enquanto que a adição de calcário na dose de 25 g por muda mostrou efeito inibidor ao desenvolvimento (Aguiar; Kanashiro, 1992; Bovi; Godoy Jr.; Saes, 1988). Ainda assim, observa-se que plantas crescendo em condições melhores, do ponto de vista nutricional, mostram-se mais vigorosas e produtivas.

Com o objetivo de fazer uma primeira aproximação quanto a necessidade de nutrientes para o cultivo, Zambonim (2011) propôs uma recomendação de adubação para *Euterpe edulis* no estado de Santa Catarina, baseado na extração de nutrientes pela colheita dos frutos para uma produção estimada de 4 toneladas de frutos por hectare, sugerindo um aumento extra para cada tonelada adicional produzida (Tabela 1).

**Tabela 1.** Recomendação para adubação de crescimento e de produção de frutos do *E. edulis*, considerando-se uma densidade de 834 plantas/ha e produtividade média de 4 t/ha (Adaptado de Zambonim, 2011).

| Idade<br>(Ano) | Nitrogênio          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|----------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
|                | -----g/ planta----- |                               |                  |
| 0 a 1          | 20                  | -                             | 20               |
| 1 a 2          | 35                  | 30                            | 40               |
| 2 a 3          | 55                  | 40                            | 60               |
| 3 a 4          | 70                  | 55                            | 80               |
| 4 a 5          | 90                  | 70                            | 100              |
| 5 a 6          | 135                 | 110                           | 150              |
| 6 a 7          | 135                 | 110                           | 150              |

<sup>1</sup>Adubação de crescimento: entre os anos 0 e 5; adubação de produção: a partir do ano 5. Para produtividades superiores a 4 t/ha, adicionar à adubação de produção, em g/ planta: 11 de N; 10 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 12 de K<sub>2</sub>O, para cada tonelada adicional.

## 15 Florescimento e frutificação

A ocorrência de alternância na produção de frutos entre os anos é observada frequentemente (Silva; Reis, 2018). No esforço de investigar as principais causas nesse fenômeno, é conveniente compreender como ocorre o evento da frutificação em palmeiras e quais as implicações fisiológicas associadas a ele. Assim como em outras plantas perenes, a bienalidade pode ter muitos fatores envolvidos, inclusive a combinação deles, no entanto, podemos destacar o balanço energético e a relação fonte/dreno como protagonistas.

As plantas anuais, de maneira geral, têm ao longo de um ciclo primeiramente uma etapa de amplo desenvolvimento vegetativo e, posteriormente, uma fase reprodutiva na qual direciona a maior parte da sua energia e nutrientes assimilados para formação de frutos e sementes, senescendo em seguida. Por sua vez, as plantas perenes não apresentam essa distinção de maneira tão acentuada nas de modo que ambas as fases podem coincidir num mesmo período e o metabolismo da planta é obrigado a dividir os fotoassimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos. Acontece que a força de dreno exercida pela formação de flores, frutos e sementes é muito forte, e cargas maiores de frutos tendem a esgotar a planta e acarretar na diminuição, e até a ausência de frutificação na safra seguinte.

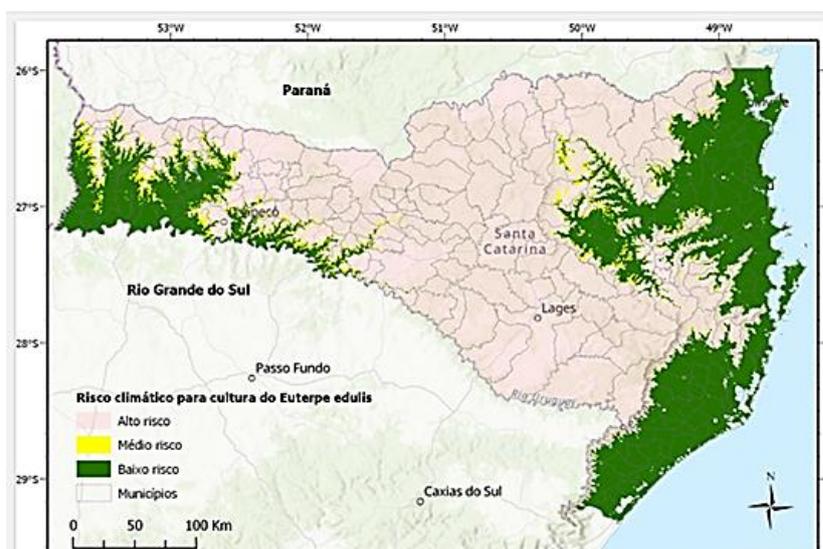
Os meristemas reprodutivos que existem nas axilas de todas as folhas de *Euterpe edulis* podem se desenvolver ou abortados a depender do suprimento nutricional no período inicial de desenvolvimento das inflorescências (Butignol, 1992). Isso se deve ao aspecto do balanço de energia no desenvolvimento, pois enquanto a planta está enchendo os frutos (maturação), ela também está diferenciando os cachos para o próximo ano, e, em alguns casos, o florescimento pode ocorrer durante a maturação dos frutos da safra anterior.

Uma palmeira em pleno sol, em bordas de fragmentos e quintais, pode apresentar até 6 inflorescências emitidas num único ano, enquanto palmeiras localizadas no interior da floresta

secundária apresentam, no máximo, 5 inflorescências, sendo 2 a 3 mais frequentes. Ainda assim, essas plantas que emitem mais de uma inflorescência estão associadas aos locais com maior luminosidade, como clareiras e na borda de fragmentos (Mantovani; Morelato, 2000).

## 16 Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

Um estudo realizado por pesquisadores da EPAGRI de Santa Catarina propôs estabelecer um zoneamento agroclimático para o cultivo de *Euterpe edulis* no estado. O modelo criado cruzou as informações de relevo, altitude, precipitação, temperatura média, insolação e umidade relativa. Do ponto de vista climático, a ocorrência de juçara em SC é preferencial em temperaturas médias anuais superiores a 17,4°C, em insolações anuais inferiores a 4156 horas, em umidades relativas superiores a 80,9%, e em altitudes inferiores a 574 m; cruzando essas informações foi possível delimitar as áreas preferenciais para o cultivo e restauração, assim como áreas possíveis para o cultivo, com risco de geada menor que 25% (Figura 3), de acordo com Vianna, Zambonim e Pandolfo (2023).



**Figura 3.** Mapa de risco climático para a cultura de *Euterpe edulis* (Adaptado de Vianna et al., 2023).

## 17 Estratégias para altas produções

A característica fisiológica da espécie que requer sombreamento parcial durante seu desenvolvimento inicial implica na necessidade de promover sombreamento temporário do momento da implantação até por volta do terceiro ano, quando essa sombra deve ser removida gradualmente, para que as plantas possam adaptar seu fotossistema e não ocorra estresse repentino (Bovi, 1988). Esse sombreamento temporário pode ser atingido com espécies arbóreas ou arbustivas, podendo ser outra cultura como a bananeira ou até mesmo plantas de

crescimento rápido cultivadas exclusivamente para esse fim, como feijão guandú (*Cajanus cajan*) e Flemínea (*Flemingea* sp).

Prover às plantas nutrição adequada é essencial no período de formação, quando ela ainda não entrou em reprodução e está desenvolvendo seus órgãos para sustentar produções elevadas. Bovi et al. (1988) sugerem que o armazenamento de reservas no estipe de palmeiras está diretamente relacionado à capacidade de manutenção de atividade reprodutiva ao longo dos anos.

A palmeira juçara é uma espécie silvestre, de ocorrência ampla ao longo da Mata Atlântica, ainda não domesticada, e por isso, a despeito da enorme redução das suas populações naturais pela exploração do seu palmito, existe ainda uma grande diversidade genética entre populações e indivíduos (Pereira, 2019). Essa variabilidade genética cria uma oportunidade para que seja feito melhoramento da espécie nos aspectos desejados para a produção de frutos, como produtividade, precocidade, porte baixo, baixa bienalidade. Essa provavelmente é a estratégia atual que mais traria ganhos de produtividade para os plantios comerciais.

## **18 Efeito de reguladores vegetais**

Bovi et al. (1977) testou o emprego de ácido giberélico em sementes de *E. edulis* comparando com diferentes técnicas para avaliar efeito da germinação. Os resultados apontaram que o uso de ácido giberélico não aumentou as taxas de germinação, e em alguns casos provocando sua inibição.

Nos programas de melhoramento genético de plantas perenes, dentre os diferentes métodos possíveis, os pomares clonais produzem as sementes de qualidade genética (Nodari; Fantini, 2000). Para formar esses pomares clonais de indivíduos geneticamente superiores oriundos de testes de progênie, no caso da palmeira juçara, é feita a utilização do processo de clonagem por embriogênese somática, uma vez que outros métodos não são conhecidos. Nesse processo é essencial o uso de reguladores vegetais (Guerra et al. 2000).

## **19 Senescência e aproveitamento de resíduos**

Não se tem registro preciso da idade máxima produtiva da espécie. É citada a existência de áreas com mais de 35 anos de implantação ainda produzindo (Bovi et al., 1988). Em áreas produtivas no Espírito Santo, a ocorrência de palmeiras de mais de 50 anos foi mencionada (Barreto, comunicação pessoal, 2023). A maior questão para plantios comerciais

da palmeira juçara é a economicidade da colheita, que fica muito difícil quando a planta fica muito alta.

No passado, quando havia grande abundância de palmeira juçara nas matas, os usos da espécie iam além do aproveitamento do palmito e dos frutos, a madeira do estipe era usada nas construções rurais, nas paredes de taipa e nos telhados, as folhas eram utilizadas na cobertura de casas e ranchos, assim como na fabricação de cestarias e trançados.

Atualmente, com a industrialização dos frutos, o principal produto da cultura são as sementes sem o mesocarpo carnoso. Essas sementes não perdem o poder germinativo e podem ser empregadas em repovoamentos de áreas naturais em que já não ocorre a espécie em função da exploração predatória no passado para a exploração de palmito. Entretanto, a grande quantidade de sementes provenientes das agroindústrias pode ser empregada como ingrediente alternativo na fabricação de ração animal (Melman - Observação pessoal, 2023).

## Referências

- AGUIAR, F.F.A.; KANASHIRO, S. Influência da calagem, adubação mineral e orgânica sobre o crescimento inicial do palmiteiro *Euterpe edulis* Mart. - Palmae. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992. **Anais...** p. 630–633.
- BOTÂNICO, M.P.; ANGYALOSSY, V. Is the secondary thickening in palms always diffuse? **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 4, p. 1461–1472, 2013.
- BOVI, M.L.A.; GODOY JR., G.; SAES, L.A. Pesquisas com os gêneros *Euterpe* e *Bactris* no Instituto Agrônomo de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1., 1988, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA, CNPF, 1988. p. 1-18.
- BUTIGNOL, C.A. Escala de desenvolvimento para palmeiras de folhas pinadas (Resumo). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 583–584, 1992.
- HENDERSON, A. The genus *Euterpe* in Brazil. **Sellowia**, Florianópolis, v. 49, p. 1–22, 2000.
- HENDERSON, A.; GALEANO, G. *Euterpe, Prestoea, and Neonicholsonia (Palmae)*. v. 72.
- Mac FADDEN, J. **A produção de açaí a partir do processamento dos frutos do palmiteiro (*Euterpe edulis* Martius) na Mata Atlântica**, 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - entro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
- MANTOVANI, A.; MORELATO, L.P.C. Fenologia da floração, frutificação, mudança foliar e aspectos da biologia floral do palmiteiro. **Sellowia**, Florianópolis, v. 49, p. 23-38, 2000.

MENEZES NETO, M.A. et al. Seed and seedling anatomy in *Euterpe oleracea* Mart. during the germination process. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 8, n. 2, p. 1147-1152, 2010.

MILLER, R.P.; NAIR, P.K.R. Indigenous agroforestry systems in Amazonia: from prehistory to today. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 66, p. 151–164, 2006.

MOREIRA, S.L.S. et al. Micorrizas arbusculares em *Euterpe edulis* Martius (Palmeira Juçara). **Cadernos de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 2009–2012, 2011.

MOREIRA, S.L.S. et al. Growth and nutrients uptake in *Euterpe edulis* Martius inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 2, p. 169–176, 2016.

PANZA, V.; LÁINEZ, V.; MALDONADO, S. Seed structure and histochemistry in the palm *Euterpe edulis*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 145, n. 4, p. 445–453, 2004.

PAULILO, M.T.S. Ecofisiologia de plântulas e plantas jovens de *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae): comportamento em relação à variação de radiação solar. In: REIS, M.S. dos; REIS, A. (Ed.). ***Euterpe edulis* Martius - (Palmitreiro): biologia, conservacao e manejo**. Itajaí: Herbario Barbosa Rodrigues, 2000. p.93-105

PEREIRA, A.G. **Distribuição de *Euterpe edulis* Martius na mata atlântica revela diferentes níveis de variabilidade genética: implicações para a conservação**. 2019. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.

SILVA, J.Z.; REIS, M.S. Fenologia reprodutiva e produção de frutos em *Euterpe edulis* (Martius). **Ciência Florestal**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 295-309, 2018.

SILVA, J.Z.; LAUTERJUNG, M.B.; REIS, M.S. Influence of reproduction and basal area on the increment of *Euterpe edulis*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 27, n. 4, e20180058, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.005818>

VIANNA, L.F.N.; ZAMBONIM, FM.; PANDOLFO, C. Potential cultivation areas of *Euterpe edulis* (Martius) for rainforest recovery, repopulation and açai production in Santa Catarina, Brazil. **Scientific Reports**, Tokyo, v. 13, n. 1, 2023.

# PIMENTEIRAS



PIMENTEIRAS (*Piper* spp.)

David Santos Rodrigues

## 1. Origem e distribuição geográfica

Os primeiros registros conhecidos do gênero *Piper* remontam a Índia, mais precisamente a costa de Malabar, graças aos tratados de Hendrik van Rheedee. Nesse registro foram identificados 5 tipos de pimentas selvagens por volta de 1678, incluindo duas espécies de alto valor econômico pimenta preta, ou pimenta-do-reino (*P. nigrum*) e pimenta longa (*P. longum*) (Sen; Rengaiyan, 2021).

Outras fontes de pesquisa relataram que as espécies de *Piper* surgiram no período Cretáceo no sudeste da Ásia, por volta de 110 milhões anos atrás, e se espalhou pela Índia peninsular por volta de 33 milhões a 23 milhões de anos atrás. Contudo, não se tem uma precisão a respeito da exata linha do tempo da domesticação desse gênero, mas é sabido que o cultivo mais antigo se estabeleceu na região de Kerala na Índia.

O cultivo de pimenteiras tornou a Índia muito atrativa para o comércio do produto. A busca pelas especiarias teve grande impacto geopolítico no mundo, norteando o curso das grandes navegações rumo à região. Nessa época a pimenta-do-reino se tornou conhecida como rainha das especiarias e ouro negro. Mesmo antes, os reis egípcios buscavam a pimenta-do-reino para produzir perfumes e temperos.

Os maiores produtores de pimenta são: Índia, China, Vietnã, Brasil, Indonésia e Malásia, sendo que a produção anual de pimenta chegou a 431.000 toneladas em 2016. Este montante é usado na produção de especiarias, na indústria de cosméticos e farmacêutica, tendo diversas menções às melhorias de saúde, como proteção oxidativa, melhoras no trato digestivo e propriedades anti-inflamatórias (Oliosí; Oliveira; Partelli, 2021).

A maior concentração de espécies desse gênero está localizada nos trópicos americanos, que contém por volta de 1.804 espécies, seguido pelos trópicos asiáticos, que abrigam 600 espécies, e do Pacífico Sul que contém 78 espécies. Constituem-se em um grupo muito diversificado e que ocorre em qualquer região dos trópicos (Khew et al., 2022a; Sen; Rengaiian, 2021).

As florestas de Ghats Ocidentais, localizadas na Índia, são consideradas o maior centro de cultivo do planeta. De lá, seu plantio foi espalhado para diversas partes do mundo, tais como Sri Lanka, Malásia, Indonésia, Brasil, América Latina, Sudeste e Sul da Ásia. Essa ampla distribuição torna a pimenta uma planta muito difundida ao redor do globo (Salehi et al., 2019).

O número de espécies do gênero ainda é difícil de estabelecer, devido a numerosa quantidade de táxons, resultando assim, em diversos sinônimos. Além disso, algumas espécies são muito cultivadas e estudadas, tais como a *P. nigrum*. Contudo a grande maioria continua sendo de espécies não domesticadas e têm uma área de distribuição ainda restrita.

A pimenta-do-reino é uma das especiarias mais comercializadas no mundo, representando cerca de 20% do total de vendas. Esta especiaria é produzida a partir dos frutos maduros que são secos ao sol. Aliado ao sabor dessa especiaria, a pimenta possui a piperina, um alcaloide que tem sido relacionado a diversos benefícios à saúde humana tais como: propriedades antioxidantes, antibacterianas e anticancerígeno.

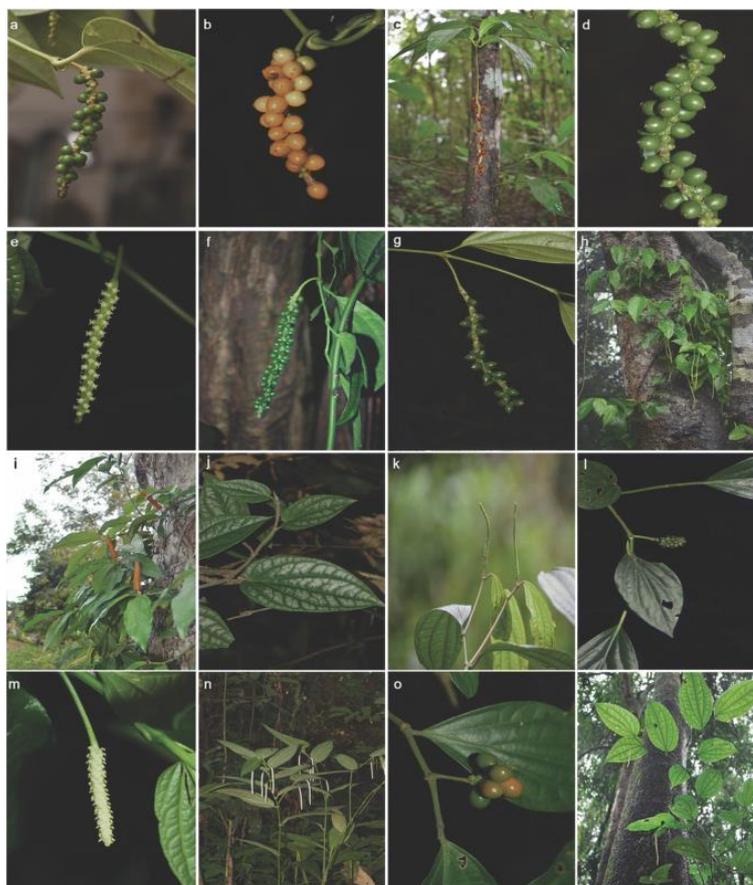
Além da importância econômica, este gênero possui uma grande importância ecológica nas florestas tropicais. Morcegos e formigas estão envolvidos com a dispersão de sementes do mesmo, e se utilizam dos metabólitos secundários das plantas para fins nutricionais, assim contribuindo para o equilíbrio das florestas.

## 2. Classificação botânica e morfologia

**Tabela 1.** Classificação Botânica conforme Cronquist, Engler e APG

|                | <b>Cronquist</b> | <b>Engler</b>   | <b>APG IV</b>    |
|----------------|------------------|-----------------|------------------|
| <b>Reino</b>   | Plantae          | Plantae         | Plantae          |
| <b>Divisão</b> | Magnoliophyta    | Angiospermae    | Angiospermas     |
| <b>Classe</b>  | Magnoliopsida    | Archichlamydeae | Eudicotiledôneas |
| <b>Ordem</b>   | Piperales        | Piperales       | Piperales        |
| <b>Família</b> | Piperaceae       | Piperaceae      | Piperaceae       |
| <b>Gênero</b>  | <i>Piper</i>     | <i>Piper</i>    | <i>Piper</i>     |

O gênero *Piper* faz parte da classe das Dicotiledônias, ordem Piperales e da família Piperaceae, possui mais de 2.000 espécies conhecidas. Sendo um dos gêneros mais antigos e presentes no mundo. Na Figura 1 podemos observar algumas espécies do gênero.



**Figura 1.** Principais espécies do gênero *Piper*. a) *P. nigrum*; b) *P. schmidtii*; c) *P. barberi*; d) *P. spp.*; ad) (*Piper sensu* Miquel (1844) s. str. Clade); e) *P. wightii*; f) *P. hymneophyllum*; g) *P. spp.*; h) *P. argyrophyllum*; i) *P. longum*; j) *P. sylvaticum*; k) *P. hookeri*; l) *P. peepuloides*; m), n) *P. spp.*; o) *P. spp.* (Adaptado de Sem e Rengaiyan, 2021).

As dicotiledôneas possuem dois cotilédones no interior de suas sementes. O cotilédone tem função de reserva, órgão fotossintético e funcionar como fonte de matérias necessários

para o desenvolvimento da plântula. Na morfologia de folhas, de modo geral, as folhas de eudicotiledôneas, são paralelinérveas ou palminérveas com bainha ausente, ou pouco desenvolvida, e nervuras ramificadas. Elas também possuem flores pentâmeras ou tetrâmeras.

As folhas de pimenteira são adaptadas para captar luz em baixas intensidades luminosas com grande eficiência, sendo notável que à medida que ocorre o crescimento da planta, as folhas promovem o sombreamento mútuo. Assim, tem-se a importância das folhas de sol, que possuem parênquima paliçádico e lacunoso bem diferenciado, além de possuírem células mais alongadas em direção à superfície foliar. Esses fatores ajudam na captação de luz.

As folhas são protegidas por epiderme cutinizada, as trocas gasosas são muito limitadas aos ostíolos estomáticos. As células guardas são capazes de abrir e fechar as aberturas estomáticas. Os estômatos estão presentes em todas as partes aéreas da planta, sendo mais abundantes nas folhas.

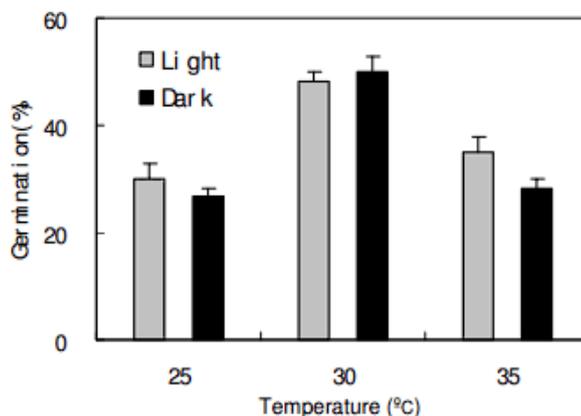
### **3. Germinação e propagação vegetativa**

Sementes de pimenta-do-reino são altamente afetadas pela temperatura, sendo que a temperatura ótima de germinação varia de 30 a 35°C. Temperaturas acima de 40°C e abaixo de 20°C, já inviabilizam a germinação das sementes. Isto ocorre porque a temperatura afeta a absorção inicial de água que a semente utilizará para germinação e os processos bioquímicos necessários para a divisão celular (Li et al., 2010).

Outro fator crítico é a umidade, espécies de Piper que ocorrem em climas mais úmidos são mais sensíveis à seca, a diminuição do potencial hídrico no solo diminui a embebição das sementes, afetando a degradação do amido no endosperma, ocasionando déficit de energia para o desenvolvimento do embrião (Valentin-Silva et al., 2022).

Sementes de pimenta-do-reino demoram a emergir, levando até 90 dias, isto mostra uma acentuada dormência que se deve à presença de uma capa seminal muito dura. Para quebrar a dormência, pode-se aplicar ácido sulfúrico por alguns minutos.

Em experimento realizado por Li et al. (2010), testando a influência da temperatura, luz e reguladores vegetais na germinação de sementes de pimenta-do-reino, foi constatado que as sementes dessa espécie podem germinar sem a presença da luz (Figura 2).



**Figura 2.** Germinação de sementes na presença e na ausência de luz (Adaptado de Li et al., 2011).

Nas mudas, respostas mais rápidas à temperatura e ao potencial hídrico indicam que o clima é o fator mais crítico para o seu estabelecimento; temperaturas de 25 a 30°C tendem a serem ideais para a produção de mudas (Valentin-Silva et al., 2022).

A propagação da pimenta-do-reino é feita por estacas, porém, pode também ser efetuada por sementes. Para o melhoramento da produção e manutenção da qualidade, é indicada a propagação por estacas, assim, reduz-se o tempo para o início da produção de frutos e a constituição genética é mantida (Teles et al., 2023).

De acordo com a EMBRAPA (2004), as mudas da pimenta-do-reino devem ser obtidas pelo método de estaquia, através de estacas enraizadas, e ter as seguintes características:

- ser proveniente de ramo ortotrópico ou de crescimento, de alto vigor e com idade compreendida entre um a três anos;
- possuir de dois a três nós com uma folha madura no nó superior;
- devem ser acondicionadas em sacos plásticos de dimensões mínimas de 15 cm de largura por 20 cm de altura, para serem comercializadas;
- ter de três a seis meses, a contar do plantio no viveiro;
- a brotação deve estar semilenhosa com três a cinco folhas maduras.

A estaca não enraizada é considerada como material de multiplicação, e não muda, e deve ter as seguintes características:

- provir de matriz de produtor de mudas fiscalizadas;
- ser retirada de pimenteira selecionada, de ramo ortotrópico, com dois a três nós, e uma folha madura no nó superior.

Na produção de mudas pelo método convencional, são utilizadas estacas semilenhosas (cascas com partes verdes e pardas), com três a cinco nós, desprovidos de folhas. As plantas matrizes devem ter de dois a quatro anos, bom desenvolvimento vegetativo, boa produção e bom estado fitossanitário.

Deve-se realizar a poda para garantir a produção de brotos principais dentro de 4-6 meses após o plantio e para induzir o desenvolvimento de brotos laterais. A poda é essencial para aumentar a produtividade. Três rodadas de poda são suficientes para obter o número necessário de brotos trepadores, bem como arbustos adequados, a poda do crescimento terminal indesejado estimulou o desenvolvimento de brotos laterais e a produção de espigas.

Esse método de propagação por estacas semilenhosas foi praticamente abandonado por causa da desuniformidade das plantas no primeiro ano de cultivo, da perda de material no campo, da necessidade de poda de formação e por causa da comprovação da disseminação dos patógenos *Fusarium solani* f. sp. piperis e do vírus causador do mosaico (CMV-Pn) por estacas oriundas de pimentais afetados.

O escoramento, com uso de tutores, é geralmente feito de duas maneiras: Uma se dá pelo uso do tutor morto, a outra é feita com tutor vivo. Com o tutor morto, os padrões não vivos usados incluem postes de concreto armado, pilares de granito e postes de teca que requerem alto investimento inicial em comparação com os padrões. Padrões de madeira morta são usados na Malásia, Brasil e Indonésia. A madeira usada no Brasil é de lei ou tratada, e atenta-se ao emprego de madeiras resistentes ao apodrecimento e que tenham cerca de 3 m. Este método facilita o espaçamento mais próximo, resultando em rendimentos mais altos. No caso do tutor vivo, que se caracteriza pelo uso de árvores como suporte vivo, é muito comum o emprego de gliricídia (*Gliricídia sepium*).

Após a fixação do tutor, realiza-se a amarração com fita plástica ou barbante do ramo ortotrópico ao tutor. Este procedimento facilita a adesão das raízes de sustentação. É importante verificar esse procedimento até que a planta atinja o ponto mais alto do tutor, assim garantindo sua formação completa. O método de tutoramento com uso de estaquias pode ser observado na Figura 3.



**Figura 3.** Pimentas-do-reino cultivadas pelo método da estaquia no estado do Pará. (Adaptado de Embrapa, 2004).

Idealmente esses tutores devem ser verticais, esguios, rugosos e resistentes, além de não competirem por água, nutrientes ou radiação solar e ter valor comercial após o período de produção. As plantas que podem servir como tutores incluem a jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam); Sumaúma (*Ceiba* ssp.); Eritrina (*Erythrina* ssp.); Areca catechu (*Areca catechu* L.), Gliricídia (*Gliricidia sepium* ssp.), Cajazeiro (*Spondias mangifera*), *Garuga pinnata* e *Grevillea robusta*.

Os produtores utilizam tutores vivos ou estacas de madeira nos pimentais. No Brasil, destaca-se o uso de estações de madeira-de-lei no cultivo da pimenta e tem contribuído para a extração desordenada de árvores das principais espécies utilizadas para extração de estacas para tutoramento.

Dentre essas espécies, destaca-se o acapú, que é uma leguminosa fixadora de nitrogênio intensamente explorada na Amazônia em virtude da durabilidade de sua madeira, e tem sido a principal espécie utilizada pelos agricultores como tutor para a cultura da pimenta-do-reino.

Já o método por sementes, possui mais utilidade em pesquisa na área de melhoramento genético, pois a propagação por sementes origina plantas que irão demorar a produzir. Sendo assim, as mudas herbáceas se destacam por evitar a disseminação da fusariose e do mosaico, reduzir perdas de material no campo, possibilitar maior uniformidade da produção e otimizar algumas práticas culturais, como a chamada “capação”, que consiste em eliminar a primeira floração, e da poda de formação. A micropropagação também é utilizada para propagar a pimenta-do-reino, porém a rentabilidade é um fator limitante.

A época ideal para o plantio definitivo das mudas de pimenta-do-reino no campo é no início das chuvas, devido sua melhor distribuição, e pode ser feito em qualquer época do ano, mas principalmente em torno do mês de junho. Quando as mudas são preparadas em sacos plásticos, deve-se ter o cuidado de removê-los antes do plantio. Após plantadas, as mudas devem ser protegidas do sol com folhas de palmeiras, como coqueiro, piaçava, açaí, babaçu, dendê e inajá, entre outras.

Na produção das mudas existem dois tipos de tutores, os inclinados e os verticais. O primeiro é recomendado para produtores que preparam suas próprias mudas, já o segundo é mais utilizado por viveiristas que tem o foco comercial na produção e venda de mudas. No entanto, ambos os sistemas se assemelham; a diferença é que, no vertical, o plantio é feito a pleno sol. Na implementação do matrizeiro é recomendado solo bem drenado, ligeiramente inclinado, próximo da fonte de água.

O local de propagação pode ser coberto com folhas de palmeira e devem ser irrigadas diariamente, evitando o encharcamento. As estacas são colocadas de forma inclinada, visando diminuir a transpiração. Após a brotação deve ser feito o transplante para sacolas. O tempo na sacola dura cerca de 30 dias, sendo que em viveiros comerciais o tempo de permanência nas câmaras de enraizamento dura apenas 15 dias, que é o ideal para emissão de novas raízes na região nodal.

#### **4. Desenvolvimento de raízes, caule e das folhas**

Algumas espécies são plantas trepadeiras que se fixam aos troncos das árvores e suas raízes são semelhantes às das heras (Sen; Rengaiyan, 2022). A fixação das raízes é diretamente afetada pela umidade do solo. Foi observado que, em estações chuvosas, ocorre maior fixação de raízes e, em situações de déficit hídrico, têm-se diminuição do crescimento radicular, sugerindo que estas plantas crescem rapidamente durante as chuvas para melhor se adaptarem ao período de seca (Valentin-Silva et al., 2022).

As espécies *Piper longum* (Pimenta longa), *Piper nigrum* (Pimenta-do-reino) e *Piper cubeba* (Cubeba) são consideradas, respectivamente, plantas perenes, arbustos lenhosos e trepadeiras (Drissi et al., 2022; Khwe et al., 2023). A altura dessas plantas varia de 90 cm a 15 m de comprimento. Predominam folhas ovais-oblongas ou lanceoladas, ápice acuminado, base um tanto desigual, inteiras, com 5–15 cm por 4 cm de largura, a planta tem uma produção de 50-60 frutos e presença de flores sem perianto dispostas em espigas terminais condensadas (Biswas et al., 2022; Drissi et al., 2022).

Um menor comprimento radicular foi observado em pimentas cultivadas sob temperaturas extremas de cultivo, sendo uma resposta comum, tanto em pimentas cultivadas, como silvestres. Isto indica que a temperatura afeta o crescimento radicular, podendo causar diminuição da divisão celular e absorção de água (Li et al., 2010; Valentin-Silva et al., 2022).

O sistema radicular pode ser tipo pivotante ou axial, uma raiz principal se desenvolve e suas ramificações auxiliam na captação de nutrientes. A partir da raiz principal, as outras raízes se desenvolvem, crescem e se ramificam. A pimenta-do-reino possui um conjunto de 3 a 6 raízes principais que se aprofundam no solo e um conjunto de raízes laterais fasciculadas. Localizadas nos 30 cm superficiais do solo, com raio de 60 cm ao redor da planta. Com o aumento da idade, ocorre a diminuição das radículas. Em plantas com 30 a 42 meses há uma maior porcentagem de radículas entre 70 e 105 cm de raio da planta.

Em relação às folhas, em uma única planta ocorrem diferenças entre as folhas crescendo em posições distintas na copa, devido à quantidade de luz que recebem. O crescimento foliar é direcionado pela disposição da luz durante o crescimento da planta. O número de estômatos varia entre as espécies, assim como a densidade dos estômatos.

As pimentas em geral possuem dois tipos de caules: ortoprópicos, que são retos, possuem entrenós longos, com uma folha e raízes em cada nó aderidos aos turtores; e os plagiotrópicos, que se originam nos entrenós dos caules ortotrópicos e dão origem às inflorescências. Esses são de entrenós mais curtos, sendo que cada nó possui uma folha e uma gema que contém primórdios de outras folhas. A poda pode induzir a um maior número de ramos florais e de folhas.

## **5. Efeitos de fatores ecológicos**

A pimenta é uma planta típica de regiões de clima quente e úmido. Ela necessita, para o seu bom desenvolvimento e produção, altas temperaturas do ar, chuva e umidade, além de valores apropriados de radiação solar. A temperatura do ar afeta a maioria dos processos físicos e químicos das plantas e considera-se que cada espécie exige um ótimo de amplitude térmica e temperaturas máximas e mínimas, além das quais a planta não se desenvolve satisfatoriamente.

A cultura da pimenta-do-reino é muito influenciada pelas condições do ambiente, tais como disponibilidade de água, temperatura do ar, radiação solar e umidade do solo, as mudanças climáticas futuras poderão limitar severamente a produção de pimentas (Oliosí; Oliveira; Partelli, 2021).

Tal condição requer a manutenção do solo com bom suprimento de água para evitar queda de produção e implica na necessidade de irrigação em locais que apresentem período seco. Plantas de pimenteira-do-reino irrigadas apresentam melhor desenvolvimento vegetativo, menor índice de incidência de podridão das raízes e maior longevidade, reduzindo em 40% as perdas de produção. No município de Paragominas, pimentais irrigados com 13 anos de idade se apresentam em plena produção.

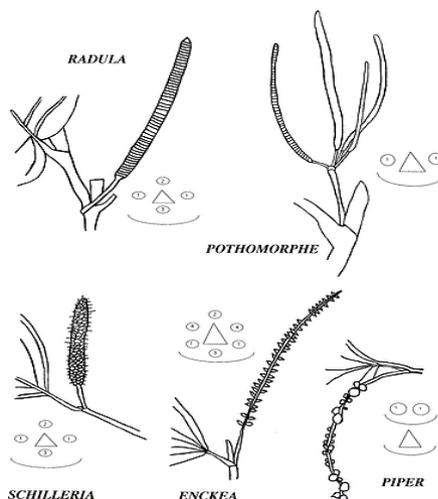
O vento pode causar perdas na cultura das pimentas, portanto, recomenda-se locais com pouca incidência de ventos. Além disso, o vento pode causar a perda de umidade nas áreas de plantio.

Sendo essa planta típica de regiões de clima quente e úmido, ela necessita, para o seu bom desenvolvimento e produção, altas temperaturas, chuva e umidade do ar, além de valores apropriados de radiação. A temperatura do ar afeta a maioria dos processos físicos e químicos das plantas e considera-se que cada espécie exige um ótimo de amplitude térmica e temperaturas máximas e mínimas, além das quais a planta não se desenvolve de forma adequada.

## **6. Florescimento e frutificação**

Estudos sobre a floração das espécies de *Piper* mostram que o androceu se desenvolve bilateralmente com estames iniciados em pares ou individualmente. A iniciação começa por um dos pares laterais e segue por um único mediano anterior e, após isso, apenas um mediano posterior e, por fim, três ou quatro carpelos são iniciados simultaneamente a partir de um anel ginecial (Jaramillo; Manos, 2001), como pode ser notado na Figura 3.

A inflorescência em *Piper* é considerada terminal. O tipo solitário é o mais presente nas espécies, porém, estudos sobre a inflorescência de pimenta ainda são escassos. O tempo de floração se constitui em um dos grandes entraves da produção de pimenta, pois este é considerado inconsistente devido à natureza masculina, feminina e hermafrodita da flor, afetando a produção das bagas (Jaramillo; Manos, 2001).



**Figura 4.** Morfologia da inflorescência e estrutura floral. Os nomes correspondem a grupos tradicionalmente reconhecidos dentro do gênero *Piper*. Em cada diagrama floral, os círculos são os estames, os triângulos são os ovários tricarpelados e as linhas arqueadas representam as brácteas subjacentes. A ordem de iniciação do estame é indicada por sequência numérica (Adaptado de Jaramillo e Manos, 2001).

A floração e a frutificação são eventos anuais em pimentas, contudo, os tempos de floração e frutificação não são iguais para todas as espécies, estes fenômenos estão relacionados com a influência de fatores bióticos, tais como polinizadores e dispersores de sementes, e também do clima. Algumas espécies podem ter inflorescências latentes, recurso que pode surgir da necessidade de sobreviver a estresses. Isto pode ter influência nas fases fenológicas seguintes, como a produção de frutos (Valentin-Silva et al., 2018).

A inflorescência é do tipo espiga, que pode ser chamada de amentilhos, constitui-se de flores aperiantadas, atingindo de 10 a 20 cm e 150 grãos. A fecundação geralmente se dá entre flores da mesma espiga. O fruto é do tipo drupa, indeiscente, proveniente de um único óvulo (Kumar; Sasikumar; Kunhamu, 2021).

A maturação varia de acordo com a região em que a planta é cultivada, no Brasil ela floresce de junho a setembro no estado do Pará; na Bahia e Espírito Santo de março a abril e de outubro a novembro. O período de floração é de aproximadamente 6 meses, dependendo do cultivar.

## 7. Fotossíntese

A fotossíntese das pimentas é caracterizada como C3. Nessas plantas ocorre a carboxilação, primeira reação ciclo C3, que é catalisada pela ribulose 1,5-bifosfato carboxilaseoxigenase (rubisco), enzima que pode combinar, tanto com o CO<sub>2</sub>, quanto com o O<sub>2</sub>. Quando a rubisco atua como oxigenase, pode haver perda de carbono em um processo

denominado fotorrespiração, o que reduz a produtividade dessas plantas, podendo, até mesmo, inviabilizar o seu desenvolvimento.

Caso ocorram déficits hídricos em alguma fase do desenvolvimento vegetal, a fotossíntese será afetada em razão das aberturas dos estômatos ficar comprometida. Foi relatado por Damatta et al. (2006) que os processos fotossintéticos da pimenta são sensíveis. Seja por meio do efeito fotoquímico, ocorrendo deficiência no funcionamento do FSII, e a degradação dos tilacoides, mas também por problemas bioquímicos como a desativação da rubisco e de outras enzimas do ciclo da Calvin.

O uso de sombreamento pode diminuir as perdas por fotorrespiração das plantas de pimenta, resultando em melhores taxas líquidas de fotossíntese, condutância estomática do vapor de água, manutenção da transpiração, eficiência no uso de água e preservação fotoquímica da pimenta-do-reino (Oliveira et al., 2018).

Plantas consorciadas sombreadas apresentaram alguma vantagem quanto à taxa fotossintética ao meio-dia e à tarde, e especialmente no verão, quando comparadas com plantas de pimenta cultivadas em condição de pleno sol, devido à manutenção de temperatura um pouco mais baixa e umidade relativa mais alta na atmosfera próxima à planta de pimenta-do-reino, implicando alguma vantagem para tais sistemas de consórcio para mitigar os possíveis efeitos do aquecimento.

A fotossíntese da pimenta-do-reino também pode ser negativamente afetada pela falta de nitrogênio no solo. Foi verificado que quanto mais nitrogênio no solo, menor é a taxa fotossintética e o teor de clorofila nas folhas, portanto é necessário se atentar ao equilíbrio de nutrientes presentes no solo (Sulok et al., 2020).

## **8. Relações hídricas**

A pimenta-do-reino é muito sensível ao déficit hídrico devido à alta evapotranspiração do cultivo, portanto, é necessário um fornecimento contínuo de água ao solo, principalmente nas épocas de estiagens. É recomendado que sejam feitas considerações com respeito a precipitação total de água, e que seja complementada com um bom sistema de drenagem.

No caso da cultura da pimenta-do-reino, pode haver perda total de produtividade em déficit hídrico combinado com alta irradiância. O déficit hídrico pode causar redução na condutância estomática, potencial osmótico e conteúdo relativo de água. Plantas irrigadas mostram comportamento fisiológico mais apto em comparação com as que sofrem déficit hídrico.

A pimenta é exigente em bom suprimento de água, principalmente, durante a floração e frutificação. Tal condição requer a manutenção do solo com bom suprimento de água para evitar queda de produção e implica na necessidade de irrigação em locais que apresentem período seco. Plantas de pimenta-do-reino irrigadas apresentam melhor desenvolvimento vegetativo, menor índice de incidência de podridão das raízes e maior longevidade, reduzindo em 40% as perdas de produção.

No Brasil, as plantações irrigadas representam mais de 80% das parcelas cultivadas, sendo que os métodos de irrigação mais utilizados são a microaspersão, irrigação por gotejamento e a irrigação por aspersão convencional. Em geral, o estado do Espírito Santo adota mais tecnologia quando comparado ao estado do Pará, com consequente maior produtividade, cerca de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>. Assim como um melhor aproveitamento da adubação incluindo fertirrigação é observado no estado do Espírito Santo.

### **9. Solos, nutrição e micorrizas**

O preparo do solo pode ser feito manualmente ou de forma mecanizada. De modo geral, em áreas novas são feitas limpezas no terreno, com eliminação de raízes, tocos e pedaços de madeira e, por último, efetuando o nivelamento do terreno. No entanto, em áreas já trabalhadas, o procedimento é uma limpeza simples, seguido de nivelamento.

É recomendado realizar uma aração a 20 cm de profundidade e duas gradagens em sentido cruzado, analisando a necessidade de subsolador em alguns casos. Por último é feito destocamento e gradagem, que consiste em eliminar raízes de plantas infectadas por microrganismos manualmente (machados, enxadas, entre outros) ou mecanizado com auxílio de trator. A gradagem favorece o arejamento, penetração e posterior melhora de desenvolvimento do sistema radicular.

A cultura de pimenta-do-reino exige tratos culturais que não se resumem em capinas rotineiras e limpeza da área; a não adoção de critérios de cultivo acarretará em baixa produção e prejuízos econômicos ao produtor. Práticas como calagem, irrigação em períodos secos e a reposição de nutrientes mediante adubações, servem para manutenção das condições de fertilidade do solo, tornam-se necessárias durante o ciclo produtivo do cultivo.

Esta cultura normalmente requer um clima tropical úmido, não tolerando calor excessivo e seca. Para o solo, a temperatura ideal de crescimento fica entre 26 e 28 °C. Solos com boa capacidade de retenção de água, abundantes em húmus e nutrientes vegetais disponíveis são essenciais para o desenvolvimento dessa cultura (Kumar; Sasikumar; Kunhamu, 2021). A pimenta-do-reino se desenvolve bem em muitos tipos de solos, incluindo

solos arenosos e argilosos, requerendo pH de 5,5 a 6,5. Para o cultivo, é ideal um alto teor de carbono, e riqueza de micronutrientes especialmente o ferro.

De modo geral, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio são os nutrientes mais importantes no cultivo de pimenta. Para exemplificar, a ordem de importância dos macronutrientes é: N>K>Ca>Mg>P. A cultura da pimenta requer também doses de ferro, zinco, manganês e cobre, sendo estes os principais micronutrientes requeridos.

Recomenda-se fertilizantes com alto rendimento, tendo em vista, que esse fator é essencial para a qualidade final da pimenta. Recomenda-se 50:50:150 de N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O. Também é necessário aumentar a dosagem onde a fertilidade do solo é baixa. Foi relatado que a aplicação de 140g de N, 55 g de P e 270 g de K/ano, pode aumentar a produtividade da pimenta-do-reino (Kumar; Sasikumar; Kunhamu, 2021), conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Principais macronutrientes requeridos para o cultivo de Pimenta-do-reino. (Adaptado de Srinivasan et al., 2007).

| <b>Nutriente</b> | <b>Doses recomendadas (kg/ha)</b> |
|------------------|-----------------------------------|
| N                | 140-340                           |
| P                | 55-120                            |
| K                | 200-340                           |

Pulverizações de micronutrientes nas folhas são fortemente recomendadas, pois tendem a aumentar o rendimento das culturas. No solo, pode ser aplicado esterco bovino 10 kg/ano, e calagem 500 g/ano nos meses de maio e abril (Kumar; Sasikumar; Kunhamu, 2021). Os micronutrientes necessários para o cultivo da pimenta podem ser vistos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Principais micronutrientes requeridos para o cultivo de Pimenta-do-reino (Adaptado de Srinivasan et al., 2007).

| <b>Micronutriente</b> | <b>Doses recomendadas (mg/ha)</b> |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Fe                    | 988                               |
| Mn                    | 19                                |
| Zn                    | 128                               |
| Cu                    | 451                               |

Os estádios críticos de requerimento de nutrientes ocorrem durante o início da floração primária, emergência da flor e desenvolvimento da baga. No entanto, a aplicação de fertilizantes depende da disponibilidade de umidade do solo. Os fertilizantes são aplicados em

duas parcelas na Índia, 3 - 4 parcelas na Indonésia e 4 parcelas na Malásia. Recomenda-se um terço no primeiro ano, dois terços no segundo ano e uma dose do terceiro ano em diante.

A aplicação de fertilizantes é restrita a uma distância lateral de 30 cm na área do círculo ao redor da planta. Na ausência de algum nutriente, ocorre uma limitação significativa da matéria seca total das plantas. Assim, a produção da pimenta-do-reino fica limitada em condições de restrição nutricional.

A maioria das plantas cultivadas forma associação simbiótica com fungos micorrízicos arbusculares. Os efeitos benéficos desta associação em aumentar a absorção de água e nutrientes e de crescimento da planta hospedeira já foram bem documentados.

Em relação aos fungos micorrízicos de pimentas-do-reino, foi reportado que a colonização radicular de fungos arbusculares mostrou-se como proeminente no aumento de biomassa acima do solo, na quantidade de fosfatase ácida e na atividade da desidrogenase. Foi demonstrado que a taxa fotossintética líquida e a condutância estomática das folhas de pimenta-do-reino colonizadas com estes fungos foram significativamente maiores do que as plantas não inoculadas. A influência dos fungos foi mais impactante na atividade da polifenoxidase e  $\beta$ -glucanase nas folhas que nas raízes.

Muitos são os benefícios de fungos micorrízicos arbusculares em pimenta-do-reino, como, por exemplo, diminuição de doenças nos tutores, como é o caso da seringueira que teve a incidência de *Microuylus ulei* reduzida pela associação fúngica. A interação com estes fungos pode resultar em proteção para a parte aérea da planta de pimenta.

## **10. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente**

Pimenta-do-reino prefere crescer sob condições tropicais com temperaturas entre 23-30°C, com temperatura média anual de 28°C. Também são necessários altitudes abaixo de 500 m, índices de precipitação de 2000 a 3000 mm por ano e umidade relativa do ar variando de 70 a 90%. O solo também deve ter boa capacidade de retenção de água (Bermawie et al., 2019).

Na escolha da área de cultivo, deve-se levar em consideração, principalmente, as características edafoclimáticas e fitossanitárias. É recomendado que a área a ser escolhida tenha topografia levemente inclinada, favorecendo a realização dos tratos culturais e também a conservação do solo. Áreas já trabalhadas anteriormente facilitam o preparo mecanizado e ajudam a reduzir custos operacionais. É recomendado locais afastados, pelo menos 1 km, de áreas infestadas com fusariose.

No Brasil é muito comum o cultivo no estado do Pará, pois o estado possui índices climáticos ideais para a cultura com temperatura média anual entre 23°C e 28°C, radiação solar acima de 2.000 horas no ano, umidade relativa do ar entre 80% e 88%, total pluviométrico anual acima de 1.500 mm.

Deve ser considerado como mês seco aquele no qual o total mensal de déficit hídrico alcança valores iguais ou maiores que 100 mm. Indicou-se ainda como mais recomendado para a cultura, áreas com déficit hídrico por ano menor que 100 mm.

A importância da umidade relativa do ar, quando muito baixa ou muito elevada, torna-se desfavorável para a maioria das plantas. Quando abaixo de 60%, pode ser prejudicial por aumentar a taxa de transpiração, e acima de 90%, por reduzir a absorção de nutrientes, em decorrência da redução da transpiração, além de favorecer a propagação de doenças fúngicas.

A chuva é um elemento climático fundamental para as plantas, porque a água é essencial para o crescimento e desempenha importante papel na fotossíntese e, portanto, na produção. É o elemento regulador do calendário agrícola nas regiões tropicais, dada a sua função na disponibilidade de água para as plantas durante o ano.

Em relação a luz solar a pimenta-do-reino é uma planta neutra com relação ao fotoperíodo. Plantas de pimenta-do-reino expostas à radiação solar direta desenvolveram distúrbios fisiológicos mesmo sob condições favoráveis de umidade do solo. As pimenteiras mantidas à sombra (7% de luz incidente) permaneceram verdes e saudáveis, enquanto as expostas à luz solar ficaram amarelas e desenvolvem manchas necróticas durante o verão. Cinquenta por cento de sombra favoreceu o crescimento de estacas de pimenta-do-reino no viveiro e diminuiu a fixação de carbono em algumas variedades.

## **11. Estratégias para altas produções**

O cultivo de pimenta-do-reino tem, como principal objetivo, garantir a estabilidade, o rendimento e melhorar a qualidade da cultura, logo, aprimorar a resistência a doenças e pragas, assim como melhorar atributos como sabor e constituintes nutricionais que estão diretamente relacionados à longevidade da produção (Khew et al., 2023).

O melhoramento do cultivo das pimentas pode ser norteado com foco em aumentar a resistência a doenças: Podridão do Pé e Murchamento Amarelado. Alto rendimento da colheita: espigas de frutos mais longos e compactos com floração intensa. Alta qualidade: maior quantidade de metabólitos secundários e maior capacidade de adaptação às mudanças climáticas (Khew et al., 2023).

No caso da pimenta-do-reino, a redução das perdas de safra por pragas e doenças, podem ser alcançadas por melhoramento genético, com ênfase na resiliência ambiental dos cultivares, tendo em vista que a perda de colheitas devido a doenças é o maior fator de prejuízo. A maioria das doenças ataca a parte aérea das plantas, sendo a podridão no pé a doença mais mortal, podendo levar à perda total da safra. Outra doença problemática é a doença amarelada, (murcha de *Fusarium*), quando ocorre amarelecimento das folhas e podridão de raiz, que reduz o tempo de vida da planta de 20 para 6 anos. Portanto, genes de resistência natural poderiam ser incorporados em variedades que são mais eficazes economicamente, diminuindo, assim, o uso de produtos químicos para a contenção das doenças (Khew et al., 2023).

Estudos voltados para o efeito de fatores ecológicos no cultivo de pimentas têm apontado que o uso de sombreamento pode resultar em maior expansão foliar, maiores níveis de clorofila e massa seca de folhas, o que demonstra uma boa adaptação à baixa luminosidade; o uso de consórcio pode ser uma boa estratégia para melhoramento da produção, tornando-se um bom fator de aclimatação, em vista que sob baixas luminosidades a planta capta o máximo de luz possível para realizar suas atividades metabólicas (Oliosi; Oliveira; Partelli, 2021).

Ações para mitigar as mudanças climáticas, realizar a ciclagem de nutrientes e promover o enriquecimento da fertilidade do solo podem ser alternativas para a otimização da produção. Assim como regular o perfil de luz para a manutenção da fotossíntese, o sistema pimenta-árvore de suporte deve ser mais estudado, mas indica-se o uso de árvores com copas estreitas para possibilitar um sombreamento adequado (Kumar; Sasikumar; Kunhamu, 2021).

Utilizar espécies com botões florais latentes que podem ser mais tolerantes às oscilações do clima e do ambiente, em oposição às que não possuem essa característica, é uma estratégia que pode aumentar as produções, e também ajudar na preservação e manutenção da diversidade, tendo em vista que as espécies de pimenta são capazes de colonizar clareiras e bosques (Valentin-Silva et al., 2018).

Outra forma de melhorar a produção é a adoção da Gliricídia como tutor vivo das pimenteiras do reino, pois esta viabiliza a continuidade da produção sem que haja necessidade de desmatamento de madeira de lei da floresta, evitando o corte e retirada de aproximadamente 42,6 mil árvores por ano, além de ganhos financeiros para o produtor.

O aumento de produtividade da pimenta-do-reino pode ser alcançado adotando boas práticas agrícolas, como a adubação técnica e manejo da cultura adequado, rendendo até 64.200 toneladas anuais do produto.

Deve-se realizar a colheita manualmente em que as espigas são colhidas e colocadas em sacos de aniagem ou polipropileno trançado, devidamente higienizados para evitar contaminação. Pode ser feita em três estádios diferentes de maturação, a depender do destino final. As pimentas-do-reino do tipo verde são colhidas no momento em que o fruto atinge 2/3 do seu crescimento, apresentam ainda a coloração verde, e são então colocadas em salmoura por 24 horas. As do tipo preta são colhidas quando os frutos apresentam a coloração verde-clara ou amarelada. Assim, diminui-se as perdas de produção.

As plantas invasoras se configuram como um grande problema nas plantações, pois estas acabam diminuindo a produção. A flora dessas plantas se modifica de acordo com o local, tipo de solo, banco de sementes e estação do ano. As invasoras são uma das principais restrições no cultivo de pimenta-do-reino, devido ao efeito da sua competição em Sarawak, Malásia. O uso de glutosinato (Bast 15) ou cobertura orgânica com fibra de coco, paraquat ou glifosato (Roundup) resultou em rendimento significativamente maior quando comparado com a cobertura natural.

Buscando o controle das invasoras, realiza-se muitas vezes a capina, que pode ser feita de forma manual, aliada ao uso de herbicidas; contudo, essa prática pode promover a erosão do solo. Como alternativa, faz-se uso de coberturas vegetais para sufocar as ervas daninhas; essa prática é mais vantajosa, pois, a manutenção da cultura de cobertura também reduz infecções. Vários materiais orgânicos, plantas da entrelinha e folhas verdes são usados como cobertura. O uso de casca de arroz, feno e pó de serra como cobertura morta concedeu maior rendimento de produção de pimenta-do-reino no Brasil.

A pimenta-do-reino é cultivada em diferentes situações. As tecnologias de produção adotadas em um determinado local podem não ser adequadas para outros, portanto, os meios de produção devem ser padronizados para o cultivo de cada local. Embora mais de 100 cultivares populares estejam sendo plantados, apenas alguns apresentam rendimento alto e estável. Faltam informações sobre cultivares adequados para diferentes regiões. A divulgação da multiplicação rápida da pimenta-do-reino é essencial para atender aos requisitos de material de plantio de alta qualidade e a pesquisa científica é necessária para simplificar as técnicas na produção da propriedade.

## **12. Efeitos de reguladores vegetais**

O uso de ácido indolilacético (IAA) combinado com Cinetina (CK), ou 6-benzilaminopurina (BAP) por trinta dias em pimentas-do-reino, proporcionou aumento de brotos/explante, passando de 2,5 a 6,3; 5,8; 5,7 e 5,8 brotos/explante, respectivamente. A

concentração de 0,5 mg L<sup>-1</sup> de BAP melhora a formação de brotos e também a obtenção de explantes.

O uso de auxinas melhora o enraizamento de estacas, sendo recomendado o uso de ácido indolbutírico (IBA) que é a principal auxina sintética de uso geral para enraizamento por não ser tóxica para a maioria das plantas, mesmo quando aplicada em altas concentrações.

As auxinas desempenham papel de indução do enraizamento e, quando aplicadas em concentrações corretas, podem favorecer a formação de raízes. A aplicação exógena de auxina proporciona maiores índices de emissão de brotações de estacas de *Campomanesia adamantium*.

De modo geral as auxinas são biorreguladores de grande importância na propagação de espécies vegetais, principalmente as que apresentam dificuldades em emitir raízes, podendo contribuir para o melhor e mais rápido enraizamento, a aplicação destes produtos pode compensar a falta do nível endógeno de auxina.

De acordo com Ambrozim et al. (2017), a aplicação exógena de auxina promove melhores índices de enraizamento de mudas de pimenta-do-reino, no entanto, concentrações elevadas provocam inibição no desenvolvimento da parte aérea das mudas, assim, recomenda-se concentração de mínimo 400mg L<sup>-1</sup> e máximo 500 mg L<sup>-1</sup>.

### 13. Senescência e aproveitamento de resíduos

Os resíduos da produção de pimentas podem ser usados no cultivo de outras plantas, tais como as hortaliças alface e tomate, na produção de carvão ativado, na produção de óleo e oleorresinas.

### Referências

AMBROZIM, C.S. et al. Propagação de pimenta-do-reino em diferentes concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Ifes Ciência**, Vitória, v. 3, n. 2, p. 17-28, 2017.

BERMAWIE, N. et al. Morphological characteristics, yield and quality of black pepper *Ciinten* variety in three agro ecological conditions. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, Bristol, v. 292, 2019. DOI 10.1088/1755-1315/292/1/012065.

BISWAS, P. et al. *Piper longum* L.: a comprehensive review on traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and health-promoting activities. **Phytotherapy Research**, London, v. 36, n. 12, p. 4425-4476, 2022.

DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1. p. 55-81, 2006.

DRISSI, B. et al. Cubeb (*Piper cubeba* Lf): a comprehensive review of its botany, phytochemistry, traditional uses, and pharmacological properties. **Frontiers in Nutrition**, Lausanne, v. 9, p. 1048520, 2022.

EMBRAPA. **Projeto PAS campo**: manual segurança e qualidade para a cultura da pimenta-do-reino. Brasília, 2004.

JARAMILLO, M.A.; MANOS, P.S. Phylogeny and patterns of floral diversity in the genus *Piper* (Piperaceae). **American Journal of Botany**, New York, v. 88, n. 4, p. 706-716, 2001.

KHEW, C.Y. et al. The current knowledge of black pepper breeding in Malaysia for future crop improvement. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 300, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111074>

KUMAR, B.M.; SASIKUMAR, B.; KUNHAMU, T.K. Agroecological aspects of black pepper (*Piper nigrum* L.) cultivation in Kerala: a review. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 43, n. 3, p. 648-664, 2021.

LI, Z. et al. Influence of temperature, light and plant growth regulators on germination of black pepper (*Piper nigrum* L.) seeds. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 9, n. 9, p. 1354-1358, 2010.

OLIOSI, G.; OLIVEIRA, M.G.; PARTELLI, F.L. Microclimate and development of black pepper intercropped with rubber tree. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 95, n. 8, p. 1635–1645, 2021.

OLIVEIRA, M.G. et al. Physiological responses of photosynthesis in black pepper plants under different shade levels promoted by intercropping with rubber trees. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 42, n. 5, p. 513–526, 2018.

SALEHI, B. et al. Piper species: a comprehensive review on their phytochemistry, biological activities and applications. **Molecules**, Basel, v. 24, n. 7, p. 1364, 2019.

SANTOS, V.L.P. dos et al. Review of piper species growing in the Brazilian State of Paraná with emphasize on the vegetative anatomy and biological activities. **The Botanical Review**, Lancaster, v. 87, p. 23-54, 2021

SEN, S.; RENGAIAN, G. A review on the ecology, evolution and conservation of piper (Piperaceae) in India: future directions and opportunities. **The Botanical Review**, Lancaster, v. 88, n. 3, p. 333–358, 2021.

SRINIVASAN, V. et al. Nutrient management in black pepper (*Piper nigrum* L.). **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, Wallingford, v. 2, 2007. DOI: 10.1079/PAVSNNR20072062.

SULOK, K.M.T. et al. Introducing natural farming in black pepper (*Piper nigrum* L.) cultivation international. **International Journal of Agronomy**, London, v. 18, p. 1-6, 2018.

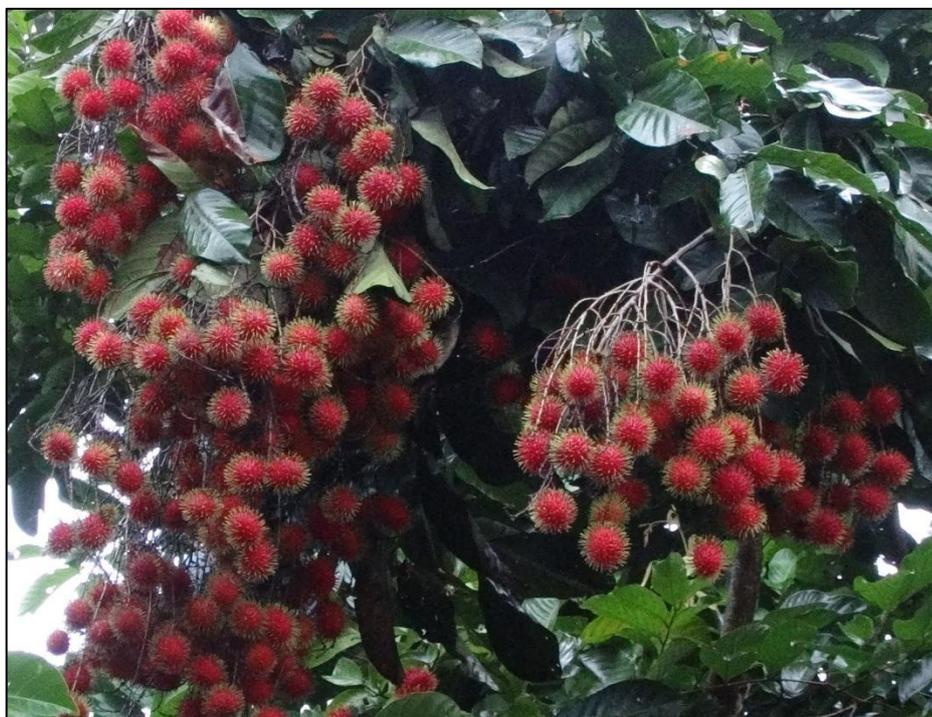
TELES, G.C. et al. Morphophysiological changes in black pepper under different water supplies. **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v. 45, e59460, 2023.

VALENTIN-SILVA, A. et al. What factors can influence the reproductive phenology of Neotropical piper species (Piperaceae) in a semi-deciduous seasonal forest? **Botany**, Ottawa, v. 96, n. 10, p. 675–684, 2018.

VALENTIN-SILVA, A. et al. Diaspore dispersal season influences root growth and seed traits, but not germination responses, of sympatric Piper species in a seasonal forest. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 25, n. 2, p. 276-286, 2023.



# RAMBUTAN



**RAMBUTAN** (*Nephelium lappaceum*)

Marcelo Rafael Malardo

## 1. Origem e distribuição geográfica

O rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) pertence à família Sapindaceae, que também inclui plantas como a lichia (*Litchi chinensis* Sonn.), longan (*Dimocarpus longan* Lour), pulasan (*Nephelium mutabile* Blume), entre outras, totalizando 140 gêneros e 1500 espécies. É uma planta originária do sudeste asiático, mais precisamente dos países Malásia, Tailândia e Indonésia (Tindall, 1994).

É uma planta tipicamente tropical, cultivada principalmente em regiões com temperaturas acima de 15°C. Além de ser cultivada em seus locais de origem, o rambutan está sendo cultivado também em outros países asiáticos como Filipinas, Cingapura, Sri-Lanka, China, Índia e Vietnã. Fora do continente asiático, encontra-se sendo cultivada na Oceania (Austrália, Nova Zelândia e Fiji), África (África do Sul, Madagascar e Zaire), Estados Unidos da América (Flórida e Havaí), América Central (Costa Rica, Panamá e Ilhas do Caribe) e América do Sul (Brasil e Guiana Francesa) (Sacramento; Luna, 2004).

O rambutan é uma das frutíferas mais cultivadas nos países asiáticos, principalmente na Tailândia (71.000 ha), Indonésia (66.000 ha) e Malásia (20.000 ha). Recentemente introduzido no Brasil, o rambutan é cultivado comercialmente em alguns municípios da Bahia (Ituberá, Ilhéus e Una) e do Pará, entretanto, a área total de plantio não alcança 40 ha. Considerando o excelente comportamento do rambutan na Região Sul da Bahia, e a localização privilegiada da região em relação aos grandes centros do Sul e Sudeste, essa frutífera surge como uma opção interessante de plantio para ocupar áreas de cultivos decadentes de cravo-da-índia, pimenta-do-reino e guaraná. Como essa frutífera não necessita de sombreamento inicial pode-se consorciá-la com mamão, abacaxi, pimenta-do-reino, feijão, milho ou outras plantas não perenes que possam proporcionar algum retorno econômico durante o período vegetativo do rambutan (Sacramento; Luna, 2004).

## 2. Classificação botânica

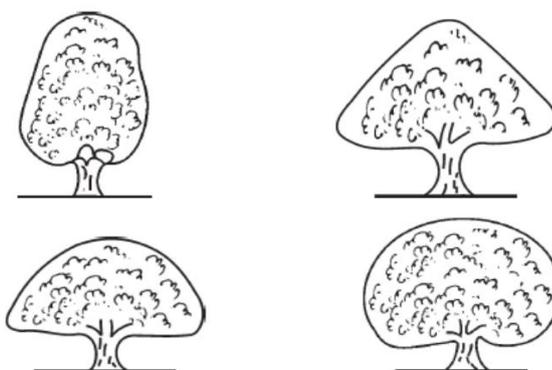
Vários nomes botânicos foram originalmente usados para rambutan, incluindo *Nephelium glabrum* Cambess, *N. chryseum* Blume e *N. sufferrugineum* Ralk., mas agora esses sinônimos raramente são usados. Três variedades botânicas de *Nephelium lappaceum* L. foram identificadas, principalmente com base na variação das características dos folíolos. Segundo Tindall (1994), as variedades são:

- **var. lappaceum:** Os folíolos são mais largos acima do meio, nervura central esparsamente pilosa abaixo e nervuras fortemente curvadas. Esta variedade é distribuída na Tailândia, Malásia, Indonésia, Bornéu e nas Filipinas.
- **var. pallens (Hiern.) Leenh.:** Os folíolos são mais largos no meio ou abaixo, a nervura central geralmente é glabra abaixo e as nervuras são ligeiramente curvas. A distribuição abrange China, Tailândia, Laos, Camboja, Vietnã, Malásia, Indonésia (Sumatra), Bornéu e sul das Filipinas.
- **var. xanthioides (Radlk.) Leenh.:** Os folíolos são mais largos no meio ou abaixo, a nervura central é ligeiramente pilosa abaixo e as nervuras são ligeiramente curvadas. A distribuição parece estar limitada a Bornéu.

### 3. Morfologia e anatomia

As plantas de rambutan podem alcançar de 12 a 20 m de altura, e o diâmetro da copa corresponde a aproximadamente dois terços da altura; mas, quando propagadas vegetativamente, as árvores são menores, atingindo de 4 a 12 m de altura e diâmetro do tronco de 40 a 60 cm. O rambutan oriundo de semente apresenta o tronco principal com crescimento ereto e copa densa, enquanto os cultivares propagados assexuadamente podem apresentar hábito ereto ou aberto, e a altura é menor, raramente ultrapassando 5 metros.

Os tipos de copas do rambutan estão apresentados na Figura 1, enquanto as disposições dos ramos no tronco podem ser observadas na Figura 2.



**Figura 1.** Aspecto geral da copa das plantas de rambutan (Adaptado de International Plant Genetic Resources Institute - IPGRI, 2003).

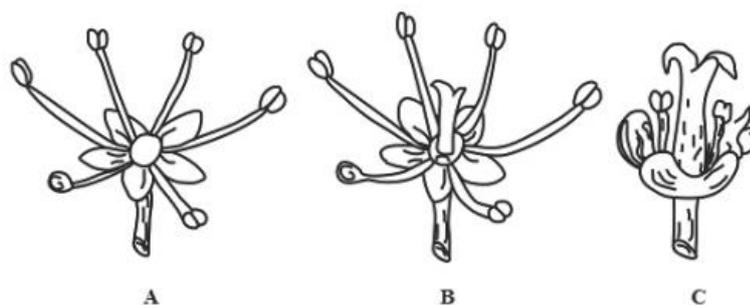


**Figura 2.** Disposição dos ramos das plantas de rambutan (Adaptado de IPGRI, 2003).

A raiz principal tem vários metros de profundidade, mas as raízes laterais permanecem próximas da superfície do solo.

As folhas são pecioladas, alternadas, com dois a quatro pares de folíolos dispostos alternadamente na raque foliar. Os folíolos são ovalados, ou elípticos, e coriáceos, medindo de 5 a 28 cm de comprimento e de 2 a 10,5 cm de largura.

As inflorescências são formadas nas extremidades dos ramos e, de acordo com as características das flores, podem ser classificadas em três grupos (Figura 3):



**Figura 3.** Tipos de flores do rambutan: flor estaminada de planta masculina (A); flor hermafrodita e funcionalmente masculina (B); flor hermafrodita e funcionalmente feminina (C), (Adaptado de Tindall, 1994).

As plantas se apresentam como:

- Árvores masculinas, produzindo somente flores estaminadas, constituindo usualmente 50% de uma população de plantas propagadas por sementes (Figura 1 A);
- Árvores que produzem flores hermafroditas, as quais são funcionalmente masculinas (Figura 1 B), sendo esse o tipo preferido para cultivo;
- Árvores que produzem flores hermafroditas, algumas das quais são funcionalmente femininas e outras funcionalmente masculinas (Figura 1 C).

As flores masculinas são agrupadas em panículas de até 30 cm de comprimento, são desprovidas de ovário funcional e possuem de 5 a 7 estames. Cada flor mede 5 mm de diâmetro e 2 mm de altura quando plenamente aberta. As flores hermafroditas nascem em panículas semelhantes às das plantas masculinas, e cada panícula possui 200 a 800 flores, podendo abrir até 100 flores por dia. As flores são amarelo-esverdeadas, sendo que as predominantemente femininas têm um ovário bilocular com estigma bifendido no topo. Flores com ovário unilocular ou trilocular, com o correspondente número de estigmas lobados, são ocasionalmente produzidas nas flores femininas. Nas flores femininas, seis estames bem desenvolvidos surgem da base do ovário, mas estes estames não são deiscentes. Cada flor possui aproximadamente 5 mm de comprimento e 4 mm de largura (Tindall, 1994).

Os frutos, em número de 10 a 13 em cada cacho, são classificados como drupa, apresentam formato globoso e ovoide com tamanho variando de 3,0 a 8,0 cm de comprimento e de 2,5 a 5,0 cm de largura. A casca, ou pericarpo, apresenta coloração em várias matizes, variando de vermelho ao amarelo, com 0,2 a 0,4 mm de espessura, sendo coberta com

espículas coloridas de diferentes tamanhos. O peso do fruto varia de 20 a 60 g, sendo 30 a 58% de arilo, 40 a 60% de pericarpo (casca) e 4 a 9% de semente. O arilo é translúcido, branco a amarelo-claro, com espessura entre 8 e 15 mm, cujo sabor pode variar de muito doce a distintamente ácido, sendo também variável o conteúdo e a textura. O arilo adere ao tegumento o qual pode ou não se separar facilmente dele. A semente é oblonga ou elíptica, achatada, com 2,0 a 3,5 cm de comprimento e 1,2 a 2,2 cm de largura (Tindall, 1994).

#### **4. Germinação e propagação**

As sementes de rambutan devem ser bem lavadas após a remoção da fruta e então plantadas horizontalmente com o lado achatado para baixo. Estas sementes perdem a viabilidade muito rápido, portanto, devem ser semeadas imediatamente após a retirada do arilo.

O tempo para que as sementes germinem pode variar de 10 a 25 dias, dependendo das condições das mesmas. Sementes com dois dias de idade apresentam porcentagem de germinação de 87 a 95%, enquanto sementes com uma semana de idade têm porcentagem de germinação de apenas 50 a 60%. O armazenamento da semente fresca pode ser feito com serragem úmida, musgo ou carvão, por 3 a 4 semanas. As mudas ficam prontas para enxertia após 9 a 10 meses de idade (Tripathi; Karunakaran, 2013).

O rambutan pode ser propagado de duas maneiras: via semente ou por métodos vegetativos, como, por exemplo, brotamento e enxertias. A propagação por sementes é relativamente fácil, porém as plantas entram em produção cerca de 8 a 10 anos após o plantio, além de apresentar heterogeneidade genética, enquanto as plantas oriundas de propagação vegetativa produzem em 3 a 4 anos e formam pomares uniformes (Tindall, 1994; Meletti; Teixeira, 2000). Além disso, A propagação por sementes resulta em uma alta porcentagem de plantas com floração exclusivamente masculina, representando 40 a 60% do total de plantas, o que não é interessante comercialmente (Valmayor et al., 1971).

Já a propagação assexuada consiste na multiplicação de indivíduos a partir de partes vegetativas das plantas, sendo possível devido à capacidade de regeneração apresentada por estes órgãos vegetativos (Scarpare Filho, 1990).

O método de propagação vegetativo é essencial para a produção precoce e uniforme do rambutan, garantindo um número ideal de plantas femininas nos pomares. Os métodos de propagação vegetativa podem ser por estacas, enxerto de aproximação, alporquia, brotamento e enxertia. As estacas do caule produzem raízes sob nebulização e com tratamento de hormônios promotores de crescimento.

O enxerto de aproximação é mais bem-sucedido, mas gera maior trabalho, visto que as mudas devem ser colocadas com segurança ao redor da árvore-matriz e os porta-enxertos devem ser mantidos até a união com a árvore-matriz. O número de enxertos que podem ser feitos, por vez, é limitado pelo espaço e pelos brotos disponíveis. Geralmente, mudas com 8 a 12 meses de idade são usadas como estoques de raiz.

A propagação vegetativa por enxertia tem sido uma técnica bastante utilizada na fruticultura, garantindo a formação de pomares com populações de plantas homogêneas (Hartmann et al., 2002).

Vários métodos de enxertia, como por exemplo, fenda e folheado, foram utilizados em experimentos de propagação do rambutan, entretanto, a maioria deles não teve muito sucesso. A taxa de sucesso de enxertia por fenda na casca de sombra foi baixa (10%), enquanto enxertos de fenda no topo, feitas em árvores estabelecidas, foram mais bem-sucedidos do que nos realizados em casca de sombra em porta-enxertos de mudas. Um enxerto do tipo fenda invertida apresentou maior sucesso na casca de sombra do que o enxerto de fenda.

Entre os vários tipos de brotamento, o broto-de-florescimento é o preferido, uma vez que apresenta maior taxa de sucesso. A enxertia é realizada em porta-enxertos crescidos, com 8 a 12 meses de idade, sendo efetivada nos meses de maio a julho.

A alporquia apresenta sucesso nos estádios iniciais, mas muitas delas morrem após serem transplantadas para um viveiro de campo ou sacos plásticos, ou mais tarde no campo, muito após a separação da árvore-matriz.

Com base nos resultados de diversos trabalhos, o enxerto por aproximação foi considerado o mais confiável para a propagação clonal da variedade desejada de rambutan, mesmo sendo mais trabalhosa, visto que proporciona maior taxa de sucesso (Tripathi; Karunakaran, 2013).

## **5. Efeitos de fatores ecológicos**

O rambutan apresenta sensibilidade às temperaturas baixas, sendo que abaixo de 22°C ocorre redução do crescimento vegetativo e aumento do período de desenvolvimento dos frutos, chegando a paralisar o crescimento abaixo de 10°C. A temperatura máxima, limite para o crescimento, está em torno de 40°C (Sacramento; Andrade, 2014).

Com relação aos índices pluviométricos, as principais regiões produtoras apresentam de 1800 a 3000 mm de chuvas bem distribuídas durante o ano e umidade relativa alta, superior a 80%. Condições de baixa umidade relativa do ar e ventos durante a frutificação

podem causar grande perda de umidade das espículas dos frutos, prejudicando sua aparência (Sacramento; Andrade, 2014).

A irrigação das plantas do rambutan deve ser realizada nas épocas secas conforme for necessário. Além disso, as plantas devem ser protegidas de fortes ventos, que podem prejudicar os períodos de floração e frutificação. Para realizar indução do florescimento de plantas adultas, deve-se permitir que o rambutan passe por um período de seca de 21 a 30 dias, em seguida, faz-se a irrigação para induzir a iniciação do botão floral. Desta forma, as plantas de rambutan começam a florescer em torno de 10 a 15 dias.

Em solos com teor de argila leve, com salinidade elevada, se usados muitos fertilizantes e/ou este solo ser prejudicado com alagamentos, as plantas de rambutan podem sofrer lesões nas folhas, havendo seca de folhas e flores e, conseqüentemente, diminuição no crescimento e rendimento das plantas, afetando negativamente a produção.

## **6. Relações hídricas**

De toda a água absorvida pela planta, cerca de 97% é perdida na transpiração, 2% permanece na planta para suprir o seu crescimento e apenas 1 % está envolvida nos processos metabólicos e fotossintéticos. A água corresponde de 80 a 95% da massa fresca da planta, sendo o maior fator limitante à produtividade.

Existe um balanço crítico entre a absorção e a perda de água pelas plantas. Portanto, para entender o movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera, devemos conhecer os componentes do potencial hídrico dos diferentes meios, através dos quais a água irá se mover, o percurso que a água deverá percorrer em cada um destes meios, e as forças responsáveis pelo movimento da água.

O potencial hídrico é uma expressão quantitativa da energia livre a ela associada, sendo a representatividade do potencial para realizar trabalho, ou seja, a capacidade da água em mover-se. A energia potencial total da água é a somatória dos potenciais gravitacionais, pressão, mátrico e osmótico.

O potencial osmótico é inversamente proporcional à concentração de solutos na solução, ou seja, quanto mais soluto na solução, menor é o potencial osmótico da solução. Essa redução se deve às interações entre a água bipolar e os solutos (íons ou moléculas com cargas positivas ou negativas) que tornam as moléculas de água menos livres para executar trabalho ou movimento. O potencial mátrico resulta da interação entre a água e uma matriz coloidal: partículas de solo, parede celular, macromoléculas (proteínas, lipídios, amido etc.) Esta interação deve-se, principalmente, às ligações entre as moléculas de água bipolares e as

cargas positivas ou negativas da matriz. Partículas do solo e pectinas da parede celular mostram cargas negativas, podendo macromoléculas, como proteínas, apresentar cargas positivas ou negativas.

O conhecimento do potencial hídrico dos diferentes sistemas é útil, pois permite prever o modo como a água se moverá na planta sob diversas condições. Lembrando que a água se move do maior potencial (maior pureza e energia livre da água) para o menor potencial (presença de solutos ou coloides).

O que explica a ascensão de água no xilema de grandes árvores, que está associada à baixa pressão de raiz, à capilaridade e forças de tensão causadas pela transpiração que elevam a água no xilema. A teoria da transpiração: coesão-adesão-tensão, criada por Dixon e Joly em 1914, estabeleceu que a água transpirada no topo das árvores gera tensão (pressão hidrostática negativa), que conduz a água pelo xilema. As forças coesivas das moléculas de água (coesão) estabelecem uma coluna contínua de água no xilema. Se não houvesse coesão das moléculas de água, haveria cavitação. A coesão das moléculas de água ajuda a suportar as altas tensões, principalmente nas horas mais quentes do dia. A adesão das moléculas de água com as paredes internas do xilema auxilia a ascensão da água pelo xilema e atingir o topo das plantas.

De todos os recursos que a planta necessita para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, o mais limitante para a produtividade agrícola. O fato de a água ser limitante é o motivo pelo qual existem as práticas de irrigação das culturas.

## **7. Solos, nutrição e micorrizas**

Os solos recomendados para o cultivo devem ser de textura média, profundos, bem drenados, férteis e ricos em matéria orgânica, sendo que o pH deve ser corrigido para valores entre 5,5 e 6,5 (Sacramento; Andrade, 2014).

As deficiências dos macronutrientes N, P e K, e em menor grau de B, Zn e Cu, limitam o rendimento e restringem o desenvolvimento dos frutos. Com base em análises de solos e de folhas, juntamente com padrões nutricionais e conhecimento prévio das árvores, como por exemplo, tamanho de copa, carga de frutos e/ou idade da árvore, já existem normas de adubação para China, Austrália, Tailândia e Índia (Menzel, 2002).

O nitrogênio é o nutriente mais requerido pelas plantas, sendo que, em diversas situações, o solo não consegue suprir toda a demanda de N pela planta, fazendo-se necessário a adubação nitrogenada. Dentro das plantas, o nitrogênio tem papel importante, fazendo parte de muitos compostos, principalmente das proteínas. O nitrato, forma predominante absorvida do solo pela planta, é convertido em amônio por meio de uma redução catalisada pela enzima

nitrato redutase nas células das raízes, e este amônio fará parte de aminoácidos que constituem as proteínas. A síntese da maior parte dos compostos orgânicos, dentre eles, as vitaminas, ocorre nas folhas.

As plantas, de modo geral, respondem bem à adubação nitrogenada. O efeito externo mais visível do nitrogênio fornecido à cultura é a vegetação verde e abundante, e esse deve ser bem equilibrado em relação à quantidade de outros elementos de que a planta necessita, principalmente fósforo e potássio.

O rambutan apresenta requerimentos nutricionais semelhantes às diversas frutíferas tropicais, particularmente aos da lichia (*Litchi chinensis*), também da família Sapindaceae. De acordo com estudos efetuados no nordeste da Austrália, Lim e Diczbalis (2012) relatam que o rambutan requer os seguintes macronutrientes em ordem decrescente: N>K>Ca>Mg>P, e recomendam a aplicação de 1,0 e 1,5 kg de NPK (10:4,5:8), parcelados em seis vezes durante o primeiro e segundo ano, respectivamente. Para árvores que estão frutificando, recomendam 2,0 kg de NPK (10:5:9), livre de cloreto, parcelados de 4 a 6 vezes, e aumento de 0,5 kg a cada ano. Reportam que as épocas críticas para a aplicação são: final da colheita, durante o mês de março, um mês antes da floração, e durante a fixação e o desenvolvimento dos frutos. Os rambutans apresentam comumente deficiências de zinco, ferro, boro e, algumas vezes, de manganês. Essas deficiências são corrigidas com aplicações foliares, adubações em cobertura ou fertirrigação, por ocasião de novos fluxos vegetativos. O cálcio e o magnésio devem ser aplicados em quantidades adequadas durante os meses de janeiro, em anos alternados, sugerindo-se 250 a 500 g/planta.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) desempenham um papel importante na nutrição das plantas, principalmente em solos deficientes de nutrientes e em plantas com alta dependência micorrízica, sendo o mais importante benefício, o aumento da absorção de água e do fósforo. As micorrizas são associações mutualistas formadas entre certos fungos do solo e das raízes da maioria das espécies vegetais (Costa, 2010).

Harley e Smith (1983) consideram a existência das micorrizas desde há 400 milhões de anos, e que o caráter mutualista das mesmas contribuiu para a sobrevivência e evolução das plantas terrestres e dos fungos, pois o fungo simbiote aumenta a capacidade da planta de absorver água e nutrientes do solo, favorecendo sua nutrição, enquanto a planta fornece fotossintatos para o fungo que é incapaz de realizar fotossíntese.

Os fungos micorrízicos arbusculares são atualmente classificados como pertencentes à classe dos Zygomycetas, ordem Endogonales e família Endogonaceae, existindo atualmente cerca de 150 espécies descritas (Silveira, 1992). Os gêneros de FMAs são: *Acaulospora*,

*Gigaspora*, *Glomus*, *Entrophospora*, *Sclerocystis* e *Scutellospora*. Estudos recentes propuseram duas novas famílias: Archeosporaceae e Paraglomaceae, e dois novos gêneros: *Archeospora* e *Paraglomus*.

Basicamente, os FMAs são formados por três componentes: as raízes dos hospedeiros, as hifas dos fungos no interior das raízes e as hifas externas que se estendem por meio da rizosfera. Através de modificações das hifas, originam-se os arbúsculos, vesículas e esporos. Estudos mostram que a atividade das hifas externas pode variar, consideravelmente, com a distância da superfície da raiz, como também com o tempo de colonização (Sylvia, 1988). Segundo Silveira (1992), as hifas externas se estendem por vários centímetros através do solo, aumentando a superfície de contato das raízes, sendo esta fase de grande importância para a eficiência da simbiose.

Há um número considerável de relatos sobre casos e efeitos do FMA em diversas culturas, como café, citros, milho, feijão, seringueira, plantas ornamentais, cacau, cana-de-açúcar e outras (Siqueira, 1994). Essa associação está presente em regiões tropicais, temperadas e árticas, incluindo densas florestas, áreas cultivadas, dunas e desertos, o que a torna de grande importância econômica e ecológica. Tais observações, também já foram realizadas em diferentes ecossistemas brasileiros, como floresta tropical, cerrado, dunas e restingas (Lopes et al., 1983).

Segundo Costa (2010), os solos sob rambutans apresentaram maior esporulação média de FMA em sua rizosfera na época seca do ano (agosto), com 143 esporos/50 g de solo. A esporulação na rizosfera foi maior no período seco do que no chuvoso, concordando com Durazzini (2008), pelo qual a ocorrência de esporos no sistema, costuma ser reduzida no período de chuvas, enquanto outras estruturas, como hifas, são mais abundantes. Guadarrama e Alvarez-Sánchez (1999) sugerem que a umidade favorece a germinação dos esporos, resultando em alta colonização e baixa produção de esporos.

## **8. Fotossíntese e translocação**

Um constante fornecimento de energia é requerido para a manutenção da vida. Uma diferença fundamental entre plantas e animais é a forma de obtê-la. As plantas absorvem energia luminosa a partir do sol, convertendo-a em energia química no processo chamado fotossíntese.

Tanto a fotossíntese, quanto a respiração (R) geram energia química disponível na forma de ATP, cuja síntese é mediada por um gradiente de prótons (H<sup>+</sup>) transmembrana. Na respiração, esse gradiente se deve à oxidação de moléculas orgânicas em CO<sub>2</sub>, com redução

do  $O_2$  em  $H_2O$ , e a dissipação de energia em forma de calor. Na fotossíntese, o gradiente ocorre através da oxidação da  $H_2O$  em  $O_2$ , sendo essa fase mediada pela luz (fase luminosa) e através da redução do  $CO_2$  em moléculas orgânicas, onde o ATP é utilizado (fase de síntese).

O ATP proveniente da fotossíntese é produzido apenas em células clorofiladas (fotossintetizantes) e na presença da luz. Durante as horas de escuridão e em células não fotossintetizantes (como células de raiz), a energia é suprida pela respiração, usando como substrato os compostos de carbono produzidos pelas células na fotossíntese. É durante o processo respiratório (principalmente na glicólise e ciclo de Krebs) que muitos precursores essenciais para a biossíntese de outros compostos importantes, como aminoácidos e hormônios vegetais, são produzidos. Dessa forma, as plantas, principalmente as que estão em crescimento, devem ter maior atividade fotossintética do que respiratória.

A fotossíntese bruta (FB) é aparente, pois a taxa de respiração no escuro não é idêntica à verificada na luz, existindo o processo chamado de fotorrespiração, que opera na presença de luz e  $O_2$ , promovendo uma considerável liberação (perda) de  $CO_2$  e consumo de  $O_2$ . A fotorrespiração ocorre apenas em tecidos fotossintetizantes, em condições de altos níveis de luminosidade, oxigênio e temperatura. Este processo pode reduzir a fotossíntese líquida (FL) em taxas que variam de 50 a 60%. Se a FL cai à zero (em situações em que a taxa respiratória é alta ou a FB é muito baixa), tem-se que  $FB = R$ , que é o chamado de “ponto de compensação lumínico”, o que significa que todos os fotossintetizados produzidos são consumidos no processo respiratório e, com isso, as folhas podem sofrer abscisão e a planta não se desenvolver. O mesmo acontece em situações abaixo do ponto de compensação.

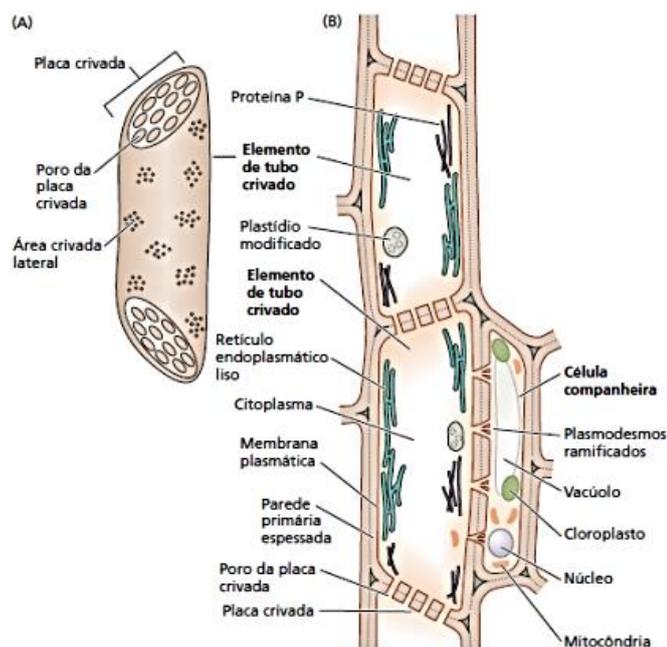
A quantidade de luz interceptada por uma planta expressa a quantidade de energia potencialmente disponível para realização da fotossíntese e é a base para o crescimento e produtividade das culturas. Assim, em termos de energia, o aumento na produtividade de uma cultura é resultado do aumento da quantidade de luz absorvida pela planta e de sua ótima utilização no processo fotossintético. O entendimento da interceptação e distribuição da luz através da copa permite também manejar de maneira adequada a arquitetura e disposição das plantas no pomar e, além disso, melhorar a qualidade dos frutos através do manejo pela poda.

A fotossíntese é um dos fatores mais prejudicados dentro do processo de estresse hídrico, devido à existência de cofatores que reduzem a taxa fotossintética das plantas, como a perda de clorofila, tornando-se necessário analisar os pigmentos fotossintéticos para averiguar alteração no teor de clorofila e a integridade das partes internas da célula durante o processo de fotossíntese. A deficiência hídrica também leva à redução da taxa de assimilação de carbono pelas folhas, relacionado à baixa eficiência de carboxilação, e redução na absorção de

CO<sub>2</sub> devido ao fechamento de estômatos e, conseqüente, aumento da resistência estomática, assim como também na desidratação celular, afetando a turgescência e o volume da célula.

Já a translocação dos produtos gerados pela fotossíntese é realizada via floema, que transporta carboidratos em soluções aquosas, geralmente sacarose, e está sobre pressão. Para ocorrer esse transporte, há a necessidade da participação de células especializadas, que são chamadas de elementos crivados. Os elementos crivados do floema são células vivas especializadas para essa translocação. Essas células possuem o mínimo de organelas possível, já que são tubos condutores vivos. Por outro lado, precisam das células companheiras anexas, para suprir as deficiências causadas por essa perda de organelas. As células companheiras dão suporte aos elementos crivados, sendo que uma de suas funções principais é o fornecimento de ATP aos elementos crivados. Há três tipos de células companheiras: ordinárias, de transferência e intermediárias.

Na Figura 4, pode-se observar um esquema de elementos crivados maduros, unidos para formar um tubo crivado. (A) Apresenta a visão externa, mostrando as placas crivadas e as áreas crivadas laterais. (B) Mostra o corte longitudinal, evidenciando esquematicamente um tubo crivado, formado pela união de dois elementos de tubo crivado. Os poros nas placas crivadas são canais abertos para transporte através dos tubos que podem ser obliteradas por calose no inverno. A membrana plasmática de um elemento crivado é contínua com a do tubo adjacente. Cada elemento de tubo crivado está associado a uma ou mais células companheiras, as quais assumem algumas funções metabólicas essenciais que são reduzidas ou perdidas durante a diferenciação dos elementos de tubo crivado. Observa-se que a célula companheira apresenta muitas organelas citoplasmáticas, enquanto o elemento de tubo crivado apresenta relativamente poucas organelas. Uma célula companheira ordinária é representada nesta mesma Figura 4.



**Figura 4.** Esquema de elementos crivados maduros, unidos para formar um tubo crivado, associados a uma célula companheira ordinária (Adaptado de Taiz e Zeiger, 2017).

É através de um fluxo de pressão gerado osmoticamente entre a fonte e o dreno que ocorre o transporte via floema, e esta translocação pode ser dividida em três partes: carregamento na fonte, transporte a longas distâncias e descarregamento no dreno. Também pode haver transporte a curtas distâncias.

A triose fosfato caminha do estroma para o citoplasma, sendo convertida em sacarose, que migra das células do mesofilo para os elementos crivados, ao longo das nervuras terminais das folhas. Tal processo pode ocorrer via apoplasto ou simplasto, sendo que, pelo simplasto, há gasto energético para atravessar a membrana por meio de um transportador de sacarose do tipo simporte.

Dentro dos elementos crivados, o transporte ocorre devido ao fluxo de pressão gerado pelo gradiente de potencial, alto na fonte e baixo no dreno. O carregamento da sacarose na fonte diminui o potencial osmótico e o potencial hídrico, levando à entrada de água proveniente do xilema, aumentando o potencial de pressão. O descarregamento do açúcar para o dreno faz aumentar o potencial osmótico dos elementos crivados. À medida que o potencial hídrico do floema aumenta, acima do potencial hídrico do xilema, a água tende a deixar o floema em resposta ao gradiente de potencial, provocando decréscimo na pressão de turgor nos elementos crivados do floema. O descarregamento do floema e o transporte em curtas distâncias podem ocorrer via simplasto ou apoplasto, sendo que, pelo simplasto, os açúcares devem atravessar, pelo menos, duas membranas: a membrana plasmática da célula que está liberando o açúcar e a membrana plasmática da célula-dreno.

## 9. Florescimento e frutificação

O rambutan floresce nos meses de março a junho nas condições da Índia, sendo que em regiões mais quentes, a floração tende a acontecer mais cedo. As plantas de rambutan propagadas por sementes iniciam a produção aos 5 ou 6 anos, enquanto as enxertadas já apresentam boa produção a partir do terceiro ano de plantio. Árvores adultas podem carregar mil panículas, sendo que as plantas masculinas apresentam panículas contendo apenas flores masculinas, e as plantas hermafroditas carregam flores masculinas e femininas. As flores são receptivas por cerca de um dia, mas podem persistir por mais tempo, caso os polinizadores ocorram em baixo número.

Água e fertilizantes devem ser aplicados de maneira regular e de forma adequada durante a floração e frutificação. A pulverização do biorregulador NAA nas flores do rambutan ajuda na produção de pólen pelas flores. Uma colônia de abelhas (*Apis cerena* indica) deve ser mantida por hectare durante a temporada de flores, visando uma melhor e mais eficiente polinização das flores.

A época de colheita varia de acordo com as condições climáticas, e os frutos levam de 90 a 130 dias para alcançar a maturação, a partir da fecundação. No Pará, a época de produção estende-se de dezembro a abril e, na Bahia, de maio a agosto (Sacramento et al., 2009).

O rambutan é um fruto não climatérico, e por isso deve ser colhido somente após a maturação. A colheita deve ser feita duas a três semanas após a mudança de cor ou quando os sólidos solúveis totais alcançarem valores de 18 a 20° Brix. O período de colheita de uma árvore pode variar de 30 a 50 dias e, desse modo, diversas colheitas são efetuadas em intervalos de três a sete dias. O tipo de colheita depende do mercado de destino, podendo ser panículas inteiras ou frutos individuais. Geralmente o cacho inteiro é colhido, usando-se uma faca e uma cesta presa em uma vara, devendo-se evitar sua queda no chão. Se os frutos forem colhidos individualmente, deve-se manter um pedaço do pedúnculo para evitar danos à casca. De qualquer forma, recomenda-se que as colheitas sejam feitas na parte da manhã ou à tarde, quando as temperaturas são mais amenas (Lim; Diczbalis, 2003).

Em pomares de rambutan bem manejados, a primeira produção gira em torno de 1 ton/ha e pode alcançar acima de 20 ton/ha no 10º ano de plantio; entretanto, a média de produção varia entre 12 e 16 ton/ha.

## 10. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

As plantas de rambutan são encontradas entre os paralelos 0 e 18°, mais comumente próximo ao paralelo 12. Próximo ao paralelo 8, a planta pode produzir de maneira satisfatória

em altitudes superiores a 500 m. Apresenta boa adaptação ao clima quente e úmido, com temperaturas entre 22° e 35° C, sendo a temperatura média nos países que cultivam esta espécie em torno de 22° a 25° C (Tindall, 1994).

De acordo com Sacramento et al. (2009), no Brasil, o rambutan é cultivado no município de Ituberá, no sul da Bahia (latitude 15°17' S e longitude 39°4'O, 100 m acima do nível do mar), com temperaturas médias de 23,6° C, umidade relativa de 85,1% e precipitação anual de 1800 mm. No Pará, as áreas produtoras situam-se nos municípios de Benevides e Santa Isabel do Pará (latitude 1°17' S e longitude 48°9' O), onde a temperatura média é de 25,9° C e a precipitação anual é de 2761 mm, com período seco entre setembro e novembro.

O rambutan enxertado pode ser plantado tão logo possua folhas maduras originadas do enxerto, e a muda em pé-franco quando tiver 30 a 40 cm de altura. O plantio pode ser efetuado em qualquer época, em locais onde haja boa distribuição de chuvas ou com possibilidade de irrigação, devendo-se preferir, entretanto, os dias nublados. Recomenda-se a aclimação das mudas antes do plantio, raleando-se gradativamente o sombreamento do viveiro. A colocação de cobertura morta ao redor da planta ajuda a manter a umidade do solo. Alguns produtores do sul da Bahia plantam três mudas por cova, as quais são conduzidas até o início de floração e, após a identificação do tipo de flor, deixam apenas uma planta (tipo com flores femininas ou flores hermafroditas), por cova (Sacramento et al., 2009).

## **11. Estratégias para altas produções**

Bem como para a maioria das espécies frutíferas, a estratégia para se conseguir altas produções está associada ao manejo correto da cultura, desde a adequada implantação (local, clima, espaçamento, entre outros), condução (podas, adubações, irrigação, fitossanidade), e colheita dos frutos.

Desta forma, conhecer a espécie torna-se de grande importância. O rambutan, por exemplo, possui a superfície coberta por inúmeras espículas, tornando-o de difícil limpeza. Desse modo, para não comprometer a qualidade do fruto, recomenda-se que, na escolha da área, os pomares sejam localizados distantes de locais sujeitos à poeira (Sacramento; Andrade, 2014).

O preparo do solo é semelhante ao executado para o plantio de outras frutíferas, constando limpeza, coleta de amostras de solo e correção da acidez para pH entre 5,5 e 6,5. Caso seja necessário, o calcário deve ser aplicado na cova ou a lanço dois a três meses antes do plantio.

Com relação ao espaçamento, considerando-se o porte do rambutan quando adulto, nos diversos países produtores, tem sido recomendados os espaçamentos de 10 x 10 m ou 10 x 12 m, resultando em uma densidade de 100 a 80 plantas/ha, respectivamente, ou em quincôncio, com a eliminação da planta central após o oitavo ano. Entretanto, com a utilização de plantas propagadas assexuadamente, as quais apresentam menor vigor, é possível utilizar espaçamentos de 6 x 6 m. Como essa frutífera não necessita de sombreamento inicial, pode-se consorciá-la com mamoeiro, maracujazeiro, abacaxizeiro, feijoeiro, milho ou outras espécies anuais ou semiperenes, que possam proporcionar algum retorno econômico durante a fase juvenil do rambutan, no caso de plantas em pé-franco (Sacramento; Andrade, 2014).

Alguns clones do rambutan apresentam a tendência de formar copa central densa caso não sejam podadas, mas em geral, quando adultas, raramente requerem podas drásticas. Nos estádios iniciais de crescimento, é essencial assegurar a formação de ramos que possam proporcionar ótima produção (Tindall, 1994).

Para obter essa arquitetura, a poda de formação deve ser feita no sentido de manter lançamentos laterais com ângulos mais abertos e bem distribuídos, além de espaçados ao redor do tronco. Tindall (1994) relata que, na Tailândia e Malásia, o sistema mais utilizado consiste na poda do ramo principal e dos ramos laterais durante os estádios iniciais de crescimento, tendo como resultado uma copa compacta e de baixa altura.

Após o plantio, recomenda-se manter as plantas livres de plantas invasoras, através de roçagem e aplicação de herbicidas.

A coloração das frutas pode ser melhorada com o uso da aplicação de Ethephon<sup>®</sup> na dose de 10 mL/L no início da mudança de cor dos frutos, uma vez que, bem como a intensidade e a qualidade da luz que chega aos frutos, são essenciais para o desenvolvimento da antocianina, que promove a pigmentação dos frutos.

A chuva e a umidade adequada dos solos são fatores importantes para um adequado enchimento e qualidade dos frutos, sendo que a seca pode resultar em alta acidez do fruto, pouca porção comestível, sabor aguado, menor tamanho e menor peso dos frutos de rambutan. Além disso, altos índices pluviométricos nos estádios finais de desenvolvimento e maturação dos frutos podem causar rachaduras.

O controle das principais pragas e doenças do rambutan também é medida imprescindível para a obtenção de altas produções. O nível de gravidade das pragas e doenças varia de acordo com as condições agroclimáticas. As doenças mais comuns no rambutan são: oídio (*Oidium napheli*), antracnose (*Colletotrichum* sp.), podridão-do-fruto (*Phytophthora*

*nicotianae* var. *parasitica*), cancro-do-caule (*Dolabra nepheliae*), míldio-negro (*Meliola nepheli*) e queima das folhas e frutos (*Pestalotiopsis* sp.). Já as principais pragas são: tripses (*Thrips* sp.), broca-do-fruto (*Conopomorpha camellella*), mosca-branca (*Aleurodicus cocois*), lagarta-das-folhas (*Oxyodes scrobiculata*), percevejo do rambutan (*Tessaratomya javanica*), gorgulho-verde (*Hypomeces suamosus*) e pulgões (Sacramento et al., 2009).

## 12. Efeitos de reguladores vegetais

Os biorreguladores são vastamente utilizados para promover inibição dos fluxos de crescimento no inverno e favorecer o florescimento, ou para melhorar a fixação de frutos no período da fixação e em pré-colheita (García Pérez, 2006).

Várias evidências indicam que a auxina está envolvida na regulação do desenvolvimento dos frutos, como a auxina natural que é produzida no polem, no endosperma e no embrião de sementes em desenvolvimento (Taiz; Zeiger, 2017). O estímulo inicial para o crescimento do fruto pode resultar da polinização. A auxina exógena pode atuar principalmente para induzir a fixação do fruto, uma vez que desencadeia a produção endógena de auxina por alguns tecidos do fruto para completar o processo de desenvolvimento (Taiz; Zeiger, 2017).

Yuan e Huang (1998), também encontraram forte correlação entre os níveis de ácido abscísico em frutos jovens e as taxas de abscisão dos mesmos com o desenvolvimento das sementes, visto que elas produzem sua própria auxina, o que facilita o crescimento da fruta. Os autores sugeriram que a aplicação de auxina exógena poderia desempenhar um papel antagônico ao ácido abscísico, reduzindo seus níveis e proporcionando redução na queda de frutos. Aplicação de auxinas sintéticas durante o desenvolvimento do fruto jovem tem se mostrado eficaz, com uma redução significativa na queda de frutos e um aumento na quantidade dos comercializáveis (Stern et al., 2001).

Vários reguladores vegetais foram relatados para a propagação, indução de flores e conjunto de frutas de rambutan, como o Paclobutrazol (300 a 500 ppm). Este foi utilizado para substituir as condições de estresse hídrico necessárias para o florescimento das plantas. Mas a aplicação de Paclobutrazol a mais de 700-1500 ppm pode causar crescimento anormal. Ethepon também pode ser usado para floração precoce no rambutan. A aplicação de 150-200 ppm de ethepon pode induzir a floração precoce de 10-13 dias em relação ao tempo normal. Ácido naftalenacético (NAA) é usado para inibir o crescimento do pistilo e promover o crescimento do estame. Também é usado para atrasar a colheita. A aplicação de 250-500 ppm

de NAA reduz a queda da flor na parte final da floração e promove aumento da frutificação quando aplicado cerca de um mês após a frutificação.

### **13. Seleção, armazenamento e embalagem**

Após a colheita, os frutos devem ser transportados imediatamente para um galpão onde são resfriados com pulverização de água fria para dissipar o calor de campo. Posteriormente, os frutos devem ser destacados das panículas com tesouras de poda, mantendo-se 0,5 cm do pedúnculo no fruto. No processo de seleção, devem ser descartados os frutos pequenos, danificados durante a colheita ou por insetos ou doenças e os de coloração desuniforme.

O armazenamento dos frutos em local refrigerado deve ser o mais rápido possível, pois, assim, poderão ser mantidos por mais tempo, após a colheita. As condições ótimas para o armazenamento do rambutan são de 10° a 12°C, com 85 a 95% de umidade relativa.

Dependendo do requerimento do mercado, os frutos são embalados em caixas de papelão, em camadas duplas ou múltiplas, com diversos envoltórios de polietileno e mantidos refrigerados de 8° a 10°C.

Os envoltórios são necessários para reduzir a perda de umidade dos frutos e aumentar o tempo de prateleira por diversas semanas pelo sistema de atmosfera modificada. As caixas mais comuns utilizadas apresentam as dimensões de 40 x 20 x 9 cm e 30 x 20 x 9 cm, onde os frutos são distribuídos em duas camadas, apresentando um peso total de 2 a 4 kg. Os frutos devem ser transportados em caminhões refrigerados (Sacramento et al., 2009).

### **14. Comercialização**

Nos países produtores da Ásia, o rambutan é comercializado como fruta fresca e, em menor escala, enlatado. Pequenos produtores colhem e comercializam os frutos em cachos amarrados com barbante tipo buquê. Entretanto, nos pomares maiores, os frutos produzidos são destacados do cacho, classificados e comercializados individualmente, enquanto na Tailândia são utilizados ambos os processos. No Brasil, os frutos são todos comercializados *in natura*. Após a seleção, os frutos são classificados e embalados em caixas de papelão (10 kg) para venda aos atacadistas e varejistas, ou em caixas de plástico transparente para supermercados dos grandes centros. Os frutos são vendidos a granel em feiras de hortigranjeiros e por comerciantes ambulantes.

## Referências

- COSTA, R.S.C. **Micorrizas arbusculares em sistemas agroflorestais em duas comunidades rurais do Amazonas**. 2010. 155 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2010.
- DURAZZINI, A.M.S. **Fungos micorrízicos arbusculares em solos sob diferentes cultivos na fazenda experimental da Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, MG**. 2008 Monografia Trabalho de Conclusão de Curso de Gestão Ambiental) - Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, Inconfidentes, 2008.
- GARCÍA PÉREZ, E. **Influência de temperatura, anelamento e reguladores de crescimento**. 2006. 106 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.
- GUADARRAMA, P.; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, F.J. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different environments in a tropical rain forest. **Mycorrhiza**, Veracruz, n. 8, p. 267-270, 1999.
- HARLEY, J.L.; SMITH, S.E. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 1983. 483 p.
- HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 2002. 880 p.
- INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE. **Descriptors for rambutan (*Nephelium lappaceum*)**. Rome, 2003.
- LIM, T.K.; DICZBALIS, Y. Rambutan. **The new rural industry**. Kingston, 2003.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.; ZAMBOLIM, L. Características das micorrizas vesículo-arbusculares e seus efeitos no crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 1-191983.
- MELETTI, L.M.M.; TEIXEIRA, L.A.J. Propagação de plantas. In: MELETTI, L.M.M. (Org.). **Propagação de frutíferas tropicais**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2000. p.13-49.
- MENZEL, C.M. **Lychee crop in Asia and the pacific**. Bangkok: FAO, 2002.
- SACRAMENTO, C.K.; ANDRADE, R.A. Cultivo do rambotã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 79-85, 2014.
- SACRAMENTO, C.K.; LUNA, J.V.U. Potencial do cultivo do rambutã na região sul da Bahia. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 6, n. 3, p. 24-26, 2004.
- SACRAMENTO, C.K. et al. Rambotã. In: SANTOS-SEREJO, J.A. et al. (Org.). **Fruticultura tropical: espécies nativas e exóticas**. Brasília: EMBRAPA, 2009. p. 403-421.

SCARPARE FILHO, J.A. **Enraizamento de estacas herbáceas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch), sob efeito de reguladores de crescimento, em sistema de nebulização intermitente.** 1990. 50 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Ed.). **Microbiologia do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 257-282.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola.** Brasília: EMBRAPA, SPI, 1994. p. 155-194.

STERN, R. A. et al. The effect of the synthetic auxins 2,4,5-TP and 3,5,6-TPA on yield and fruit size of young Fei Zi Xiao 339 and Hei ye litchi trees in Guangxi Province, China. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 558, p. 285-288, 2001.

SYLVIA, D. Activity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 20, p. 39-43, 1988.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TINDALL, H.D. **Rambutan cultivation.** Rome: FAO, 1994. 163 p. (Plant Production and Protection Paper, 121).

TRIPATHI, P.C.; KARUNAKARAN, G. Rambutan cultivation. In: DHILLON, W.S. **Fruit production in India.** Delhi: Narendra Publ. House, 2013.

VALMAYOR, R.V. et al. Growth and flowering habits, floral biology and yield of rambutan (*Nephelium lappaceum* Linn.). **Philippine Agriculturist**, Manila, v. 7, n. 54, p. 359-374, 1971.

YUAN, P.Y.; HUANG, H.B. Litchi fruit abscission: its patterns, effect of shading and relation to endogenous abscisic acid. **Science Horticulturae**, Amsterdam, v. 36, p. 281-292. 1998.

# ROMÃ



**ROMÃ** (*Punica granatum*)

André Luiz de Freitas Espinoza

## 1. Origem e distribuição geográfica

A romãzeira é uma das espécies frutíferas cultivadas mais antigas. Os relatos sugerem que ela é originária da Pérsia, atual Irã, e sua disseminação ocorreu primeiramente nas regiões vizinhas da Ásia Central, alcançou a Índia e China na direção Leste, e no Oeste países do mediterrâneo como Turquia, Egito, Tunísia, Marrocos e Espanha. Foi no período das grandes navegações espanholas que a romã foi disseminada para as Américas entre os anos 1500-1600 (Erkan et al., 2016). O nome romã da fruta, em português, descende do termo em hebraico, rimmôn, onde há vários relatos do fruto nas passagens bíblicas do antigo testamento, e que possui alguma afinidade com a palavra árabe, rummân (Romanelli, 1978).

A domesticação da romãzeira pode ter iniciado no período neolítico, na região transcaucasiana. As evidências de cultivo de romã no oriente médio datam mais de 5000 anos atrás. Artefatos e relíquias referentes à romã com mais de 3000 anos foram encontrados no Egito, Israel, Armênia e Mesopotâmia. Fragmentos carbonizados de romã, que remetem à idade do bronze, foram achados em Israel, Líbano, Egito e Armênia. No primeiro século, a romã havia sido disseminada pela Índia, e, atravessando a península indiana, no ano 1400 já era cultivada na Indonésia. Os gregos e impérios sucessores distribuíram-na por toda a

Europa, e os missionários jesuítas espanhóis introduziram a romã no México e Califórnia nos anos 1700 (Holland; Hatib; Bar-Ya'akov, 2009).

A romã tem seu desenvolvimento favorecido em condições de clima mediterrâneo, que inclui alta exposição à luz solar, invernos amenos (temperatura mínima de 12°C) e verões secos, próximo a fase de maturação do fruto; nestas condições, a fruta tem ótimo desenvolvimento de sua cor, tamanho, e acúmulo de açúcar e menor risco de rachaduras (Holland; Hatib; Bar-Ya'akov, 2009). Ainda assim, a planta se adaptou a vários ambientes tropicais e subtropicais, por isso já está espalhada ao redor do mundo abrangendo muitas zonas climáticas diferentes. Atualmente, os pomares comerciais da espécie são encontrados desde o seu centro de origem Irã, região Oeste do Mediterrâneo, China, Índia, e nas Américas nos Estados Unidos, Argentina, Chile, Brasil, Peru, e em outros países do hemisfério sul, como África do Sul e Austrália (Lima; Rosa; Bonome, 2022).

Poucos são os levantamentos realizados sobre a produção mundial desta frutífera, por essa razão, é comum encontrar contradições na literatura mundial sobre a produção de romã no mundo; mesmo assim, estima-se que a produção mundial está em expansão e atinge atualmente cerca de 1,5 milhões de toneladas anualmente. A Índia possui a maior área plantada de romã, enquanto o Irã é o maior exportador (60.000 t/ano), seguida pela Índia (135.176 t/ano). Com relação a produtividade, a Espanha ocupa o primeiro lugar (18,5 t/ha), seguido pelos EUA (18,3 t/ha).

## 2. Classificação botânica

A família Punicaceae possui apenas duas espécies *Punica granatum* e *Punica protopunica*, sendo esta última endêmica das ilhas Socotra (Iêmen) e a única espécie encontrada com parentesco de *P. granatum* que é a principal espécie difundida e cultivada (Holland; Hatib; Bar-Ya'akov, 2009).

O gênero *Punica* se aproxima da família Lythraceae quanto a anatomia do polum e anatomia da madeira, especialmente pela ocorrência de floema interxilar. Ainda assim, algumas características distintas de *Punica*, fez com que alguns autores considerassem no passado o gênero *Punica* como uma família distinta dentro da ordem Myrtales (Tabela 1). As características marcantes mais distintas são: óvulos com tegumento externo espesso e multicamada e arquespório unicelular, a união entre o ovário e o receptáculo do tálcamo; o fruto com pericarpo coriáceo e as sementes polposas com sarcotesta comestível e cotilédones de sementes enrolados (Narzary; Yazdanbakhsh; Rana, 2021).

**Tabela 1.** Classificação botânica da romãzeira (Adaptado de Rana, Narzary e Ranade, 2010).

| Níveis de classificação | Cronquist (1981)               | APG II (2003)                  |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>Reino</b>            | Plantae                        | Plantae                        |
| <b>Divisão</b>          | Magnoliophyta                  | Magnoliophyta                  |
| <b>Classe</b>           | Magnoliopsida                  | Magnoliopsida                  |
| <b>Subclasse</b>        | Rosidae                        | Rosidae                        |
| <b>Ordem</b>            | Myrtales                       | Myrtales                       |
| <b>Família</b>          | Punicaceae                     | Lythraceae                     |
| <b>Gênero</b>           | <i>Punica</i>                  | <i>Punica</i>                  |
| <b>Espécie 1</b>        | <i>Punica granatum</i> L.      | <i>Punica granatum</i> L.      |
| <b>Espécie 2</b>        | <i>P. protopunica</i> Balf. F. | <i>P. protopunica</i> Balf. F. |

A classificação intraespecífica de *P. granatum* foi desenvolvida por Rosanov, B.S., tendo a cor do ovário como a característica principal para diferenciar as subespécies, já que é uma característica estável que se mantém quando o cultivo é feito a partir de sementes. A partir disso, existem duas subespécies: *P. granatum* subsp. *chlorocarpa* com ovário verde e *P. granatum* subsp. *porphyrocarpa* com ovário vermelho. A subespécie *chlorocarpa* inclui duas variedades: var. *rubicolla*, com colar verde, e var. *rosaeicolla*, de colar rosa. Por sua vez, a subespécie *porphyrocarpa* também inclui duas variedades: var. *rubicolla*, colar vermelho, e var. *cinereicolla*, colar azulado. A maioria das subespécies silvestres, e apenas algumas cultivadas, são da variedade *chlorocarpa*, enquanto algumas subespécies cultivadas de var. *porphyrocarpa* são as principais espécies disseminadas (Djavakyants, 2012).

### 3. Morfologia e anatomia

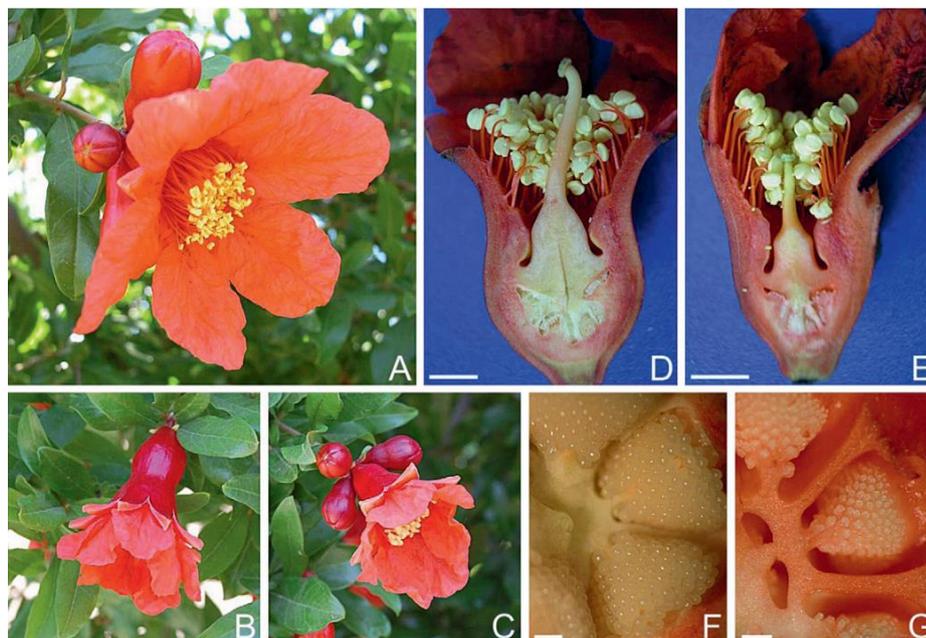
A romãzeira *Punica protopunica* das ilhas Socotra cresce como uma pequena árvore, atingindo de 2,5 a 4,5 m de altura, entretanto pode ter o desenvolvimento prostrado em regiões de planalto. Por sua vez, a romãzeira anã (*P. nana*), geralmente não ultrapassa 1,5 m de altura, sendo muito utilizada em paisagismo devido ao seu tamanho (Holland; Hatib; Bar-Ya'akov, 2009).

A romã comum (*Punica granatum*) é uma pequena árvore ou arbusto que pode atingir de 3 a 10 m de altura. Uma planta silvestre plenamente desenvolvida pode apresentar hábito de crescimento pendente ou ereto, com um tronco curvado bastante ramificado, com muitos espinhos ou não, e viver mais de 100 anos. Normalmente, o desenvolvimento inicial começa

com apenas um caule ou tronco, mas naturalmente a planta emite vários caules lenhosos a partir da base, em razão dos brotos que ali se encontram, dando à planta um aspecto arbustivo e de folhagem exuberante (Narzary; Yazdanbakhsh; Rana, 2021).

As romãs selvagens, e também aquelas cultivadas em climas temperados, usualmente são decíduas, enquanto as romãs cultivadas em clima tropical podem ser perenes ou decíduas, dependendo do cultivar. Os tipos decíduos geralmente têm crescimento mais ereto e também produzem mais rebentos comparados aos tipos perenes (Narzary; Yazdanbakhsh; Rana, 2021). O caule é liso com casca acinzentada, frequentemente quadrangular quando jovem, podendo apresentar ramos espinhosos. As folhas são opostas ou subpostas, com pecíolos curtos, simples, inteiras, de 2-8 cm de comprimento, oblongas ou obovadas, brilhantes, verdes e glabras. As inflorescências são terminais ou axilares, sendo as flores actinomorfas, bissexuais, solitárias ou em pequenos cachos com hipanto de cores vivas; o cálice é tubular com 5 a 8 lóbulos, persistente, de aspecto carnosos, valvado, as pétalas (5 a 7) são imbricadas, laranja-vermelho brilhante, lanceoladas, inseridas na base do tubo do cálice (Rana; Narzary; Ranade, 2010).

As romãzeiras podem apresentar três tipos de flores, a hermafrodita (flor completa), flor masculina e as formas intermediárias (Figura 1). A flor hermafrodita tem cálice urceolado (forma de cântaro) com ovário amplo, bem desenvolvido, enquanto as flores masculinas são menores, com cálice campanulado (semelhante a um sino) e um ovário rudimentar, por sua vez, as formas intermediárias apresentam vários graus de degeneração do ovário. Os frutos oriundos dessas flores caem prematuramente ou têm má formação durante a maturidade (Rana; Narzary; Ranade, 2010; Wetzstein et al., 2011).



**Figura 1.** Anatomia das flores de romãzeira. (A) Flor totalmente aberta mostrando pétalas vivamente laranja-vermelhas e numerosas anteras ligadas a longos filetes vermelhos, localizadas no fim do ramo. (B) Flor única quase sésstil. O cálice de textura coriácea está fundido na base. (C) Grupo de flores com uma flor central avançada subtendida por botões fechados. (D) Secção longitudinal de uma flor bissexual mostrando anteras com filetes inseridos na superfície interna do tubo do cálice. (E) Secção longitudinal de uma flor funcionalmente masculina, mostrando estames bem desenvolvidos, mas um pistilo subdesenvolvido. (F) Detalhes de óvulos bem formados de uma flor hermafrodita. (G) Óvulos subdesenvolvidos de uma flor funcionalmente masculina. Escala: D-E = 5,0 mm, F-G = 500 µm (Adaptado de Wetzstein et al., 2011).

A heterostilia é comum nas flores de romãs. As flores perfeitas (hermafroditas) possuem estiletes longos e maiores, bem como ovário maior e desenvolvido, e por isso geram mais frutos, comparado às flores intermediárias ou funcionalmente masculinas, que possuem estiletes mais curtos e cálice tubular que frequentemente caem ou não produzem frutos. As flores de estilo longo geralmente se desenvolvem em ramos velhos e possuem estigma na altura das anteras, ou acima, possibilitando a autofecundação ou polinização por insetos. Por sua vez, as flores de estilo curto se desenvolvem em ramos novos. Os melhores frutos são obtidos de flores precoces, porque provavelmente se desenvolvem durante condições meteorológicas mais favoráveis (Wetzstein et al., 2011).

#### 4. Germinação e propagação vegetativa

A propagação sexuada da romã tem pouca expressão, pois as plantas geradas a partir de sementes apresentam variabilidade significativa nos atributos morfológicos e produtivos, embora muitas variedades oriundas de sementes tenham sido selecionadas anteriormente e ainda são populares mundialmente. A germinação das sementes de romã depende principalmente da dureza, variedade e época de semeadura. A porcentagem de germinação

pode variar de 7 a 98%, e o tempo de germinação de 21 a 100 dias, dependendo da dureza da semente, sendo que as sementes mais duras são as mais difíceis de germinar (Chandra; Dhinesh Babu, 2010).

Outro empecilho para a germinação da romã é a característica do material externo que recobre as sementes, uma sarcotesta gelatinosa e translúcida (arilo), que torna a germinação lenta e desuniforme. O arilo deve ser retirado, friccionando a semente contra uma peneira em água corrente, após a fermentação com uma solução açucarada (10:1) por 72 h (Lima; Rosa; Bonome, 2022). A retirada dos arilos e imersão das sementes em água dispensa a necessidade de aplicação de giberelina e pode aumentar a taxa de germinação em mais de 90% (Takata et al., 2014).

A estaquia é a principal forma de propagação vegetativa da romãzeira, que consiste em regenerar uma planta a partir de um segmento que pode ser raiz, caule ou folha. Esta técnica garante a uniformidade do pomar, já que os indivíduos gerados são clones da planta matriz, além de reduzir o ciclo produtivo da planta (Lima; Rosa; Bonome, 2022). O sucesso da propagação por estaca depende das características dos ramos selecionados da planta matriz e o pós tratamento para enraizamento.

A romã é considerada uma planta de difícil enraizamento das estacas, sendo que a maturidade do caule um fator essencial ao enraizamento. As estacas de madeira dura e basais, possuem melhor enraizamento comparado às estacas semilenhosas e macias, e as estacas sub-apicais e apicais. A idade ideal do ramo para ser utilizado na propagação vegetativa é entre 6 e 18 meses, e a espessura para ótimo enraizamento da estaca está entre 6-12 mm de diâmetro, além disso, os ramos laterais que florescem e frutificam são inadequados para propagação. Outros fatores também podem influenciar o pegamento dos ramos, como o pré-condicionamento dos ramos e a utilização de reguladores vegetais (Chandra; Dhinesh Babu, 2010).

O anelamento induz brotações laterais e enraizamento do caule destacado, bem como maior comprimento e número de raízes. A utilização de biorreguladores pode ser feita por imersão rápida ou prolongada. A imersão rápida pode ser efetuada de 5 a 30 minutos, com altas concentrações dos biorreguladores, enquanto na imersão prolongada pode-se utilizar os reguladores em menor quantidade, porém por um período de tempo maior (cerca de 24 h). Os principais resultados têm sido encontrados utilizando auxinas como ácido indol-3-butírico (IBA) e ácido naftaleno-acético (NAA), mas além dos reguladores, alguns microrganismos do gênero *Azospirillum*, *Trichoderma*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*, etc., podem melhorar o enraizamento e sobrevivência de estacas de romã (Chandra; Dhinesh Babu, 2010).

Outros métodos de propagação também têm sido estudados para o estabelecimento do pomar, porém até o presente momento não são amplamente empregados, mas para conhecimento destes, a romãzeira também pode ser propagada por técnicas de alporquia, favorável em condições úmidas, enxertia, mergulhia e micropropagação (dificultada pela exsudação de compostos fenólicos das estacas).

## **5. Desenvolvimento das raízes**

O sistema radicular da romã cresce de forma flexível vertical e horizontalmente nas árvores. As raízes com crescimento vertical atingem profundidades de 170-180 cm após 4-6 anos, enquanto as raízes superficiais estendem sua área além da projeção da copa, o que confere uma vantagem de ancoragem à planta em encostas rochosas e solo. Em contrapartida, as raízes desenvolvidas em plantas propagadas por estaquia não possuem um crescimento pivotante expressivo e sua distribuição é superficial, penetrando menos de 60 cm e raramente ultrapassando 90 cm do solo (Narzary; Yazdanbakhsh; Rana, 2021).

## **6. Desenvolvimento do caule**

O caule recém desenvolvido é liso e coberto por uma casca vermelho-acastanhada que, mais tarde, torna-se acinzentado, e frequentemente é quadrangular em estádios mais jovens. Os ramos são rígidos, angulares e frequentemente espinhosos. Os ramos jovens desenvolvidos a partir do crescimento vegetativo do ano anterior são finos e numerosos. A cor dos ramos jovens depende da variedade; em alguns varia de rosa a roxo, em outros pode ser verde claro com manchas ou listras rosas ou arroxeadas. Às vezes os ramos jovens podem apresentar espinhos na ponta, que podem ser visíveis nas axilas das flores jovens. Os ramos crescem com brotos curtos, médios ou longos, e normalmente os brotos curtos e médios são os que desenvolvem botões florais.

À medida em que a planta amadurece, a cor rósea dos ramos vai sendo substituída por uma coloração acinzentada, escurecendo à medida que a planta envelhece. Em plantas antigas, é comum ocorrer o rompimento da casca do tronco, revelando a cor da madeira amarelo-claro. Ambos, caule e casca contêm alcaloides em sua composição. Um caule subterrâneo, chamado xilopódio, funciona como órgão de reprodução vegetativa e também como armazenamento de reservas, que é de extrema importância em condições ambientais desfavoráveis (Narzary; Yazdanbakhsh; Rana, 2021).

## 7. Desenvolvimento das folhas

As folhas se desenvolvem após a quebra dos botões dormentes, e enquanto jovens são vermelho-esverdeadas, porém, à medida que amadurecem tornam-se verdes brilhantes, com a face superior mais escura, enquanto o pecíolo mantém sua coloração avermelhada. A romã, por ser heterofílica, possui dois tipos de folhas: obcordadas, com 5 cm de comprimento e 2 cm de largura; e lanceoladas, 11 cm de comprimento e 3 cm de largura. Ambas apresentam as mesmas características anatômicas, mas diferem nos aspectos que levam ao desenvolvimento da sua forma final.

A epiderme foliar possui idioblastos cristalinos, e os estômatos estão distribuídos principalmente na face abaxial. As folhas apresentam nervuras secundárias sem células de transferência de floema e também drusas na nervura central. Os cristais não ocorrem nos vasos do xilema ou floema da nervura central, mas em células parenquimáticas da nervura central circundante (Narzary; Yazdanbakhsh; Rana, 2021).

## 8. Efeitos de fatores ecológicos

O cultivo da romã abrange uma ampla faixa geográfica, incluindo regiões úmidas a desérticas. Embora seja uma planta adaptada a uma ampla faixa de condições climáticas, a condição ótima do desenvolvimento deve possuir características do clima mediterrâneo com verões quentes e secos, e invernos frios, mas com temperaturas que não ultrapassem  $-12^{\circ}\text{C}$ . A temperatura diária até  $38^{\circ}\text{C}$  e clima seco, é a condição ideal para obter frutos de melhor qualidade durante seu desenvolvimento (Ikinci et al., 2014).

### 8.1 Temperatura

Mesmo sendo cultivada em algumas regiões de clima temperado, a romã não é uma espécie resistente a geadas, ainda assim, alguns cultivares crescendo na Ásia-Central, toleram invernos com temperaturas até  $-25$  e  $-30^{\circ}\text{C}$ . O problema são as geadas precoces ou tardias, que podem prejudicar o desenvolvimento dos botões florais na primavera (não toleram temperaturas abaixo de  $-1,5$  a  $-2,0^{\circ}\text{C}$ ), e causar a queda precoce das folhas, e morte dos ramos no outono em temperaturas de  $-2$  a  $-3^{\circ}\text{C}$ . A exigência de frio é muito baixa, e a maioria dos cultivares não precisa de frio no inverno, porém alguns necessitam de 100 a 600 horas de frio para quebra de dormência dos botões, devendo ser evitado o plantio destas em climas mais quentes.

A romã é uma planta que necessita de altas temperaturas; os frutos de melhor qualidade são obtidos em regiões com verões longos, quentes e secos sem dias chuvosos. A

planta pode tolerar altas temperaturas entre 46 e 48°C, porém, para alguns cultivares, temperaturas muito elevadas podem lesionar os frutos na árvore, causando danos. A maior amplitude térmica diária pode melhorar a coloração da casca e dos arilos. Temperaturas mais altas durante a maturação retardam a coloração dos frutos e dos arilos; isso está relacionado ao fato das temperaturas mais altas apresentarem relação inversa ao acúmulo de antocianinas (Yilmaz; Rezaei; Sarkhosh, 2021).

## **8.2 Água**

A romãzeira é uma planta resistente à seca e pode sobreviver vários anos nessas condições, porém, as melhores produções são alcançadas em condições de irrigação com suprimento de água adequado, especialmente para realizar as atividades fotossintéticas. O estresse hídrico pode diminuir o rendimento dos frutos, deixando-os pequenos e mais ácidos. A falta d'água atrasa o crescimento da planta, fazendo com que uma muda que leva 10 a 12 anos para atingir 1 m de altura, em condições irrigadas, atinja o mesmo tamanho em 2 anos. A quantidade de água demandada pela planta é aproximadamente 1200 mm/ano. O período crítico para o fornecimento regular de água ocorre na fase de florescimento e do enchimento dos frutos, pois sem quantidade de água adequada nestes períodos, as flores e os pequenos frutos podem cair, e, somado a isso, a mudança repentina na umidade do solo pode causar rachadura nos frutos. A planta tolera salinidade em concentrações de até 40 mM de solução de NaCl, sendo uma planta moderadamente tolerante à salinidade (Yilmaz; Rezaei; Sarkhosh, 2021).

## **8.3 Luminosidade**

A romã necessita de luz intensa, pois a intensidade luminosa afeta a fotossíntese, o crescimento vegetativo, floração, tamanho, cor e composição dos frutos. Para se ter uma ideia da importância da luminosidade nas características qualitativas dos frutos, os pomares cultivados em locais com maior exposição luminosa produzem frutos com mais vitamina C e menos compostos fenólicos, comparados a frutos crescidos em locais de baixa altitude e baixa intensidade de luz. As romãs precisam de pelo menos 6 horas de luminosidade direta para garantir boa coloração e produtividade, por isso, ao implantar um pomar, é indicada a orientação norte-sul das fileiras de plantas para melhor aproveitamento da luz solar (Yilmaz; Rezaei; Sarkhosh, 2021).

A luz em excesso, entretanto, é um problema, pois pode causar lesões nos frutos que inicialmente cresceram à sombra. No estudo de Yazici, Akdeniz e Kaynak (2009), ocorreram

queimaduras solares nos frutos quando as temperaturas foram maiores que 30°C e a radiação solar superior a 610 W/m<sup>2</sup>. As queimaduras ocorreram no lado exposto ao sol, quando a superfície dos frutos atingiu 45-50°C. Além disso, a umidade relativa do ar também influencia neste efeito, pois a umidade pode diminuir o calor na superfície do fruto, porém condições frequentes de alta umidade podem causar rachaduras nos frutos.

#### **8.4 Vento**

Ventos fortes podem prejudicar o desenvolvimento da romã, especialmente nas variedades espinhosas, pois a casca dos frutos pode ser danificada, afetando negativamente o valor de mercado. Áreas de ventos fortes devem ser evitadas, pois as árvores são sensíveis e o efeito mecânico do vento visível, especialmente em plantações jovens com ventos dominantes em uma direção. O tronco fica inclinado e a copa deformada, deixando a árvore desequilibrada. Em locais com probabilidade de danos por ventos ou geadas, deve-se utilizar barreiras na direção contrária aos ventos predominantes. Além disso, plantas expostas às brisas marítimas frias não florescem bem, nem produzem muitos frutos, e geralmente os frutos produzidos são mal coloridos e permanecem azedos e ácidos (Yilmaz; Rezaei; Sarkhosh, 2021).

#### **9. Solos, nutrição e micorrizas**

O solo ideal para o cultivo da romãzeira, é um solo profundo e bem drenado, pois as plantas não toleram encharcamento. O preparo do solo deve ser realizado com, no mínimo, 90 dias de antecedência, em uma profundidade de 50 a 60 cm, e utilizando técnicas que permitam maior aprofundamento do sistema radicular após a implantação do pomar. A subsolagem (feita em linhas cruzadas) permite a incorporação do calcário e fertilizantes em profundidade, enquanto a aplicação de gesso agrícola, que fornece Ca e S em profundidade, auxilia no desenvolvimento das raízes e maior exploração do volume de solo para aquisição de água e nutrientes (Lima; Rosa; Bonome, 2022). O pH do solo deve ser corrigido para 6,5 com calcário, pois, neste valor, a maioria dos nutrientes estão em formas disponíveis para serem absorvidos pelas raízes.

Na implantação de um pomar, recomenda-se a incorporação de matéria orgânica e outros nutrientes e corretivos aplicados ao solo, na área total. Se não for possível a aplicação em área total, é recomendado aplicar na faixa de cultivo (2-3 m), e então, por último, a adubação na cova de plantio, cujo inconveniente é limitar a área que pode ser explorada pelas raízes com nutrientes, especialmente nos primeiros meses (Lima; Rosa; Bonome, 2022).

Até o presente momento, ainda não há recomendação específica para adubação da romãzeira no Brasil, por essa razão indica-se fazer a adubação comum a outras frutíferas que são: a adubação de correção, plantio e manutenção.

Na correção do solo, o calcário deve ser aplicado e incorporado, pelo menos, 90 dias antes do plantio, e a dose deve ser parcelada quando a quantidade for superior a 5 t/ha. A frequência de amostragem de solo para análise deve ser de, no máximo, três em três anos. Além disso, a diagnose visual e análise foliar podem ser realizadas como complemento para observar o estado nutricional das plantas e adequar melhor o programa de adubação (Tabela 2). A amostragem deve ser efetuada após a colheita dos frutos, considerando o local de aplicação do fertilizante no ano anterior (Lima; Rosa; Bonome, 2022).

**Tabela 2.** Interpretação dos teores de macro e micronutrientes foliares na cultura da romãzeira (Adaptado de Chandra et al., 2011 e Lima, Rosa e Bonome, 2022, para cultivares adaptados ao cultivo na Índia).

| <b>Nutriente</b>          | <b>Deficiente</b> | <b>Baixo</b> | <b>Adequado</b> |
|---------------------------|-------------------|--------------|-----------------|
| N (g kg <sup>-1</sup> )   | <5,4              | 5,4 – 9,0    | 9,1 – 16,6      |
| P (g kg <sup>-1</sup> )   | < 0,9             | 0,9 – 1,1    | 1,2 – 1,8       |
| K (g kg <sup>-1</sup> )   | < 2,0             | 2,0 – 6,0    | 6,1 – 15,9      |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )  | < 1,3             | 1,4 – 7,6    | 7,7 – 20,2      |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )  | <0,3              | 0,3 – 1,5    | 1,6 – 4,2       |
| S (g kg <sup>-1</sup> )   | <1,0              | 1,0 – 1,5    | 1,6 – 2,6       |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | <34               | 34 – 75      | 71 – 214        |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | <15               | 15 – 28      | 29 – 89         |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | <8                | 8 – 13       | 14 – 72         |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) | <7                | 8 – 28       | 29 – 72         |

No Brasil os principais formulados utilizados na adubação da romãzeira são: NPK 10-0-10, 20-5-20, 20-0-20 e 04-14-08, associados à torta ou farelo de mamona, B e Ca. Nas condições edafoclimáticas italianas recomenda-se a aplicação por hectare de 120 kg de N, 160 kg de K<sub>2</sub>O, 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 50 kg de CaO que devem ser divididos de acordo com o estágio da cultura (Tabela 3).

**Tabela 3.** Recomendação do parcelamento da adubação de um pomar de romãzeira para expectativa de produção de 25 a 30 t ha<sup>-1</sup> (Adaptado de Lima, Rosa e Bonome, 2022).

| <b>Etapas do desenvolvimento da romãzeira</b> |   |   |
|---|---|---|
| <b>Floração</b>                               | <b>Enchimento do fruto</b>                | <b>Colheita</b>                           |
| 15% N (18 kg)                                 | 65% N (78 kg)                             | 20% N (24 kg)                             |
| 30% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (21 kg)     | 40% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (28 kg) | 30% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (21 kg) |
| 25% K <sub>2</sub> O (40 kg)                  | 45% K <sub>2</sub> O (72 kg)              | 30% K <sub>2</sub> O (48 kg)              |
| 30% CaO (18 kg)                               | 50% CaO (30 kg)                           | 20 CaO (12 kg)                            |
| 30% Fe + ácido fúlvico                        | 40% Fe + ácido fúlvico                    | 30% Fe + ácido fúlvico                    |

A demanda de nutrientes é diferente de acordo com o estágio de desenvolvimento em que a cultura se encontra. Durante o crescimento vegetativo, as necessidades de N e P são maiores, porque visa a produção de tecidos foliares e radiculares. Já no amadurecimento dos frutos, é maior a demanda de K, Ca e Mg (Tabela 4).

**Tabela 4.** Demanda de nutrientes (Adaptado de Lima, Rosa e Bonome, 2022).

| <b>Estádios de desenvolvimento da romãzeira</b> |                                |                             |
|---|--------------------------------|-----------------------------|
| <b>Crescimento vegetativo</b>                   | <b>Floração e frutificação</b> | <b>Maturação dos frutos</b> |
| 50% N   | 30% N                          | 20% N                       |
| 30% P   | 40% P                          | 30% P                       |
| 10% K   | 30% K                          | 60% K                       |

A inoculação de romãzeira com fungos micorrízicos é uma estratégia que permite a planta absorver nutrientes com mais eficiência, pois as hifas fúngicas que infectam as raízes, são mais finas e numerosas e podem alcançar poros menores do solo, onde as raízes não penetram, além de aumentar o volume de solo explorado. Essas vantagens promovem a eficiência na absorção de água e alguns nutrientes, com destaque para o P, que é um elemento pouco móvel no solo. A ação das micorrizas em captar o P, entretanto, é mais eficiente em condições de baixa disponibilidade de P, e, além disso, a associação com micorrizas pode reduzir os efeitos negativos do estresse salino (Arab Yarahmadi et al., 2018).

## 10. Florescimento e frutificação

A romã tem um período de juvenildade de 1 a 2 anos, só, então, a planta floresce. A floração começa 1 mês após a brotação de ramos bem desenvolvidos do mesmo ano. No hemisfério norte, o período é de abril a maio, porém, pode se estender até o final do verão. A antese completa das flores leva de 3 a 5 horas, enquanto o estigma apresenta receptividade um dia antes da antese, e permanece nesta condição até o segundo dia após a antese (Holland; Hatib; Bar-Ya'akov, 2009).

A romã pode ser polinizada através da autopolinização ou polinização cruzada, sendo os principais agentes polinizadores os insetos e o vento. Após a polinização, o grão de pólen germina e o tubo polínico pode alcançar o ovário em até 24 horas, então as células espermáticas adentram o óvulo pela micrópila e ocorre a fertilização. Cada arilo (semente) formado é consequência de uma fertilização independente (Narzary; Yazdanbakhsh; Rana, 2021). As sépalas (5-8) são fundidas na base e persistem até o final do amadurecimento do fruto, permanecendo uma coroa no ápice que vai se fechando de acordo com a variedade, podendo ser um indicador de maturidade. O fruto que se desenvolve a partir do ovário está ligado ao ramo por um pedúnculo curto. Após a frutificação, a cor das sépalas muda de vermelho-alaranjado para verde (Holland; Hatib; Bar-Ya'akov, 2009).

O fruto da romã é uma baga não climatérica e indeiscente; é globosa ou ligeiramente achatado na parte superior, com 5-12 cm de diâmetro e pesando de 200 a 650 g, às vezes mais. Geralmente os frutos amadurecem de 5 a 8 meses após a floração. O fruto possui uma casca (pericarpo) com aspecto coriáceo e lenhoso, um mesocarpo esponjoso que é dividido em câmaras onde se encontram as sementes. A cor da casca varia de verde, rosa, avermelhada a vermelho escuro, com espessura variando de 1,4 a 4,24 mm dependendo do genótipo e práticas culturais (Narzary; Yazdanbakhsh; Rana, 2021).

As sementes são não endospermáticas, possuem formato de prisma, testa carnosa e tegumento lenhoso. A sarcotesta (camada mais externa da testa) não é um arilo verdadeiro, mas frequentemente este termo é encontrado na literatura. Ela se desenvolve a partir das células epidérmicas externas da semente e se alonga na direção radial; uma pressão de turgor desenvolvida pela seiva dessas células preserva sua forma característica. A cor dos arilos suculentos comestíveis pode variar de praticamente incolor a vermelho profundo, dependendo da variedade; estes representam de 55-60% do peso total da fruta, contendo 80% de suco e 20% de sementes. A cor externa da casca também não indica o grau de maturação da fruta, nem sua prontidão para consumo. A fruta pode atingir sua cor final muito antes dos arilos

estarem completamente maduros. Os cultivares são categorizados como doces, agrídoces ou azedos, dependendo dos níveis de acidez (Erkan; Dogan, 2018).

A planta pode começar a dar frutos a partir de 2 anos e meio, e embora a planta possa viver por cerca de 200 anos, a sua produtividade começa a declinar a partir do 15° ano (Erkan; Dogan, 2018).

## **11. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente**

O cultivo da romã se estende por uma ampla área geográfica, com características distintas, desde regiões desérticas, até muito úmidas, de áreas ao nível do mar, até planaltos nas zonas climáticas tropicais e subtropicais. A planta nativa do Irã é extensivamente cultivada em regiões áridas e semiáridas em todo o mundo. Plantas silvestres de *P. granatum* são encontradas nas regiões da Transcaucásia, Daguestão, Ásia Central, Ásia Menor, Irã, Afeganistão e Índia. A romã é característica de regiões subtropicais, e nesses ambientes a espécie apresenta comportamento total ou parcialmente caducifólia, enquanto em regiões tropicais as folhas são perenes (Yilmaz; Rezaei; Sarkhosh, 2021).

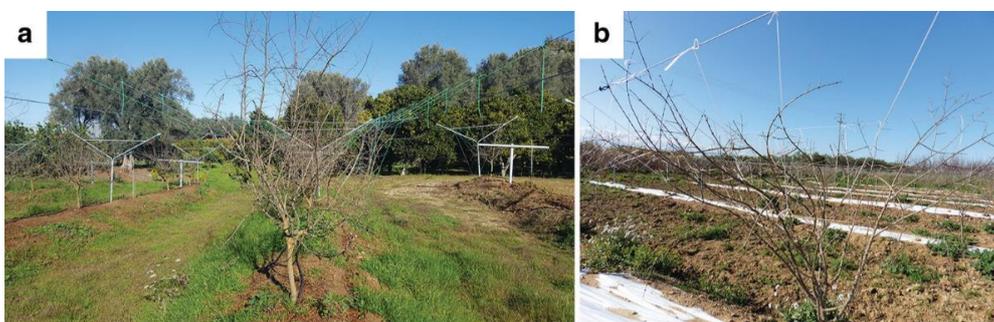
Também pode ser cultivada em regiões de microclima especial em zonas temperadas, áridas e semiáridas. Áreas chuvosas ou com alta umidade relativa, entretanto, são inadequadas para o cultivo, porque os frutos produzidos nessas condições tendem a ser menos doces e de menor qualidade (Yilmaz; Rezaei; Sarkhosh, 2021). O cultivo de romã que tem crescido nos últimos anos, tendo sido principalmente desenvolvido na Índia, Irã, China, Turquia, EUA, Azerbaijão, Israel, Afeganistão, Paquistão, Tunísia, Egito, Espanha e Síria, e também é cultivado em alguns outros países (África do Sul, Chipre, Itália, França, Líbano, Arábia Saudita, Iêmen, Omã, Armênia, Geórgia, Cazaquistão, Turcomenistão, Tajiquistão, Quirguistão, Bangladesh, Mianmar, Vietnã, Tailândia, Chile, México, Argentina, Brasil e Austrália) em níveis de produção menores (Holland; Hatib; Bar-Ya'akov, 2009).

## **12. Estratégias para altas produções**

A época de plantio adequada deve levar em conta a condição das mudas. Se o plantio for com mudas com raízes nuas, o ideal é plantar no final do inverno ou início da primavera, assim que o risco de geada for superado (a partir de agosto no hemisfério sul). Se as mudas forem provenientes de recipientes, o plantio poderá ser feito em qualquer época do ano. As plantas precisam de irrigação imediatamente após o plantio para evitar o ressecamento das raízes e estresse hídrico. A utilização de estacas pode evitar o tombamento das plantas devido à ação dos ventos (Ferrara et al., 2021).

A romãzeira começa a produzir frutos relativamente rápido, aos 2 anos de idade. Como consequência disso, há tendência dos ramos jovens se curvarem com o peso dos frutos, por isso é uma prática comum amarrar os galhos em suportes ou adequá-los com podas. São comuns práticas de tutoramento apoiando os galhos em estruturas de madeira ou metal formando um “Y”, ou com arames horizontais sustentados por postes (Figura 2). A densidade de plantas recomendadas é entre 500 a 700 plantas por hectare. Em todos os sistemas, a altura da árvore não deve ultrapassar 3 m visando facilitar os tratos culturais e a colheita.

**Figura 2.** Tutoramento da romãzeira em forma de “Y” no inverno (A); ramos amarrados a arames (B), (Adaptado de Ferrara et al., 2021).



A densidade de plantio deve ser escolhida levando em conta a luminosidade considerando os seguintes fatores: 1) Luz: deve-se penetrar luz suficiente na copa, pois ela é essencial para o amadurecimento dos frutos; 2) Aeração: ajuda a reduzir problemas fitossanitários; 3) Movimentação das máquinas e trabalhadores adequados. A orientação do pomar norte-sul é recomendada devido à direção leste-oeste da movimentação solar no céu, o que permite uma distribuição uniforme de luminosidade (Ferrara et al., 2021). O espaçamento estreito causa aglomeração no pomar. Após vários anos, as árvores sombreiam umas às outras e a fotossíntese diminui, levando a uma redução no crescimento e desenvolvimento das árvores. A luz insuficiente também afeta a indução e diferenciação floral, a floração, a formação dos frutos e a qualidade dos frutos (Yilmaz; Rezaei; Sarkhosh, 2021). Por essas razões, o espaçamento recomendado é de 5,5 a 6,0 e 3,0 a 3,5 entre linhas e plantas, respectivamente (Lima; Rosa; Bonome, 2022).

Embora seja uma planta conhecida por tolerar condições de restrição hídrica, para garantir altas produções, pode-se utilizar sistemas de irrigação por gotejamento ou microaspersão. Nas fases iniciais a quantidade de água necessária é limitada, porém deve-se manter uma certa frequência, pois as plantas jovens ainda estão desenvolvendo seu sistema radicular e têm menor capacidade de enfrentar escassez hídrica. Nestas etapas iniciais a

irrigação pode ser feita por fitas gotejadoras colocadas de cada lado da planta, ou microaspersores posicionados cerca de 30 cm do tronco (Ferrara et al., 2021).

Além destes cuidados, deve ser monitorada a infestação de plantas invasoras, especialmente no estabelecimento do pomar, e também a ocorrência de doenças. No Brasil, não existem ainda produtos específicos para o combate de plantas invasoras em romãzeira, por isso outra alternativa é o controle físico por meio de capina manual nas linhas de cultivo e roçagem mecânica nas entrelinhas. Outra estratégia é manter o canteiro coberto por palhada, que evita a germinação de sementes das espécies invasoras armazenadas no banco de sementes do solo.

As principais doenças da romãzeira no Brasil são: antracnose (*Colletotrichum*), cercosporiose (*Pseudocercospora punicae*) e coração ou podridão negra (*Alternaria alternata*), podridão da romãzeira (*Coniella granati*) causadas por fungos; ferrugem bacteriana da romã (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Punicae*). As doenças podem ser controladas por meio de aplicação de produtos químicos para eliminar o patógeno, ou em níveis de infestação mais severos, devem ser removidas as partes das plantas contaminadas (Lima; Rosa; Bonome, 2022).

As podas feitas na romã têm por objetivo moldar a arquitetura da planta, limitar o crescimento excessivo, facilitar a entrada de luz, melhorar as trocas gasosas, favorecer a aplicação de produtos químicos e encurtar os ramos jovens que podem crescer e dobrar por causa do peso dos frutos, levando o fruto ao contato com o solo. A poda de formação tem como objetivo promover a simetria da copa e estimular novas brotações; a poda de frutificação visa equilibrar a fase vegetativa com a reprodutiva, retirando os ramos ladrões e os galhos que se cruzam, isso faz com que o interior da copa fique arejado; por fim, a poda de renovação é realizada para reverter a queda acentuada na produção, através da recuperação de plantas velhas ou doentes, nesta poda busca-se manter a arquitetura principal da planta (Lima; Rosa; Bonome, 2022).

Outra prática é o raleio dos frutos, que tem como objetivo melhorar a distribuição e o tamanho dos frutos, pois há uma correlação negativa entre número de frutos e tamanho. O raleio deve ser realizado durante a fase de desenvolvimento do fruto, quando este atinge em torno de 3 a 4 cm de diâmetro; normalmente ocorre 8 a 10 dias após a abertura floral e tem uma duração de 10 a 14 dias. Esta prática pode ser realizada mais de uma vez, já que o florescimento da romãzeira é desuniforme. No raleio, são removidos os frutos mal formados, com sintomas de escaldadura, danificados por pragas e doenças, e também que estejam atrasados ou adiantados em seu desenvolvimento, buscando a uniformidade na colheita.

Recomenda-se deixar um fruto por nó, adotando-se um espaçamento de 20 cm entre frutos, e mantendo até cinco frutos por ramo (Lima; Rosa; Bonome, 2022).

### **13. Efeitos de reguladores vegetais**

Alguns reguladores vegetais podem ser utilizados para alterar o crescimento, desenvolvimento e produção das plantas. O etileno é amplamente utilizado como desfolhante em romãzeira e para regular a floração; ele ativa a expressão gênica de enzimas degradadoras da parede celular, como a celulase e a poligalacturonase. Interrompe o desenvolvimento dos estames por meio de indução de danos no DNA, o que promove a formação de flores femininas (Kumar; Saroj; Sharma, 2019).

O ethephon ( $1-3 \text{ mL L}^{-1}$ ), a tioureia ( $5-20 \text{ g L}^{-1}$ ) ou o curacron ( $3-5 \text{ mL L}^{-1}$ ) são utilizados para desfolhação e indução floral. A aplicação de Ethrel pode causar abscisão de frutos e folhas, bem como também pode ser utilizado no desbaste de flores ( $0,5 \text{ mL L}^{-1}$ ) e induzir a formação de flores hermafroditas, por sua vez, a aplicação de giberelina produz mais flores masculinas e menos flores femininas, o que é uma desvantagem na produção de frutos (Kumar; Saroj; Sharma, 2019). Estes desfolhantes são utilizados principalmente no inverno, para a desfolhação e brotação de novos ramos.

O ácido naftalenacético ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ) é eficiente em aumentar o número de frutos por árvore, peso do fruto, produtividade, além de aumentar o número de flores hermafroditas e prevenir a queda dos frutos. Tendo em vista a redução da queda dos frutos, alguns inibidores de etileno têm sido utilizados com sucesso, por exemplo, o cloreto de cobalto e o nitrato de potássio.

O enraizamento das estacas pode ser melhorado com a utilização dos reguladores vegetais, especialmente auxinas. O ácido indol-3-butírico (IBA) pode ser utilizado para este propósito, mergulhando-se a estaca durante um minuto em solução concentrada de IBA  $2000-3000 \text{ mg L}^{-1}$ , ou em uma solução com concentração menor de IBA,  $100 \text{ mg L}^{-1}$ , durante uma hora (Chandra et al., 2011).

### **14. Senescência e aproveitamento de resíduos**

Os principais resíduos produzidos pela romã são a casca e as sementes; elas são muito valiosas devido à sua riqueza em compostos bioativos, por isso são atrativas para serem convertidas em produtos de valor agregado. A casca da romã possui compostos antioxidantes e antimicrobianos, que têm eficácia comprovada utilizando-os como aditivos na nutrição

humana. Além disso, pode atuar como conservantes naturais que prolongam a vida útil de produtos alimentícios por inibir o crescimento microbiano.

A casca de romã, que compõe cerca de 43% do peso do fruto, é rica em compostos bioativos como flavonoides (antocianinas), taninos hidrolisáveis (exemplo, punicalagina e ácido elágico) e pectina. Esses compostos possuem propriedades anti-oxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias, podendo ser utilizada na formulação de suplementos alimentares. Além disso, ainda pode ser reaproveitada na fabricação de bioplástico e revestimento de embalagens alimentícias. Sua utilização como aditivo aumenta a flexibilidade e a resistência dos materiais, proporcionando embalagens mais duráveis e sustentáveis (Ko; Dadmohammadi; Abbaspourrad, 2021).

Da semente de romã, que representa 11% do peso do fruto, pode-se extrair o óleo, que é rico em ácidos graxos essenciais, com destaque ao ácido púnico, e compostos bioativos que beneficiam a saúde da pele. O óleo de semente de romã é utilizado em formulação de cosméticos devido às propriedades hidratantes, anti-inflamatórias e cicatrizantes. Além disso, é eficaz no combate aos danos causados pela radiação UV, prevenindo o envelhecimento da pele e promovendo regeneração celular (Ko; Dadmohammadi; Abbaspourrad, 2021).

## Referências

ARAB YARAHMADI, M. et al. Pomegranate growth affected by arbuscular mycorrhizae, phosphorus fertilizer, and irrigation water salinity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 49, n. 4, p. 478–488, 2018.

CHANDRA, R.; DHINESH BABU, K. Propagation of pomegranate: a review. **Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology**, Tokyo, v. 4, n. 2, p. 51–55, 2010.

CHANDRA, R. et al. **Pomegranate growing manual**. Solapur: National Research Centre on Pomegranate, 2011. 56 p.

DJAVAKYANTS, M.Yu. Pomegranate distribution and diversity in Uzbekistan. Conservation and sustainable use of biodiversity of fruit crops and wild fruit species. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE, 2012, Tashkent. p. 84-86. **Proceedings...**

ERKAN, M.; DOGAN, A. Pomegranate/roma - *Punica granatum*. In: RODRIGUES, S.; SILVA, E.O.; BRITO, E.S. (Ed.). **Exotic fruits**. Amsterdam: Elsevier, 2018. p. 355–361.

FERRARA, G. et al. Orchard establishment and tree management. In: SARKHOSH, A.; YAVARI, A.M.; ZAMANI, Z. (Ed.). **The pomegranate: botany, production and uses**. Wallingford: CAB International, 2021. p. 247–284.

HOLLAND, D.; HATIB, K.; BAR-YA'AKOV, I. Pomegranate: botany, horticulture, breeding. **Horticultural Reviews**, Westport, v. 35, p. 127–191, 2009.

IKINCI, A. et al. Determination of heat requirements and effective heat summations of some pomegranate cultivars grown in Southern Anatolia. **Erwerbs-Obstbau**, Berlin, v. 56, n. 4, p. 131–138, 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10341-014-0220-8>>.

KO, K.; DADMOHAMMADI, Y.; ABBASPOURRAD, A. Nutritional and bioactive components of pomegranate waste used in food and cosmetic applications: a review **Foods**, Basel, v. 10, n. 3, p. 657, Mar. 2021. DOI: 10.3390/foods10030657 2021.

KUMAR, R.; SAROJ, P.L.; SHARMA, B.D. Flower regulation in pomegranate for higher yield, improved quality and enhanced management: a review fruits. **Fruits**, Paris, v. 74, n. 4, p. 150–166, 2019.

LIMA, C.S.M.; ROSA, G.G.; BONOME, L.T.S. **Aspectos técnicos da cultura da romãzeira**. Chapecó: Ed. Universidade Federal da Fronteira Sul, 2022. 138 p.

NARZARY, D.; YAZDANBAKHS, N.; RANA, T.S. Taxonomy, botany and physiology. In: SARKHOSH, A.; YAVARI, A.M.; ZAMANI, Z. (Ed.). **The pomegranate: botany, production and uses**. Wallingford: CAB International, 2021. p. 15–58.

RANA, T.S.; NARZARY, D.; RANADE, S.A. Systematics and taxonomic disposition of the genus *Punica* L. **Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology**, Tokyo, v. 4, n. 2, p. 19–25, 2010.

ROMANELLI, R.C. **A propósito da etimologia do port. romã**. Disponível em: <[https://periodicos.ufmg.br/index.php/literatura\\_filologia/article/view/8126](https://periodicos.ufmg.br/index.php/literatura_filologia/article/view/8126)>. Acesso em: 17 abr. 2024.

SHAYGANNIA, E. et al. A review study on *Punica granatum* L. **Journal of Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, Thousand Oaks, v. 21, n. 3, p. 221–227, 2016.

TAKATA, W. et al. Germination of pomegranate (*Punica granatum* L.) seeds under gibberellin concentrations. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 254–260, 2014.

WETZSTEIN, H.Y. et al. A morphological and histological characterization of bisexual and male flower types in pomegranate. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 136, n. 2, p. 83–92, 2011.

YAZICI, K.; AKDENIZ, B.; KAYNAK, L. Effects of kaolin and shading treatments on sunburn on fruit of Hicaznar cultivar of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar). **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 818, p. 167–174, 2009.

YILMAZ, C.; REZAEI, M.; SARKHOSH, A. Environmental requirements and site selection. In: SARKHOSH, A.; YAVARI, A.M.; ZAMANI, Z. (Ed.). **The pomegranate: botany, production and uses**. Wallingford: CAB International, 2021. p. 225–246.



# SALICÓRNIA



*SALICORNIA* spp.

Jessica Sabrina de Castro Couto

## 1. Origem e distribuição geográfica

As salicórnias são plantas halófitas, suculentas que pertencem à família Amaranthaceae e são encontradas em todo o mundo em ambientes de alta salinidade, como áreas costeiras, manguezais e estuários (Figura 1).

As halófitas são plantas adaptadas a ambientes com altas concentrações de sais, como solos salinos ou água salgada. Essas plantas desenvolveram características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas específicas que lhes permitem sobreviver em condições adversas. Elas possuem diversas adaptações para tolerar o excesso de sais, principalmente o cloreto de sódio, que pode ser tóxico para a maioria das plantas.

As salicórnias são plantas herbáceas, anuais ou perenes, que crescem em solos salinos, em áreas costeiras e margens de lagos salgados (Hryniewicz et al., 2019).

São chamadas de espargo marinho ou sal-verde, sendo altamente adaptadas a sobreviver em ambientes extremos (ambientes salinos, desertos, montanhas) e embora já tenham sido consideradas como plantas invasoras (que aparentemente causavam prejuízos ao cultivo ou obrigavam a cuidados com limpeza), verificou-se que podem desempenhar um papel importante na proteção e preservação dos ecossistemas, podendo até mesmo serem utilizadas na fitorremediação de solos salinos (Coc-Coj et al., 2020).



**Figura 1.** Salicornia (Adaptado de Cardenaz Pérez et al., 2021)

As salicórnias não surgiram em um local específico, mas se adaptaram a ambientes salinos ao longo de muitos anos de evolução. Sua distribuição geográfica é ampla e inclui regiões temperadas e tropicais ao redor do mundo, desde o Ártico, até o Mediterrâneo (Associação Portuguesa de Nutrição - APN, 2018). São muito importantes para os ecossistemas costeiros, pois ajudam a estabilizar o solo e a evitar a erosão. Além disso, as salicórnias constituem uma importante fonte de alimento para a fauna local, como aves migratórias e algumas espécies de peixes.

Na Europa, as salicórnias são encontradas em regiões costeiras do Mediterrâneo, Mar Negro, Mar Cáspio e do Atlântico. Na América do Norte, as salicórnias são comuns em áreas costeiras do Golfo do México, Califórnia e Canadá (Toumi et al., 2022). Na África, as salicórnias são encontradas na costa atlântica, na costa mediterrânea e em muitas áreas desérticas do continente.

No Brasil, não existe uma denominação popular para a salicórnica e nem registros do seu uso, mas em diversos países, ela vem sendo utilizada para fins alimentares. Na Europa, as salicórnias são consumidas como salada há séculos, sendo servidas acompanhando pratos à base de peixes.

## 2. Classificação botânica

Apesar da considerável variabilidade de famílias de espécies halófitas, a maioria dessas plantas pertence à família Amaranthaceae. As halófitas são classificadas em 16 famílias, principalmente pertencentes a Chenopodiaceae (agora uma subfamília de Amaranthaceae) (Pirasteh-Anosheh et al., 2023). Dentro dessa família, as salicórnias fazem parte do gênero *Salicornia*, que é composto por cerca de 30 espécies diferentes.

São plantas que pertencem ao reino Plantae, sub-reino Viridiplantae, sendo classificadas botanicamente conforme Tabela 1.

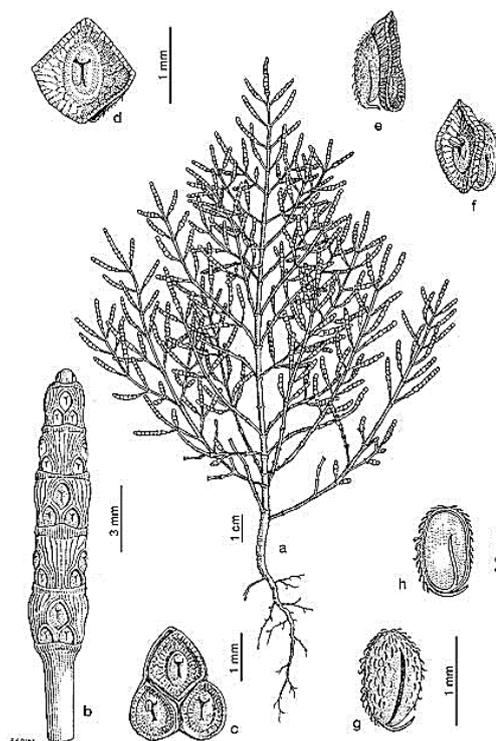
**Tabela 1.** Classificação botânica da salicórnica segundo Engler, Cronquist e APG IV.

|                  | <b>Engler</b>               | <b>Cronquist</b>            | <b>APG IV</b>               |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Divisão</b>   | Spermatophyta               | Magnoliophyta               | Angiospermae                |
| <b>Classe</b>    | Dicotyledoneae              | Magnoliopsida               | Eudicotyledonae             |
| <b>Subclasse</b> | Caryophyllidae              | Caryophyllidae              | Caryophyllidae              |
| <b>Ordem</b>     | Caryophyllales              | Caryophyllales              | Caryophyllales              |
| <b>Família</b>   | Amaranthaceae               | Amaranthaceae               | Amaranthaceae               |
| <b>Gênero</b>    | <i>Salicornia</i>           | <i>Salicornia</i>           | <i>Salicornia</i>           |
| <b>Espécie</b>   | <i>Salicornia bigelovii</i> | <i>Salicornia bigelovii</i> | <i>Salicornia bigelovii</i> |

Algumas espécies comuns de salicórnias são: *Salicornia europaea*, *Salicornia neei* e *Salicornia ramosissima*.

## 3. Morfologia e anatomia

As salicórnias possuem características anatômicas e morfológicas adaptadas para sobreviver em ambientes de baixa disponibilidade hídrica, alta salinidade, possuindo morfologia relativamente simples (Figura 2).



**Figura 2.** Representação ilustrativa do gênero *Salicornia*: a) salicórnia, b) inflorescência, c) semente, d) corte longitudinal da semente (Adaptado de Castroviejo et al., 1990).

Alguns autores consideram que as salicórnia não possuem folhas (Toumi et al., 2022; Patel, 2016). Entretanto, pode-se dizer que as folhas são reduzidas a pequenas brácteas cilíndricas, suculentas e com diâmetro que varia de acordo com a espécie e as condições do ambiente.

As salicórnia possuem um sistema radicular pouco desenvolvido, com raízes que são eficientes em absorver água e nutrientes do solo salino (Flowers; Colmer; 2015; Lyra et al., 2022). Essas raízes são frequentemente ramificadas e têm pequeno diâmetro, com capacidade limitada de penetrar profundamente no solo (apenas de 10 a 20 cm). Além disso, as salicórnia possuem estruturas especiais de absorção de água (pelos radiculares), que aumentam a superfície de absorção de nutrientes.

As salicórnia possuem caule suculento que é capaz de armazenar água e nutrientes que são usados em períodos de seca ou estresse salino. Costumam ser verdes e flexíveis, com uma superfície lisa e sem pelos.

As flores das salicórnia são muito pequenas e pouco vistosas, geralmente solitárias ou em grupos de três, em tons de verde ou amarelo, e são agrupadas em inflorescências que crescem nas extremidades das hastes. Elas possuem um perianto reduzido e geralmente são polinizadas pelo vento. Possuem uma flor central do topo longitudinal maior do que as laterais, com a sua base geralmente coberta pela margem escariosa do segmento inferior.

As sementes se desenvolvem nas flores femininas da planta, as quais são polinizadas pelo vento ou por insetos; são pequenas e geralmente são produzidas em grandes quantidades nas Salicórniás.

As plantas florescem e frutificam entre os meses de maio e novembro e produzem frutos pequenos e suculentos, que contêm uma única semente cada.

Internamente, as salicórniás possuem algumas características anatômicas, que são:

### **3.1 Tecido vascular**

Assim como outras plantas, as salicórniás possuem um sistema vascular composto por xilema e floema. O xilema é responsável pelo transporte de água e nutrientes das raízes até as partes superiores da planta, enquanto o floema é responsável pelo transporte de açúcares e outros compostos orgânicos produzidos na fotossíntese.

### **3.2 Caule**

O caule da salicórnia é suculento, carnoso e cilíndrico. É dividido em segmentos ou articulações. Essas articulações são cilíndricas e estão cheias de tecido parenquimático aquoso. O caule contém a maior parte dos tecidos de armazenamento de água e nutrientes.

### **3.3 Folhas**

As folhas são pequenas e modificadas em brácteas. Em algumas espécies, as folhas podem ser reduzidas ou ausentes.

### **3.4 Estruturas especializadas para o armazenamento de sal**

As salicórniás têm células especializadas chamadas de células mucilaginosas. Essas células armazenam sais em excesso, como o sódio, que são absorvidos do ambiente. Isso ajuda a manter um equilíbrio osmótico interno e permite que a planta sobreviva em condições de alta salinidade.

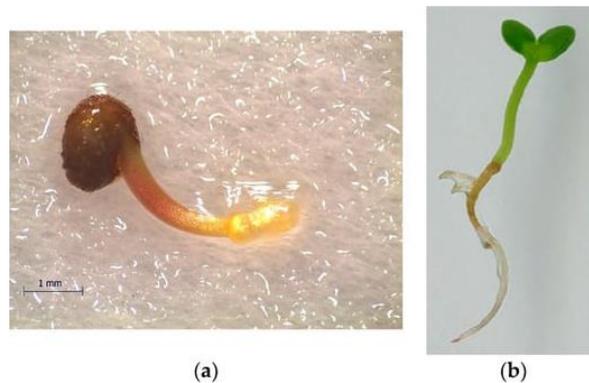
### **3.5 Raízes**

As raízes são pivotantes, curtas e fibrosas, permitindo uma ampla área superficial para absorção de água e nutrientes. Elas também possuem estruturas chamadas de aerênquima, que são espaços de ar entre as células da raiz. O aerênquima auxilia na disponibilidade de oxigênio, uma vez que o solo em ambientes salinos pode ser pobre em oxigênio.

Essas características anatômicas das salicórnias são adaptativas para a sobrevivência em ambientes salinos, permitindo que elas tolerem altas concentrações de sal e escassez de água.

#### 4. Germinação e propagação vegetativa

O tamanho e forma das sementes de salicórnia variam, mas costumam medir cerca de 1 mm e são produzidas pelas flores centrais do topo (Figura 3). A germinação das sementes pode ser um pouco desafiadora em algumas condições de clima e solo, visto que é uma planta adaptada a ambientes costeiros e salinos, mas geralmente é possível obter uma boa taxa de germinação tomando alguns cuidados.



**Figura 3.** Germinação de salicórnia, após (a) 3 dias e após (b) 20 dias (Adaptado de Garcia-Galindo et al., 2021).

As sementes de salicórnia podem ter uma casca dura que dificulta a germinação (Figura 3). Um método comum é escarificá-las para auxiliar na absorção de água e permitir a germinação. Essas sementes podem ser semeadas em um substrato de areia úmida ou em um meio de cultura estéril. A profundidade de semeadura deve ser rasa, cerca de 1 cm. O substrato ou meio de cultura deve estar úmido, mas não encharcado.

Essas plantas crescem melhor em condições de luz intensa, alta temperatura e solo salino. Portanto, é importante fornecer iluminação adequada e manter a temperatura entre 25-30°C. A adição de sal na água de irrigação pode ajudar a melhorar o crescimento das plantas.

A germinação das sementes pode levar de 7 a 21 dias. Durante esse período, é importante manter as sementes e as mudas protegidas de pragas e doenças que possam prejudicar o crescimento. A ventilação também é importante para evitar o excesso de umidade. Com esses cuidados básicos, é possível obter uma boa taxa de germinação das sementes.

Com relação à propagação vegetativa, existem algumas técnicas que podem ser usadas para a salicórnia:

#### **4.1 Estaquia**

Os caules de salicórnia podem ser cortados em segmentos de cerca de 10 cm e plantados em um substrato com areia e solo, mantido úmido e salino.

#### **4.2 Divisão de touceiras**

A salicórnia cresce em touceiras e, portanto, pode ser dividida para produzir novas mudas. Basta retirar um fragmento da touceira matriz e plantá-la em um novo local com solo e água salgada.

#### **4.3 Propagação por sementes**

Como já citado, a salicórnia também pode ser propagada por sementes. As sementes devem ser coletadas da planta-matriz, limpas e secas antes do plantio em solo salino e úmido.

É importante ressaltar que a propagação vegetativa de salicórnia deve ser feita em ambientes controlados e com água salgada adequada. A água utilizada deve ser limpa e ter uma concentração de sal de pelo menos 30 g L<sup>-1</sup>. Além disso, a temperatura da água deve ser mantida entre 20 e 25°C e a iluminação deve ser suficiente para a germinação e o crescimento das plantas.

### **5. Desenvolvimento de raízes**

As raízes de salicórnia são bem adaptadas para crescer em ambientes com alto teor de salinidade, como solos salinos e água salgada. Elas possuem características que permitem a absorção de água e nutrientes em ambientes com alta concentração de sais (Lyra et al., 2022). A raiz é pouco desenvolvida, geralmente cresce em solos pouco profundos e arenosos, por isso os caules de Salicórnia também são usados para absorver água e nutrientes do solo. Essas plantas possuem um sistema radicular fibroso e superficial, que se estende por uma grande área para maximizar a absorção de água e nutrientes (Davy et al., 2015; Komaresofla et al., 2019).

O desenvolvimento dessas raízes pode ser influenciado por diversos fatores, como a concentração de sal na água ou no solo, a temperatura e a disponibilidade de nutrientes. Quando as raízes de salicórnia crescem em ambientes com alta concentração de sais, elas se

tornam mais grossas e ramificadas (raiz fasciculada) e ajuda a planta a absorver mais água e nutrientes.

Outra característica importante das raízes de salicórnia é a presença de pelos absorventes na superfície das mesmas. Esses pelos aumentam a superfície de contato da raiz com o solo ou a água, permitindo uma maior absorção de nutrientes.

O desenvolvimento das raízes pode ser beneficiado pelo fornecimento em quantidade adequada de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Entretanto, em ambientes com alta concentração de sais, a disponibilidade destes pode ser limitada, o que não constitui um problema significativo para essas plantas, visto que elas podem se desenvolver até melhor com pouco ou nenhum fertilizante, devido à sua capacidade de absorver nutrientes diretamente da água e do solo salinos (Alves et al., 2020).

## **6. Desenvolvimento do caule**

A salicórnia é uma planta anual; o caule possui até 30 cm, normalmente bem ramificado, com ramos ereto-patentes. Assim como as raízes, o caule dessas plantas é uma estrutura adaptada para crescer em ambientes com alto teor de sais. O caule dessas plantas é suculento e carnoso, e pode variar em tamanho e forma, dependendo da espécie. Geralmente possuem uma aparência semelhante a um colar de contas, tendo folhas muito reduzidas e modificadas em brácteas, o que ajuda a reduzir a perda de água por transpiração (Folayan et al., 2019).

A salicórnia produz caules eretos, translúcidos, articulados, carnudos, ramificados, suculentos, de cerca de 40 cm de altura e com sabor salgado. O sabor dos caules é ocasionado pela absorção direta do sal do solo onde se desenvolve. O armazenamento do sal ocorre numa organela especializada nas células da planta (APN, 2018). O caule também armazena água e nutrientes, sendo geralmente oco, o que reduz o peso da planta e aumenta sua flutuabilidade em ambientes aquáticos.

Em ambientes com alta concentração de sais, o caule de salicórnia pode crescer em um formato cilíndrico e alongado, com poucos ramos laterais. Essa arquitetura ajuda a planta a reduzir a perda de água e a maximizar a eficiência na absorção de nutrientes. O caule também armazena nutrientes, permitindo que a planta sobreviva em ambientes com pouca disponibilidade de recursos (Cárdenas-Pérez et al., 2021).

O desenvolvimento do caule pode ser influenciado por diversos fatores ambientais, como a disponibilidade de água e nutrientes, a intensidade luminosa e a temperatura. Em ambientes com alta concentração de sais, o caule pode crescer mais lentamente do que em

ambientes com baixa salinidade. Além disso, a presença de sais pode limitar a disponibilidade de nutrientes, o que pode afetar negativamente o crescimento do caule.

Em cultivos comerciais de salicórnia, o desenvolvimento do caule pode ser beneficiado pelo fornecimento adequado de nutrientes e pela manutenção de condições ambientais ideais, devendo ser avaliadas essas condições e a viabilidade econômica do cultivo.

## **7. Desenvolvimento das folhas**

Salicórnia não possuem folhas verdadeiras, como a maioria das plantas. No entanto, possuem estruturas reduzidas, chamadas de brácteas, que protegem a planta da perda excessiva de água em ambientes salinos. Essas estruturas podem ser confundidas com folhas, mas não são folhas verdadeiras (Folayan et al., 2019).

As brácteas de salicórnia se desenvolvem a partir de pequenas plântulas que crescem a partir das sementes. A planta cresce rapidamente e as brácteas começam a surgir após algumas semanas. É importante garantir que a planta esteja recebendo água e nutrientes suficientes durante o seu crescimento, especialmente se ela estiver sendo cultivada em um ambiente controlado.

As brácteas geralmente são verdes claras, verdes escuras ou avermelhadas (devido à presença de pigmentos adaptados a ambientes salinos), e muitas vezes são difíceis de serem notadas, pois são muito pequenas. Elas podem variar em formato, dependendo da espécie e das condições ambientais em que a planta está crescendo. Em ambientes com alta concentração de sais, as brácteas de salicórnia podem ter formato cilíndrico e ser reduzidas em tamanho. Esse formato ajuda a diminuir a perda de água por transpiração e a maximizar a eficiência na absorção de nutrientes.

O desenvolvimento da salicórnia pode ser influenciado por diversos fatores ambientais, como a disponibilidade de água, nutrientes e luz. Em ambientes com alta concentração de sais, as brácteas podem apresentar menor tamanho e número reduzido de estômatos, que são estruturas responsáveis pela troca gasosa entre a planta e a atmosfera.

O fornecimento adequado de nutrientes pode beneficiar o desenvolvimento da planta, especialmente nitrogênio e fósforo. Porém, é importante lembrar que em ambientes salinos, a presença de sais pode limitar a disponibilidade de nutrientes e afetar negativamente o desenvolvimento da planta.

Em cultivos comerciais de salicórnia, é importante avaliar cuidadosamente as condições ambientais para garantir o desenvolvimento adequado das brácteas. Além disso, o

manejo adequado da irrigação e a nutrição equilibrada são fundamentais para o sucesso do cultivo.

## **8. Efeitos de fatores ecológicos**

As plantas de salicórnia são altamente influenciadas por fatores ecológicos como temperatura, umidade, radiação e salinidade do solo (Reis et al., 2020):

### **8.1 Temperatura**

As plantas são capazes de tolerar temperaturas extremas, desde altas temperaturas em regiões áridas, até baixas temperaturas em regiões costeiras. No entanto, temperaturas muito baixas podem comprometer o desenvolvimento das plantas.

### **8.2 Umidade**

As plantas de salicórnia são capazes de tolerar níveis de umidade relativamente baixos e podem sobreviver em ambientes áridos. No entanto, um nível adequado de umidade é necessário para o crescimento e desenvolvimento das plantas. O excesso de umidade, por outro lado, pode ser prejudicial para as plantas.

### **8.3 Radiação**

As plantas de salicórnia são capazes de tolerar altos níveis de radiação, o que é comum em ambientes áridos. No entanto, esses altos níveis de radiação podem aumentar a perda de água das plantas, levando a uma maior concentração de sais no solo e prejudicando o crescimento das plantas.

### **8.4 Salinidade**

A salinidade do solo é um fator que afeta diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas de salicórnia. Essas plantas são altamente adaptadas a ambientes salinos e podem tolerar níveis de salinidade de até 15 g de cloreto de sódio por litro. No entanto, um excesso de sais pode levar à acumulação de íons tóxicos nas plantas, prejudicando seu desenvolvimento.

Além desses fatores, a disponibilidade de nutrientes, a qualidade do solo e a intensidade da luz também podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas de salicórnia. Em cultivos comerciais, é importante avaliar cuidadosamente as condições ambientais e fornecer as condições ideais para o desenvolvimento das plantas.

## **9. Relações hídricas**

As plantas de salicórnia são altamente adaptadas a ambientes salinos e áridos, onde a água é escassa. Portanto, as relações hídricas dessas plantas são especialmente importantes para seu crescimento e sobrevivência.

Como já citado, são capazes de sobreviver em ambientes com alta concentração de sais, devido à sua capacidade de extrair água do solo com alta salinidade. Essas plantas possuem raízes especializadas, que são capazes de absorver água e nutrientes de solos com alta concentração de sais (Cárdenas-Pérez et al., 2021).

No entanto, a alta concentração de sais no solo pode criar um desafio para as plantas de salicórnia na manutenção do equilíbrio hídrico. Quando a concentração de sais é muito alta, a água é extraída das células das plantas por osmose, o que pode levar a uma desidratação das mesmas.

Para evitar a desidratação, as plantas de salicórnia possuem estratégias adaptativas para manter seu equilíbrio hídrico. Uma dessas estratégias é a produção de solutos compatíveis, como glicina betaína e prolina, que podem equilibrar o potencial osmótico nas células e evitar a perda excessiva de água.

Além disso, as plantas de salicórnia têm a capacidade de fechar seus estômatos em condições de estresse hídrico para reduzir a perda de água por transpiração noturna. Essas adaptações permitem que as plantas sobrevivam em ambientes com alta concentração de sais e pouca água disponível.

Em cultivos comerciais de Salicórnia, é importante manter um equilíbrio adequado de salinidade e umidade do solo para garantir o crescimento e desenvolvimento das plantas. O manejo adequado da irrigação e o fornecimento equilibrado de nutrientes também são fundamentais para o sucesso do cultivo.

## **10. Solos, nutrição e micorrizas**

Devido à alta concentração de sais no solo, as plantas de Salicórnia têm necessidades nutricionais específicas. Essas plantas precisam de nutrientes como potássio e nitrogênio, que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. No entanto, a disponibilidade desses nutrientes é limitada em regiões salinas.

Alves et al. (2020) afirmam que a salicórnia é capaz de se desenvolver melhor com pouca ou nenhuma adubação, diante da sua capacidade de absorver nutrientes diretamente do solo e da água com elevada salinidade.

Outrossim, essas plantas desenvolveram adaptações para extrair e armazenar os nutrientes do solo com alta salinidade. Por exemplo, elas têm raízes especializadas que são capazes de extrair água e nutrientes de solos com alta concentração de sais. Além disso, podem produzir solutos compatíveis que podem ajudar a equilibrar a pressão osmótica nas células e melhorar a absorção de nutrientes.

Em relação às micorrizas, a salicórnia é capaz de formar simbiose com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em solos com alta salinidade (Silva, 2019). Essa simbiose pode ajudar as plantas a absorver nutrientes, especialmente fósforo, do solo com alta salinidade. Além disso, a colonização das raízes por FMA pode melhorar a tolerância das plantas ao estresse salino.

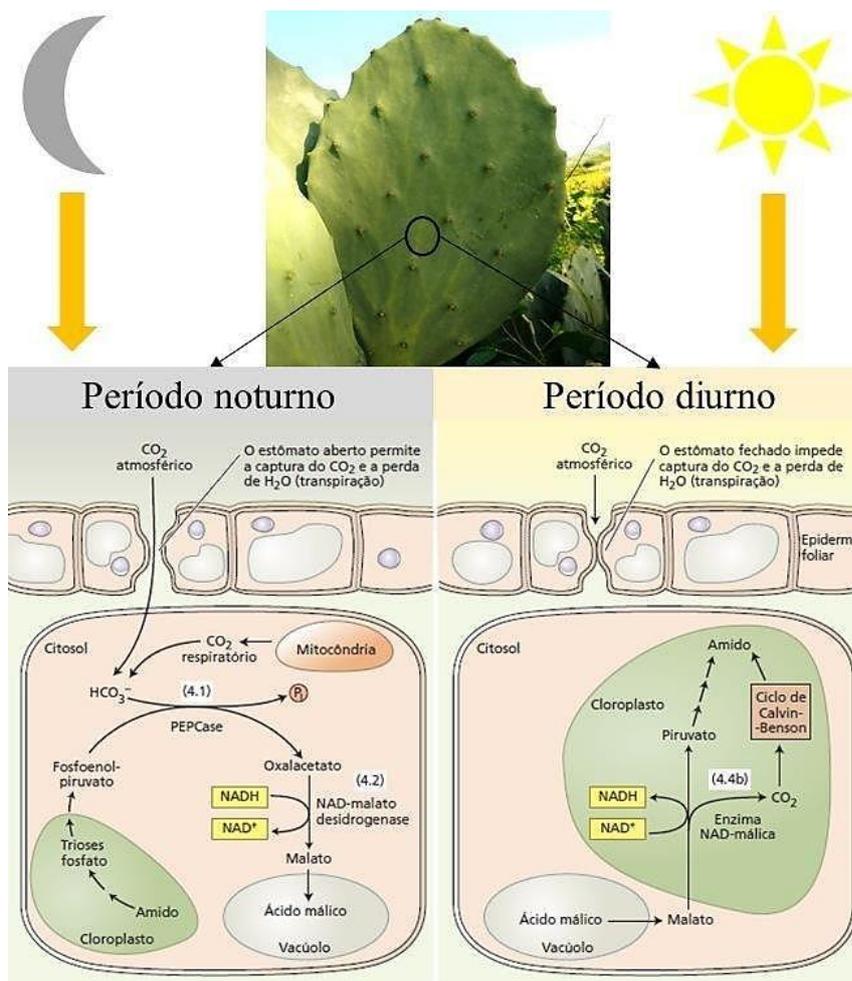
Em cultivos comerciais de salicórnia, é importante fornecer os nutrientes necessários para garantir o crescimento e desenvolvimento das plantas. No entanto, é importante levar em consideração as condições específicas do solo e as necessidades nutricionais das plantas para garantir o sucesso do cultivo.

## **11. Fotossíntese e translocação**

As plantas de salicórnia possuem adaptações fisiológicas especiais que lhes permitem realizar a fotossíntese em condições ambientais desfavoráveis (com alta salinidade e baixa disponibilidade de água).

A salicórnia é uma planta que utiliza o mecanismo de fotossíntese chamado de metabolismo ácido das crassuláceas (CAM). O CAM é um tipo de fotossíntese que difere tanto do tipo C3, quanto do tipo C4, sendo que as plantas CAM possuem uma adaptação fisiológica que lhes permite fixar o CO<sub>2</sub> em diferentes momentos da noite e produzir carboidratos durante o dia.

Visto que a salicórnia é uma planta que cresce em ambientes salinos, onde a disponibilidade de água costuma ser limitada, para evitar a perda excessiva de água pela transpiração durante o dia, a Salicórnia abre seus estômatos durante a noite para fixar o CO<sub>2</sub> em forma de ácido málico (Figura 4). Durante o dia, os estômatos estão fechados para evitar a perda de água, e o ácido málico é utilizado na fase de fixação do CO<sub>2</sub> no ciclo de Calvin (Taiz et al., 2017).



**Figura 4.** Esquema de representação do metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) durante a noite e dia, da palma forrageira (Adaptado de Taiz et al., 2017).

A translocação é o processo pelo qual os produtos da fotossíntese são transportados para outras partes da planta. Nas salicórnias, os produtos da fotossíntese são transportados para os tecidos de reserva, como raízes e caules, onde são armazenados para uso posterior. Esses tecidos de reserva são importantes para a sobrevivência das plantas em ambientes com baixa disponibilidade de água e nutrientes.

A translocação de solutos e nutrientes nas plantas de salicórnica também está relacionada à sua capacidade de manejar o estresse salino. Essas plantas possuem adaptações para acumular solutos compatíveis em suas células, que possibilitam manter o equilíbrio osmótico e reduzem os danos causados pelo estresse salino. A translocação desses solutos para toda a planta também ajuda a distribuir os compostos importantes para sua sobrevivência.

Uma das principais estratégias de translocação em salicórnica é a acumulação de sal nas células, principalmente nas partes aéreas do caule. Essa acumulação de sal nas células da

planta ajuda a reduzir o potencial osmótico, o que permite à planta absorver água do ambiente circundante, mesmo em condições salinas. A água é então transportada através dos tecidos do caule em direção às folhas, onde é usada para a fotossíntese e outros processos metabólicos.

Ou seja, as plantas de salicórnia são capazes de realizar a fotossíntese e translocação de nutrientes em ambientes extremos, com alta salinidade e baixa disponibilidade de água e nutrientes, graças às suas adaptações fisiológicas.

## **12. Florescimento e frutificação**

As plantas de salicórnia são hermafroditas, ou seja, possuem flores masculinas e femininas na mesma planta. As flores são pequenas e bastante discretas, geralmente com menos de 1 cm de diâmetro, e são polinizadas pelo vento (Figura 5). As flores masculinas produzem pólen que é transportado pelo vento para as flores femininas, onde ocorre a fertilização.

A frutificação nessas plantas geralmente ocorre entre o final do verão e o outono. As plantas produzem frutos pequenos e suculentos, que contêm uma única semente. As sementes podem ser dimórficas, oblongas ou ovoides e de tamanho diferenciado. Os frutos são consumidos por uma variedade de animais, incluindo pássaros e roedores, que ajudam na dispersão das sementes.

O cultivo de salicórnia para a produção de alimentos e biocombustíveis geralmente se concentra na produção de biomassa a partir de tecidos vegetativos, como caules, em vez de frutos e sementes. No entanto, pesquisas recentes têm se concentrado na melhoria do rendimento de sementes, a fim de explorar o potencial dessas plantas para a produção de óleo vegetal comestível e outros produtos alimentícios.



**Figura 5.** Florescimento de salicórnia (Adaptado de Hayder et al., 2022).

### **13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente**

O zoneamento agroclimático é uma técnica utilizada para avaliar as características climáticas de uma determinada região, a fim de identificar as culturas que melhor se adaptam a essas condições. No caso das plantas de salicórnia, elas são altamente adaptadas a ambientes com alta salinidade e baixa disponibilidade de água e nutrientes.

Essas plantas são nativas de áreas costeiras e estuários em todo o mundo, e crescem bem em solos salinos e ambientes com altas concentrações de sais. No entanto, também podem ser cultivadas com sucesso em outros ambientes, desde que sejam fornecidas água e nutrientes adequados. O uso de técnicas de irrigação e fertilização pode melhorar o rendimento das plantas de salicórnia e ajudá-las a se adaptar a diferentes condições ambientais.

As adaptações fisiológicas das plantas de salicórnia, como a capacidade de realizar a fotossíntese em ambientes com baixa disponibilidade de água e nutrientes, a acumulação de solutos compatíveis em suas células e a capacidade de translocar nutrientes para tecidos de reserva, permitem que essas plantas sobrevivam em condições ambientais desafiadoras.

A produção comercial de salicórnia é relativamente nova, principalmente no Brasil, e ainda está em desenvolvimento, mas acredita-se que essas plantas tenham grande potencial para a produção de biomassa e para a recuperação de áreas degradadas. A adaptação dessas plantas a diferentes condições ambientais e sua capacidade de viver com recursos naturais limitados as tornam uma opção promissora para a agricultura em áreas áridas e salinas.

## **14. Estratégias para altas produções**

As salicórnias são uma opção promissora para a produção de alimentos e bioenergia em áreas costeiras e desertas. Algumas estratégias podem ser adotadas para aumentar a produção no mundo:

### **14.1 Seleção de variedades adequadas**

A escolha de variedades de salicórnia que se adaptem às condições locais é fundamental para obter altas produções. As variedades selecionadas devem ser resistentes a doenças, pragas e à seca, além de ter um bom rendimento de biomassa.

### **14.2 Melhoria do solo**

O solo onde as salicórnias crescem deve ser salino o suficiente para que as plantas se desenvolvam adequadamente. No entanto, o solo também deve ter nutrientes suficientes para apoiar o crescimento das plantas. A melhoria do solo pode ser alcançada por meio da adição de fertilizantes orgânicos ou inorgânicos.

### **14.3 Gerenciamento da água**

As salicórnias necessitam de água para crescer, mas a quantidade e qualidade da água devem ser gerenciadas para maximizar a produção. O uso de técnicas de irrigação por gotejamento ou até mesmo hidroponia, pode ajudar a economizar água e aumentar a produção.

### **14.4 Controle de pragas e doenças**

As salicórnias são suscetíveis a pragas e doenças, o que pode afetar negativamente a produção. É importante monitorar as plantas regularmente e tomar medidas preventivas para evitar a infestação de pragas e doenças.

### **14.5 Colheita e processamento adequados**

As salicórnias são geralmente colhidas manualmente. É importante garantir que a colheita seja feita no momento certo e as plantas processadas adequadamente para preservar a qualidade da biomassa. A biomassa pode ser usada para a produção de alimentos, biocombustíveis e produtos químicos.

#### **14.6 Investimento em pesquisa e desenvolvimento**

O investimento em pesquisa e desenvolvimento pode ajudar a identificar novas variedades de salicórnia, melhorar a qualidade da biomassa e desenvolver novas aplicações para as plantas. Isso pode aumentar a produtividade e a rentabilidade da produção dessas plantas.

#### **14.7 Parcerias entre produtores e governos**

As parcerias entre produtores e governos podem promover a produção de salicórnia e garantir a sustentabilidade do setor. Os governos podem fornecer incentivos fiscais e regulatórios para promover a produção dessas plantas, enquanto os produtores podem fornecer informações sobre as necessidades do setor e as melhores práticas de produção.

### **15. Efeitos de reguladores vegetais**

Os reguladores vegetais são compostos químicos que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Existem várias classes de hormônios vegetais, que são produzidos naturalmente pelas plantas, e reguladores vegetais sintéticos, que são extraídos ou produzidos em laboratório. Abaixo estão alguns efeitos que os reguladores vegetais podem ter em salicórnia:

#### **15.1 Estimulação do crescimento**

Os reguladores vegetais podem estimular o crescimento das salicórnia, aumentando a divisão celular e a alongação das células. Os hormônios vegetais, como o ácido indolacético (IAA) e o ácido giberélico (GA), são conhecidos por estimular o crescimento das plantas.

#### **15.2 Aumento da tolerância ao estresse salino**

As salicórnia são conhecidas por serem tolerantes a ambientes salinos, mas os reguladores vegetais podem aumentar ainda mais essa tolerância. Por exemplo, o ácido abscísico (ABA) é um hormônio vegetal que pode aumentar a tolerância das plantas ao estresse salino.

#### **15.3 Melhoria da qualidade da biomassa**

Os reguladores vegetais podem melhorar a qualidade da biomassa das salicórnia, aumentando o teor de clorofila, carotenoides e outros compostos antioxidantes. Isso pode

tornar a biomassa mais adequada para uso na alimentação humana e animal, bem como na produção de biocombustíveis e produtos químicos.

#### **15.4 Estímulo à produção de sementes**

Os biorreguladores podem estimular a produção de sementes nas salicórnias, o que pode ser importante para a propagação das plantas e para a produção de novas variedades. Por exemplo, o ácido indolbutírico (IBA) é um hormônio vegetal que pode estimular a formação de raízes adventícias e a produção de sementes em Salicórnias.

No entanto, é importante ressaltar que os efeitos dos reguladores vegetais em salicórnias podem variar dependendo da dose, do momento da aplicação e da variedade utilizada. Por isso, é importante realizar estudos específicos para determinar a melhor forma de aplicação dos biorreguladores em salicórnias.

### **16. Senescência e aproveitamento de resíduos**

A senescência é um processo natural de envelhecimento das plantas que envolvem a desintegração de tecidos e a perda de função. Em salicórnias, esse processo pode afetar a qualidade e a quantidade da biomassa produzida. No entanto, a senescência também pode ser uma oportunidade para o aproveitamento de resíduos e a produção de subprodutos a partir da biomassa das salicórnias. Existem diversas estratégias que podem ser utilizadas para aproveitar desses resíduos durante a senescência, segundo Silva et al. (2019), como:

#### **16.1 Produção de biocombustíveis**

A biomassa das salicórnias pode ser utilizada para produzir biocombustíveis, como biogás, etanol e biodiesel. Esses biocombustíveis podem ser obtidos por meio de processos de fermentação, destilação e transesterificação.

#### **16.2 Produção de alimentos para animais**

A biomassa pode ser utilizada para produzir alimentos para animais, como ração para gado e aves. Essa biomassa é rica em nutrientes, como proteínas, carboidratos e minerais, o que a torna uma alternativa sustentável e nutritiva para a alimentação animal.

### 16.3 Produção de fertilizantes

A biomassa das salicórnias pode ser utilizada como fonte de nutrientes para a produção de fertilizantes orgânicos. Essa biomassa é rica em nitrogênio, fósforo e potássio, o que a torna uma fonte valiosa de nutrientes para as plantas.

### 16.4 Produção de compostos bioativos

A biomassa contém compostos bioativos, como antioxidantes, polissacarídeos e ácidos graxos, que podem ser utilizados na produção de suplementos alimentares, cosméticos e produtos farmacêuticos.

### 16.5 Utilização na recuperação de solos degradados

A biomassa das salicórnias pode ser utilizada para recuperar solos degradados por meio da fitorremediação. Essa técnica consiste no uso de plantas para remover contaminantes do solo, como metais pesados e compostos orgânicos poluentes.

A senescência das salicórnias pode ser uma oportunidade para o aproveitamento de resíduos e produção de subprodutos. Essas plantas têm atraído a atenção dos pesquisadores devido às suas propriedades nutricionais e medicinais, capacidade de biorremediar solos, além de serem utilizadas como forrageiras para alimentação animal e como fonte de biomassa para produção de biocombustíveis e produtos químicos.

## Referências

ALVES, P.R. et al. Solutos orgânicos e inorgânicos em *Salicornia neei* Lag. sob lâminas de irrigação e adubação no semiárido cearense. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 15, n. 4, p. 360-367, 2020.

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE NUTRIÇÃO. **Aromatizar saberes:** ervas aromáticas e salicórnica. Porto, 2018. 7 p.

CÁRDENAS-PÉREZ, S. et al. An overview of the emerging trends of the *Salicornia* L. genus as a sustainable crop. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 191, p. 104606, 2021.

CASTROVIEJO, S. et al. **Flora iberica:** plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Madrid: Real Jardín Botánico, 2020.

COC-COJ, O. et al. La salicornia: una planta halófila con propiedades funcionales. **Revista Iberoamericana de Ciencias**, Madrid, v. 7, n. 1, p. 26-38, 2020.

DAVY, A.J.; BISHOP, G.F.; COSTA, C.S.B. *Salicornia* L. (*Salicornia pusilla* J. Woods, *S. ramosissima* J. Woods, *S. europaea* L., *S. obscura* P.W. Ball & Tutin and *S. dolichostacya* Moss). **Journal of Ecology**, Oxford, v. 89, n.4, p.681–707, 2015.

FLOWERS, T.J.; COLMER, T.D. Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. **Annals of Botany**, Oxford, v. 115, n. 3, p. 327-331, 2015.

FOLAYAN, A.J.; ANAWE, P.A.L.; AYENI, A. O. Synthesis and characterization of *Salicornia bigelovii* and *Salicornia brachiata* halophytic plants oil extracted by supercritical CO<sub>2</sub> modified with ethanol for biodiesel production via enzymatic transesterification reaction using immobilized *Candida antarctica* lipase catalyst in tert-butyl alcohol (TBA) solvent. **Cogent Engineering**, London, v. 6, n. 1, p. 1625847, 2019.

GARCÍA-GALINDO, E. et al. Germination of *Salicornia bigelovii* (Torr.) under shrimp culture effluents and the application of vermicompost leachate for mitigating salt stress. **Agronomy**, Madison, v. 11, n. 3, p. 424, 2021.

HAYDER, Z. et al. Phylogenetic and morphological studies of *Sarcocornia* (L.) AJ Scott and *Salicornia* L. (Chenopodiaceae) and insights into plant diversity with first record of two species new for Tunisia. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 70, n. 3, p. 717-729, 2023.

HRYNKIEWICZ, K.; PATZ, S.; RUPPEL, S. *Salicornia europaea* L. as an underutilized saline-tolerant plant inhabited by endophytic diazotrophs. **Journal of Advanced Research**, Cairo, v. 19, p. 49-56, 2019.

KOMARESOFLA, B.R. et al. Improved growth and salinity tolerance of the halophyte *Salicornia* sp. by co-inoculation with endophytic and rhizosphere bacteria. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 138, p. 160-170, 2019.

LYRA, D.A. et al. Evaluation of *Salicornia bigelovii* germplasm for food use in Egypt and the United Arab Emirates based on agronomic traits and nutritional composition. **Plants**, Basel, v. 11, n. 19, p. 2653, 2022.

PATEL, S. *Salicornia*: evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. **Biotech**, Paris, v. 6, n. 1, p. 104, 2016.

PIRASTEH-ANOSHEH, H. et al. Forage potential of several halophytic species grown on saline soil in arid environments. **Environmental Research**, New York, v. 219, p. 114954, 2023.

REIS, A.T. et al. Crescimento e germinação de sementes de biótipos de *Salicornia neei* Lag. adaptadas às condições do semiárido Nordeste. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 10, p. 75721-75735, 2020.

SILVA, K.A.V. **Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia ramosissima* submetida à irrigação com água salina e à presença de micorriza arbuscular**. 2019. 51 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2019.

SILVA, K.A.V. et al. Use of the *Salicornia ramosissima* for the phytoextraction of minerals from the desalinizer reject. **Biomedical Journal of Scientific & Technical Research**, New York, v. 21, n. 3, p. 15943-15946, 2019.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TOUMI, O. et al. Use of response surface methodology to investigate the effect of sodium chloride substitution with *Salicornia ramosissima* powder in common wheat dough and bread. **Journal of Functional Foods**, Amsterdam, v. 99, p. 105349, 2022.



# SPONDIAS



*SPONDIAS* spp.

Kauê Alexandre Monteiro

## 1. Origem e distribuição geográfica

*Spondias* é um gênero que reúne cerca de 18 espécies, sendo parte delas nativas da Região Neotropical, e com ocorrência registrada desde o sudeste do Brasil até o México. As demais espécies do gênero têm sua origem em Madagascar, Pacífico Sul e Ásia Tropical. *Spondias* ainda estão presentes na África tropical, oeste da Ásia e nas Antilhas, porém nesses locais são espécies introduzidas pelo homem (Miller, 2011).

O gênero em questão engloba espécies arbustivas que têm seus frutos como principal foco de aproveitamento. No Brasil são conhecidos como seriguela, cajá, umbu, taperebá entre outros nomes e sua apreciação é majoritariamente regional. Não há dados concisos da produção brasileira desses frutos, assim como registros de exportação disponíveis, tanto para o produto *in natura*, quanto processados (Silva-Luz et al., 2020; Fundação de Amparo à Pesquisa do Piauí - FAPEPI, 2024).

O uso dos frutos no âmbito nacional possui ampla gama de destinação. A polpa extraída que possui baixa acidez e alto teor de sólidos solúveis são direcionadas ao consumo *in natura*, mas produtos mais refinados como bebidas lácteas, sorvetes, licor, geleias e

compotas também são exemplos de derivados, além da produção de suco e polpa congelada (Fonseca et al., 2017).

## 2. Classificação botânica

*Spondias* é agrupado taxonomicamente à família Anacardiaceae, a qual reúne cerca de 81 gêneros e 800 espécies em todo planeta. Essa família é composta principalmente de árvores e arbustos, com alguns subarbustos, árvores escandentes e cipós. Espécimes de caules suculentos como *Cyrtocarpa* spp. e *Spondias purpurea* ocorrem, no geral, em habitats secos. Por outro lado, há relatos de *Spondias tuberosa* que possui raízes armazenadoras de água, mostrando a amplitude adaptativa dessa família (Pell et al., 2011).

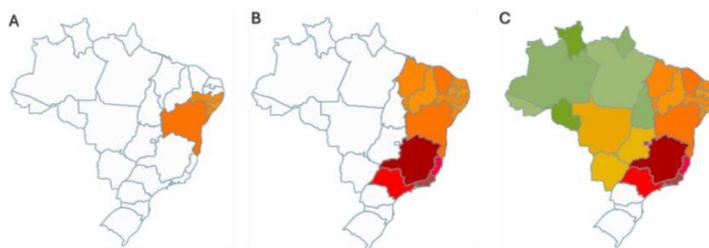
Há diversos estudos filogenéticos do gênero que se concatenam para aspectos morfológicos e moleculares. O Sistema de Classificação de Cronquist (1988) pode ser recorrido para designar a posição taxonômica de *Spondias* (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classificação botânica de *Spondias* segundo Cronquist.

|                | <b>Cronquist</b> |
|----------------|------------------|
| <b>Divisão</b> | Angiospermae     |
| <b>Classe</b>  | Dicotyledonae    |
| <b>Ordem</b>   | Sapindales       |
| <b>Família</b> | Anacardiaceae    |
| <b>Gênero</b>  | <i>Spondias</i>  |

Vale ressaltar que no Brasil, em especial na região nordeste, há três espécies que se destacam com seu cultivo voltado a exploração econômica: o umbu-cajá (*Spondias bahiensis*), cajá (*S. mombin*) e umbu (*S. tuberosa*).

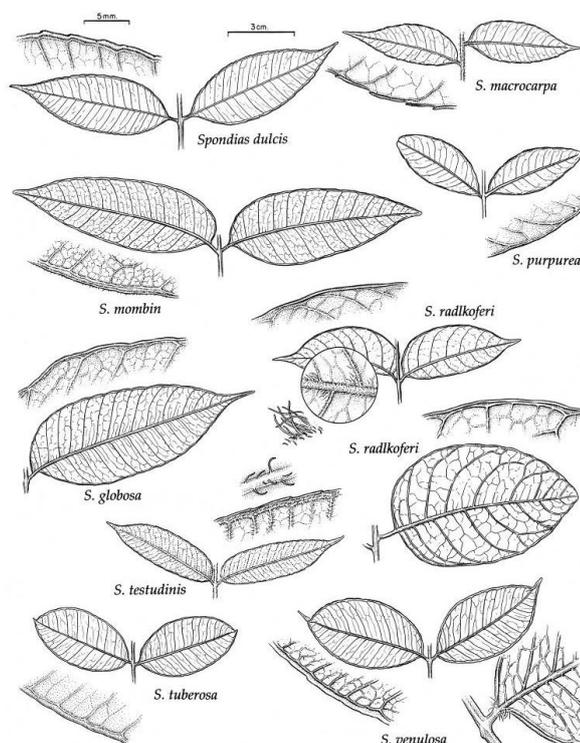
O umbu-cajá (*Spondias bahiensis*) é nativo do Brasil e tem ocorrência restrita aos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco. São encontradas em regiões semiáridas e em menor escala na Mata Atlântica. Umbu (*S. tuberosa*) ocorre em habitats com déficit hídrico durante o ano todo, porém tem distribuição mais abrangente, sendo reportadas desde São Paulo, Piauí, Maranhão e os estados litorâneos da região sudeste e nordeste. O cajá (*S. mombin*) se aclimata em distintas condições ambientais, desde serras e litoral até caatinga, apresentando distribuição em todas as regiões do país, exceto no Sul (Figura 1).



**Figura 1.** Distribuição geográfica de (A) *Spondias bahiensis*, (B) *S. tuberosa* e (C) *S. mombin* (Adaptado de Coradin et al., 2018).

### 3. Anatomia e morfologia

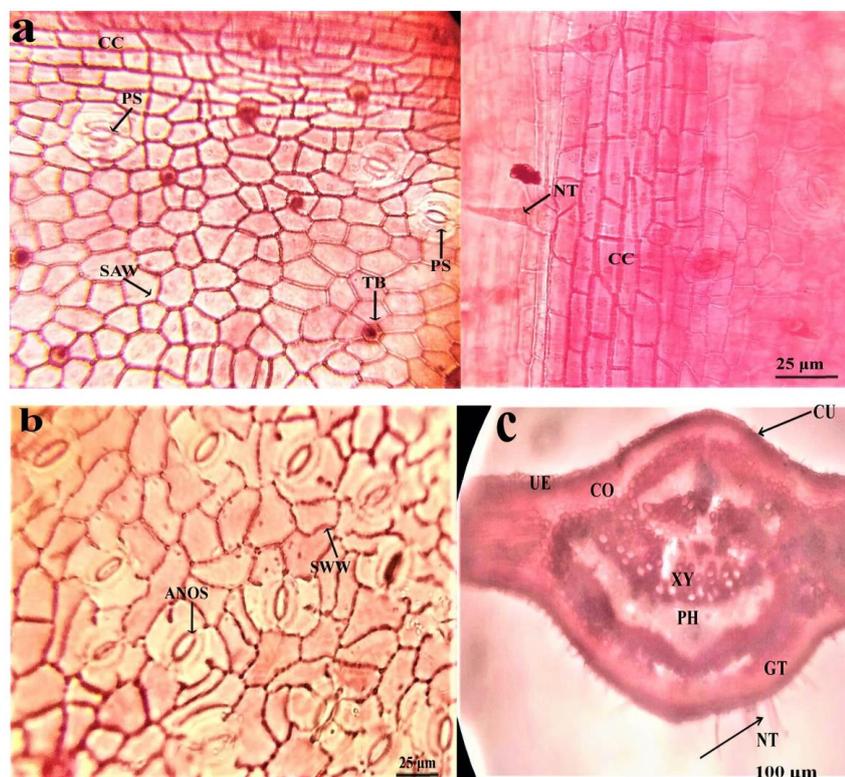
Muitos caracteres macromorfológicos inerentes às folhas de spondias são relevantes para distinção taxonômica de espécies, em particular aspectos ligados à venação e simetria do limbo (Figura 2).



**Figura 2.** Foliolos de diferentes espécies de *Spondias* (Adaptado de Mitchell e Daly, 2015).

As propriedades da arquitetura foliar recorridas para distinção seriam o número de pares e forma de folíolos; a rolagem da margem do folíolo; o ângulo e espaçamento das nervuras secundárias; o curso da nervura secundária; a presença de intersecundários, terciários admediais, terciários epimediais, esclereias altamente ramificadas, idioblastos traqueoides, nervura fimbrial e looping das nervuras marginais finais e a simetria basal (Figura 3). Um fato relevante sobre a anatomia do tecido epidérmico é a presença de estômatos na parte abaxial e

adaxial, caracterizando as folhas como anfiestomáticas (Mitchell; Daly, 2015; Adeniran et al., 2021).

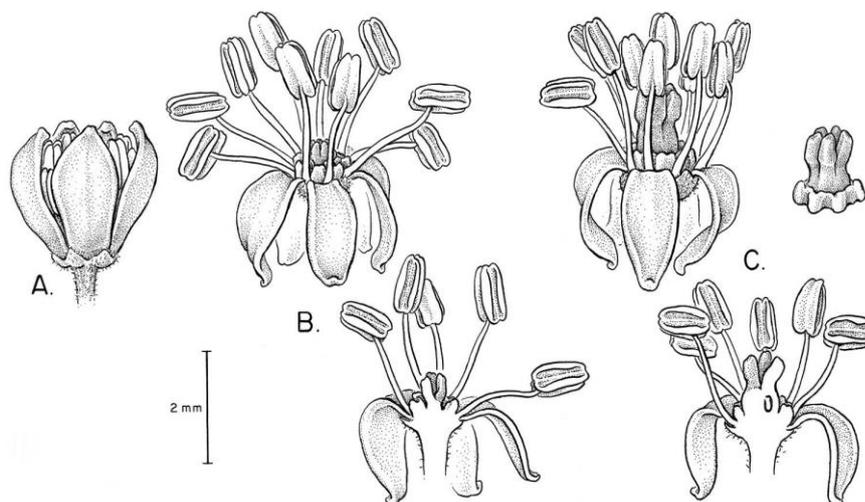


**Figura 3.** Superfícies epidérmicas e secção transversal de *Spondias mombin* mostrando características diagnósticas. (a) Epiderme adaxial, (b) epiderme abaxial e (c) secção transversal da nervura central (Adaptado de Adeniran et al., 2021).

O gênero *Spondias* é caracterizado por possuir plantas com flores andróginas, exceto em *S. purpurea* que é dioica e apresenta diferença temporal na emissão de flores estaminadas e pistiladas. No restante das espécies observa-se protandria mais marcante, de modo que, em uma dada inflorescência, encontram-se flores com anteras deiscentes, um gineceu subdesenvolvido na antese inicial e, em contrapartida, flores com pistilo totalmente desenvolvido e anteras passadas na antese tardia. É possível que as flores sejam todas hermafroditas no início da antese. Há relatos de flores hermafroditas, estaminadas e pistiladas na mesma planta, espécies andromonoicas, monoicas auto-incompatíveis, espécies com flores funcionalmente hermafroditas ou que possuem principalmente flores bissexuais ou raramente pistiladas.

A anatomia floral (Figura 4) varia conforme a espécie estudada, mas se assemelham em alguns aspectos. As flores são pentâmeras, com sépalas livres e corola valvada. As anteras são dorsifixadas na metade inferior ou na parte basal. O exocarpo do fruto é muito espesso e

as esclereídes no endocarpo se dispõem de forma irregular, podendo revestir os canais de resina espalhados por todo o mesocarpo (Bachelier; Endress, 2009).



**Figura 4.** A - Abertura da gema; B - Flor na antese (acima) e longisseção; C - Flor pós-antese com pistilo mais desenvolvido (parte superior), longisseção (inferior) e disco e pistilo (Adaptado de Mitchell e Daly, 2015).

A anatomia da madeira das diferentes espécies de *Spondias* são deveras semelhantes, com diferenças sutis na qualidade. Possuem vasos difuso-porosos, com densidade variando de 2 a 14/mm<sup>2</sup> e diâmetro entre 121-357  $\mu$ m. Apresenta parênquima paratraqueal, vasicêntrico ou aliforme, com cristais rômnicos de oxalato de cálcio frequentemente presentes. Fibras principalmente libriformes e septadas. Ductos axiais e radiais e canais de resina presentes. Uma particularidade de *Spondias* é o grande diâmetro dos vasos (muitas vezes maior que 150  $\mu$ m) em relação aos outros gêneros de *Anacardiaceae*. Os espécimes ocorrentes no Brasil são as poucas nativas neotropicais com constantes estudos.

#### 4. Germinação e propagação vegetativa

As espécies de *Spondias* neotropicais apresentam germinação hipógea com os cotilédones morfológicamente expostos (fanerocotiledonares). O hipocótilo emerge de uma extremidade do fruto inicialmente de maneira curvada elevando os cotilédones posteriormente; os cotilédones são opostos, lineares, verdes, sésseis e carnudos; os primeiros eofilos são opostos com seus folíolos laterais geralmente ovalados, com margem serrada e dentes lacnados. O período de emergência é amplo podendo iniciar com 25 dias e se estender até 240 dias (Baskin, 2010).

Estudos de propagação de *Spondias* mostraram que estacas lenhosas e sublenhosas desfolhadas obtidas de plantas adultas possuem alta capacidade de brotação, no entanto não houve indícios de enraizamento (Carvalho, 2006).

Há evidências na literatura do potencial de enxertia interespecífica de *Spondias*. A espécie *S. tuberosa*, como já mencionado, tem aptidão intrínseca de acumular água e nutrientes em suas raízes tuberosas, conferindo extrema capacidade de tolerância à seca. Portanto, seu uso como porta-enxerto permitiria o cultivo de outras *Spondias* em ambientes adversos (Sotta et al., 2021).

## 5. Desenvolvimento de raízes

O crescimento e desenvolvimento de raízes está diretamente relacionado com a ação e interação de diversos hormônios vegetais. Sabe-se que a giberelina tem papel crucial na sinalização e indução de enzimas de afrouxamento das paredes, logo, a menor interação dos polissacarídeos estruturais permite uma ação mais eficaz das expansinas, estas por sua vez afastam as microfibrilas de celulose para expansão celular. O sinergismo com auxinas deixa o meio propício às expansinas e os sinais químicos provindos da ação da giberelina ativam citocininas e brassinosteróides, que estão relacionados ao crescimento de raízes, e xilopódios (Figura 5), maximizando a absorção e armazenamento da solução do solo.

Matos et al. (2020) buscando otimizar a produção de mudas de *S. tuberosa* identificaram que duas pulverizações com 390 ppm de GA3 incrementa em até 30% o crescimento de raiz, evidenciando o papel da giberelina no desenvolvimento radicular.



**Figura 5.** Xilopódios de *S. tuberosa* destinado para processamento agroindustrial (Adaptado de Cavalcanti et al., 2007).

## 6. Desenvolvimento de caules

Plantas adultas de *Spondias* emitem ramos em período seguinte ao repouso vegetativo, que não se associa necessariamente à queda total de folhas, mas geralmente após o período seco. Os ramos que surgem têm grande vigor e comprimento, apresentando inicialmente um tecido do súber pouco espesso que vai sendo incrementado até formar protuberâncias lenhosas (Coradin et al., 2018).

## 7. Desenvolvimento de folhas

O primeiro estudo que buscou entender a organogênese do tecido foliar de *Spondias* foi realizado por Jaiswal et al. (2021). O trabalho visou compreender como ocorre o desenvolvimento inicial das folhas de *S. mangifera* e concluiu fatos relevantes sobre um conjunto de aspectos. Enquanto diversas plantas têm a formação de suas folhas iniciadas diretamente através de brotos, *Spondias* apresenta a formação de folhas a partir de calos foliares que são posteriormente diferenciados.

A auxina promove a iniciação do calo, especialmente através de regulações internas do metabolismo do ácido indolacético (IAA). As citocininas induzem a organogênese do tecido e, em associação com outros promotores, regulam a dominância apical para a formação de novas folhas.

Em seu completo desenvolvimento, o limbo geralmente é composto e com as lâminas dos folíolos glabras. Espécies arbóreas desse gênero podem perder parcialmente suas folhas em períodos secos com ocorrência de abscisão total em alguns ambientes. Ambos os casos já foram registrados em diferentes localidades no Brasil.

## 8. Efeitos de fatores ecológicos

Em geral, as espécies do gênero estudado são ocorrentes em ambientes com regime de precipitações uniformes ao longo do ano ou com determinada periodicidade. A pluviosidade média anual varia entre 1.000 e 2.500 mm, com um limite estabelecido de 2.750 mm anuais. A disponibilidade hídrica se mostra distinta entre os diferentes cenários em que *Spondias* spp. se desenvolvem. A deficiência hídrica pode ser de pequena a moderada ou até forte em algumas regiões.

A temperatura média descrita para algumas espécies tem variação anual entre 19,2°C e 27,8°C e temperatura mínima absoluta registrada é de 1,4°C (Carvalho, 2006).

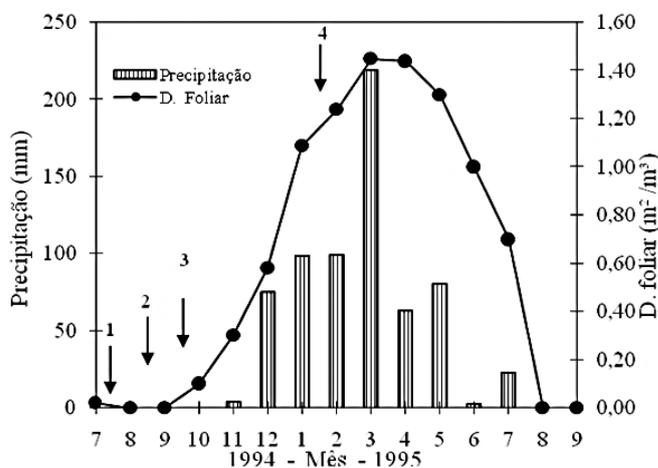
Alguns mecanismos morfológicos e fisiológicos são regulados pelas condições ambientais em que as plantas se encontram. Alguns fatores que favorecem esse

desenvolvimento em locais adversos é a presença de lenticelas no caule e a marcante atenuação da transpiração e respiração nas épocas secas. Pode ocorrer a abscisão esporádica das folhas e o acúmulo de fotoassimilados e de reservas no caule e nas raízes, como em *S. mombin* (Coradin et al., 2018).

## 9. Relações hídricas

As diferentes estratégias relacionadas a dinâmica da água na planta regem o desenvolvimento vegetal. Adaptações morfológicas em espécies de *Spondias* auxiliam no estabelecimento onde são alocadas e serão abordadas mais adiante. Mas é importante salientar que estruturas subterrâneas e aéreas estão diretamente relacionadas com a relação hídrica planta x ambiente.

O regime hídrico define as características fenológicas de muitas espécies. O baixo potencial hídrico do solo aliado a temperatura e umidade relativa em valores críticos marcam a entrada do período reprodutivo das plantas de *Spondias*. A densidade foliar está atrelada a precipitação anual, sendo esses fatores relacionados diretamente, como pode ser observada na Figura 6. A distribuição da precipitação determina, portanto, o crescimento vegetativo.



**Figura 6.** Relação entre a precipitação, densidade foliar e as fases fenológicas *S. tuberosa* (1- queda de folhas; 2- floração; 3- frutificação; 4- maturação), observada durante o ciclo produtivo 1994-1995, em Petrolina, PE (Adaptado de Lima Filho, 2011).

A transpiração de *S. tuberosa* atinge seu ponto máximo por volta das 9h, enquanto a evapotranspiração alcança seu pico por volta das 16h. A cutícula delgada do limbo permite certa transpiração com os ostíolos fechados, porém o processo biológico de perda de água é controlado rigidamente pelos estômatos.

As relações hídricas de *S. tuberosa* já foram mensuradas e os resultados mostraram o potencial hídrico e osmótico das folhas alcançando valores mínimos às 8h da manhã, sendo respectivamente  $-0,97$  MPa e  $-1,17$  Mpa. A menor pressão de turgor foi registrada às 16h sendo  $0,16$  MPa. A estabilidade do balanço hídrico evidenciada no período seco é reduzida quando há farta disponibilidade pluviométrica, levando ao desequilíbrio nos componentes do potencial de água e pressão (Lima Filho, 2011).

## 10. Solos, nutrição e micorrizas

As propriedades químicas, físicas e biológicas do solo se atrelam diretamente às possibilidades de cultivo em um determinado ambiente. O estabelecimento inicial, crescimento e produção das plantas sofrem influência da fertilidade do solo, que é um componente essencial no rendimento econômico de uma determinada gleba ou talhão.

A resposta e o posicionamento de diferentes adubações foram estudados em *S. mombin* e os resultados mostraram que, para a implantação dessa espécie, recomenda-se a conciliação de fertilizantes químicos e orgânicos. O melhor desenvolvimento das mudas ocorreu com a distribuição na cova de plantio de 1 L de esterco bovino, em união com 300 g de superfosfato simples e 50 g de NPK (04:14:08). A cobertura foi feita 20 dias após o transplante com a quantia de 120 g/cova do mesmo NPK. A altura de plantas se destacou com esse tratamento; é explicado e corroborado nos estudos que utilizaram fontes fosfatadas no plantio de *Spondias* spp. e concluíram que houve um grande estímulo no desenvolvimento radicular e em brotações que se vincula ao fósforo (Silva et al., 2020).

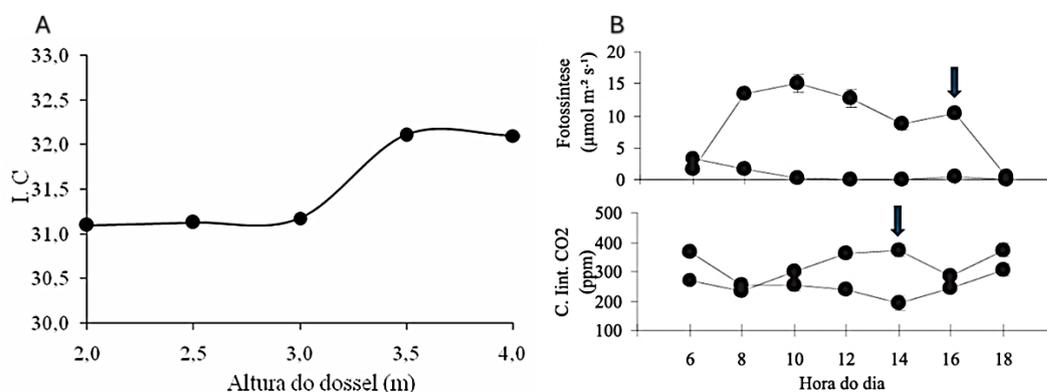
As interações ocorridas entre as raízes das plantas com fungos micorrízicos arbusculares são muito conhecidas e diversos aspectos dessa relação são hodiernamente desvendados. Trabalhos atuais mostraram que a associação de micorriza com *Spondias* refletiu em incremento na altura de plantas em relação às mudas que receberam apenas adubo em seu tratamento. Tais resultados foram obtidos em condições controladas, mas é possível extrapolar essas evidências de maneira positiva para plantas em seus habitats naturais, concluindo a relevância desses organismos no desenvolvimento vegetal (Veran et al., 2024).

Apesar de existirem estudos relacionados a adubação e desenvolvimento de espécies do gênero aqui abordado, a literatura ainda carece de informações mais concretas das necessidades nutricionais e o posicionamento das adubações nos diferentes tipos de solo em que são cultivadas *Spondias* spp.

## 11. Fotossíntese

A radiação solar e sua captação pelos vegetais se relacionam com a produção de fotoassimilados produzidos pelas folhas. Espécies de *Spondias* têm características de dossel que determinam o aproveitamento luminoso recebido e refletem na anatomia constituinte da copa. Apenas 4,4% da luz incidente na árvore atingem as folhas das camadas mais inferiores, sendo que 80% da radiação fotossinteticamente ativa é captada na faixa de 1 metro no interior do dossel. O índice SPAD de clorofila nessa camada chega a valores superiores a 32 e reduzem conforme são determinados para o interior da copa (Figura 7).

Ao adentrar no dossel a menor atividade dos cloroplastos reduz consequentemente a fotossíntese que passa de  $8,79 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para valores negativos ( $-2,56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), o que induz a conclusão de que as folhas mais internas são drenos de assimilados nessas condições. Porém, é evidente o papel do potencial hídrico entre planta-solo para que esse conjunto de fatores culminem positivamente na fotossíntese, visto que *Spondias* têm um controle rigoroso do fechamento estomático e rápida redução da condutância e transpiração frente a condições adversas (Lima Filho, 2011).



**Figura 7.** (A) Variação no índice de clorofila observada em folhas de umbuzeiro em função da localização no dossel. (B) Variação diurna da fotossíntese e concentração interna de  $\text{CO}_2$  do umbuzeiro observada durante a época chuvosa (seta indicativa) e seca (Adaptado de Lima Filho, 2011).

## 12. Florescimento e frutificação

O período reprodutivo dos vegetais é regulado por diferentes estímulos, sejam eles internos ou externos à planta. Espécies de *Spondias*, em especial as de clima árido e semiárido, possuem ciclo reprodutivo relacionado diretamente com as condições ambientais. Estudos sobre a fenologia de *S. tuberosa* relataram a influência da precipitação na indução inicial do florescimento. Por volta de 60 dias sem registro de chuvas, altas temperaturas e umidade em valores críticos ocorre a abscisão das folhas e a emissão de botões florais, que são regidos, portanto, pela intensidade desses fatores.

O surgimento de novas folhas se inicia no pedúnculo floral, as quais fornecerão os assimilados para a brotação florífera em desenvolvimento. Após 25 dias, a frutificação plena é alcançada, sendo que a maturação dos frutos leva em torno de quatro meses (Figura 8). A determinação dos períodos vegetativos e reprodutivos flutuam de acordo com o ambiente em que a espécie está inserida, visto as respostas ecofisiológicas da planta frente às condições enfrentadas (Lima Filho, 2011).



**Figura 8.** Inflorescência e frutos de (A e B) *S. tuberosa* e (C e D) *S. mombin*, respectivamente (Adaptado de Coradin et al., 2018).

### 13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

O conhecimento dos riscos ambientais de uma determinada região é importante para assegurar o retorno econômico das culturas. *Spondias*, como já citado, é um gênero de importância regional e que se tem informações limitadas quanto ao cultivo e a produção das espécies.

A distribuição de espécies regionais foi relatada por Coradin et al. (2018) e não está atrelada ao zoneamento agroclimático e sim à ocorrência de *Spondias* spp. no território brasileiro. É possível fazer inferências sobre o zoneamento dessas culturas relacionando a presença das plantas nessas regiões, porém estudos são necessários para a recomendação segura do plantio.

As adaptações das plantas frente às adversidades em que são submetidas conferem maior capacidade de perpetuação dos indivíduos. O gênero *Spondias* apresenta algumas

características intrínsecas que possibilitaram sua disseminação e manutenção em diferentes ambientes.

Diversas espécies são provenientes de habitats ribeirinhos e possuem particularidades quanto sua dispersão. A baixa relação polpa/volume de fruto, a alta rigidez de endocarpo e a dormência fazem com que as sementes de *S. mombin* sejam capazes de serem transportadas por águas fluviais e oceânicas, propiciando a propagação da espécie de maneira intercontinental (Duvall, 2006).

Além da propagação, as adaptações morfológicas e anatômicas para o bom estabelecimento e manutenção em distintos ambientes são deveras relevantes. Entre as espécies estudadas no Brasil, a que mais tem notoriedade nesse aspecto é a *S. tuberosa*. Essa espécie se destaca principalmente pelo seu sistema radicular. Os tecidos lacunoso e celulósico das raízes produzem estruturas denominadas xilopódios, um tipo de túbera, que pode chegar a 20 cm de diâmetro e tem a finalidade de auxiliar no balanço hídrico da planta ao armazenar solução absorvida do solo para posterior uso em casos extremos. O número de xilopódios varia, podendo ultrapassar 300 unidades em uma mesma planta.

Outra característica que favorece a sua sobrevivência em ambientes adversos são as pilosidades presentes nos limbos foliares, que ajudam na dispersão do calor absorvido pela folha e propiciam temperaturas semelhantes à do ar, além da abscisão total de folhas com a entrada na época da seca em regiões áridas, o que reduz drasticamente a perda de água nas plantas (Lima Filho, 2011).

#### **14. Estratégias para altas produções**

A produção de frutos de *Spondias* spp. no Brasil é evidenciada especialmente na região norte e nordeste do país. Por ser uma fruta de comércio local e produção em escala regional, a assistência para produtores provém majoritariamente de órgãos e institutos de pesquisa de cunho público. As iniciativas de extensão possibilitam a relação entre o conhecimento e desenvolvimento acadêmico com os produtores desprovidos de suporte técnico.

No Piauí, o cultivo de taperebá, mais conhecida como cajá (*S. mombin*), recebeu assistência de pesquisadores da EMBRAPA e foram aplicadas tecnologias para o incremento da produtividade em diversas fazendas.

A instalação do sistema de fertirrigação auxilia no fornecimento de minerais como nitrogênio, fósforo e potássio. Ensaios mostraram que, obedecendo as dosagens recomendadas

para cada espécie, o fornecimento de solução nutritiva em intervalos de 20 dias se relaciona com a melhoria no desempenho produtivo de *Spondias* spp.

O uso de telas na agricultura é muito estudado para benefício de diversas culturas. Em fruteiras o telado geralmente é disposto sobrepondo as plantas, reprimindo os percalços causados por pássaros e adversidades climáticas como chuvas de granizo. No cultivo do cajá, por exemplo, produtores estão utilizando o telado abaixo da copa das árvores, nas entrelinhas e entre plantas com a finalidade de reduzir a perda de fruto por danos físicos após a queda e seu impacto no solo. Essa ocorrência natural de senescência dos frutos comprometia cerca de 40% da colheita. A estratégia do uso de tela também refletiu positivamente no tempo de colheita dos frutos, reduzindo a mão de obra em maior escala.

O estabelecimento e ajuste nos sistemas de produção visam determinar as melhores técnicas e manejos com foco em conhecer a cultura e alcançar seu potencial produtivo. Mudas enxertadas de cajá podem iniciar sua produção após quatro anos e alcançar 40 kg de frutos por planta. Os benefícios podem ser incrementados ao consorciar o cajá ou outras espécies de *Spondias* com a cultura do cacau, principalmente para sombreamento dessa última (FAPEPI, 2024).

## 15. Efeitos de reguladores vegetais

A aplicação exógena de reguladores vegetais têm sido alvo de diversos estudos voltados ao desenvolvimento e produção de diferentes espécies. Kumari e Pandey (2014) estudaram os efeitos de diversos biorreguladores no crescimento de *Spondias mangifera* e estipularam doses dos reguladores para uso individual ou em combinação.

No cultivo *in vitro*, adição de 6-benzilaminopurina (BAP), uma citocinina, promoveu diferenciação de gemas da parte aérea quando fornecida a 2,0 ppm. Ao utilizar o 2,4-D, uma auxina, nas doses entre 2,5 e 5,0 ppm, tecidos responderam muito bem na formação de calos em explantes de *S. mangifera*. Ácido indolilacético (IAA) e ácido indolbutírico (IBA) nas doses 0,5 e 2,0 ppm tiveram boa resposta para formação radicular. IAA também foi capaz de induzir diversos parâmetros de crescimento em propágulos de *S. purpurea* tratadas com 10 g L<sup>-1</sup>, com destaque para o enraizamento das estacas imersas por 24 segundos na dosagem em questão (Rocha et al., 2019).

A aplicação foliar de 415 ppm de ácido giberélico (GA3) em mudas de *S. tuberosa* foi capaz de promover o crescimento vegetativo em parâmetros como número de folhas, área foliar, massa caulinar e ainda influenciou positivamente o sistema radicular, formando túberas

mais robustas. É possível ainda inferir que o tratamento de mudas com GA3 pode reduzir o período juvenil e antecipar a época produtiva dessa espécie (Matos et al., 2020).

## 16. Senescência e aproveitamento de resíduos

A destinação dos frutos de *Spondias* spp. para fins agroindustriais gera diversos produtos alimentícios e diversifica a exploração dessa atividade. A possibilidade do aproveitamento residual gerado pelo processamento desses frutos potencializa o retorno econômico da indústria e amplia os produtos gerados. Um levantamento feito por Freitas et al. (2024) relatou diversos estudos que objetivaram o aproveitamento de subprodutos de *Spondias*.

A farinha provinda da casca do fruto de *S. mombin* possui concentrações relevantes de carboidratos, proteínas, lipídios e ainda micronutrientes como ferro, zinco e manganês. *S. tuberosa* apresenta altos teores de K e P em sua polpa.

Ambas as espécies citadas vêm mostrando ótimo potencial para a indústria nutracêutica devido aos seus compostos bioativos. Os resíduos isolados dessas culturas incluem taninos, flavonoides, vitaminas, compostos voláteis e carotenoides. Estes últimos com importância voltada não só para a dietética, mas para o contexto dos nutricosméticos, proporcionando bom funcionamento do organismo e podendo refletir nos caracteres estéticos.

Do aproveitamento das fontes secundárias, ainda se destacam outros subprodutos. Como exemplos já relatados na literatura, tem-se a criação de adsorventes com potencial atividade de purificação de águas industriais e efluentes, a formação de revestimentos comestíveis através da pectina extraída dos resíduos e ainda a produção de enzimas pectinolíticas e celulolíticas como resultado do cultivo de microrganismos em meio de cultura baseado nos resíduos de *Spondias*.

É visível, portanto, que os recursos provindos do extrativismo e do cultivo comercial de *Spondias* spp. vão além dos produtos diretos que estas entregam ao ser humano e técnicas industriais têm sido frequentemente desenvolvidas buscando alcançar um maior e mais diversificado aproveitamento dos resíduos dessas espécies.

## Referências

ADENIRAN, A.A.; NTAMANWUNA, E.C.; BASSEY, V.O. Microscopical characterization and physicochemical standardization of leaves, stems and roots of *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae). **Nigerian Journal of Pharmaceutical Research**, Nairobi, v. 17, n. 1, p. 15-25, 2021.

- BACHELIER, J.B.; ENDRES P.K. Comparative floral morphology and anatomy of Anacardiaceae and Burseraceae (Sapindales), with a special focus on gynoeceum structure and evolution. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 159, n. 4, p. 499–571, 2009.
- BASKIN, C.C. Seedlings of Barro Colorado Island and the neotropics. **Systematic Botany**, Notre Dame, v. 35, n. 1, p. 220, 2010.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 629 p.
- CAVALCANTI, N.B. et al. **Pícles de xilopódio do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda)**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 82).
- CORADIN, L.; CAMILO, J.; PAREYN, F.G.C. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. 1311 p.
- CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press; The New York Botanical Garden, 1988. 1262 p.
- DUVALL, C.S. On the origin of the tree *Spondias mombin* in Africa. **Journal of Historical Geography**, London, v. 32, n. 2, p. 249-266, 2006.
- FONSECA, N. et al. **Umbu: cajá e espécies afins: *Spondias* spp.** Buenos Aires: IICA; PROCISUR, 2017. 29 p.
- FREITAS, J.S. et al. *Spondias tuberosa* and *Spondias mombin*: nutritional composition, bioactive compounds, biological activity and technological applications. **Resources**, Washington, v. 13, n. 5, p. 68, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources13050068>
- FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO PIAUÍ. Disponível em: <<https://www.fapepi.pi.gov.br/tecnologias-aumentam-producao-de-caja-no-nordeste-em-ate-cinco-vezes/>>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- JAISWAL, P. et al. Organogenesis from leaf tissue of *Spondias pinnata* (L. f.) Kurz, SEM study and genetic fidelity assessment by ISSR and ScoT. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Amsterdam, v. 146, n. 1, p. 203-212, 2021.
- KUMARI, I.; PANDEY, R. Effect of different phytohormones in culture of explants of *Spondias mangifera* (L.). **The Biobrio**, New Delhi, v. 1, n. 1, p. 45-48, 2014.
- LIMA FILHO, J.M.P. **Ecofisiologia do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, 2011. 24 p. (Documentos, 240).
- MATOS, F.S. et al. Effect of gibberellin on growth and development of *Spondias tuberosa* seedlings. **Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 1, p. 1124-1130, 2020.
- MILLER, A. *Spondias*. In: KOLE, C. (Ed.). **Wild crop relatives: genomic and breeding resources**. New York: Springer, 2011. p. 203-212.

MITCHELL, J.D.; DALY, D.C. A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. **PhytoKeys**, Sofia, v. 55, n. 1, p. 1-92, 2015.

PELL, S.K. et al. Anacardiaceae. In: KUBITZKI, K. (Ed.). **The families and genera of vascular plants**. Berlin: Springer-Verlag 2010. p. 7-50. (Flowering Plants. Eudicots: Sapindales, Cucurbitales, 10).

ROCHA, G.T. et al. Vegetative propagation of red mombin (*Spondias purpurea*) with immersion in indole-3-acetic acid. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 2, p. 1-7, 2019.

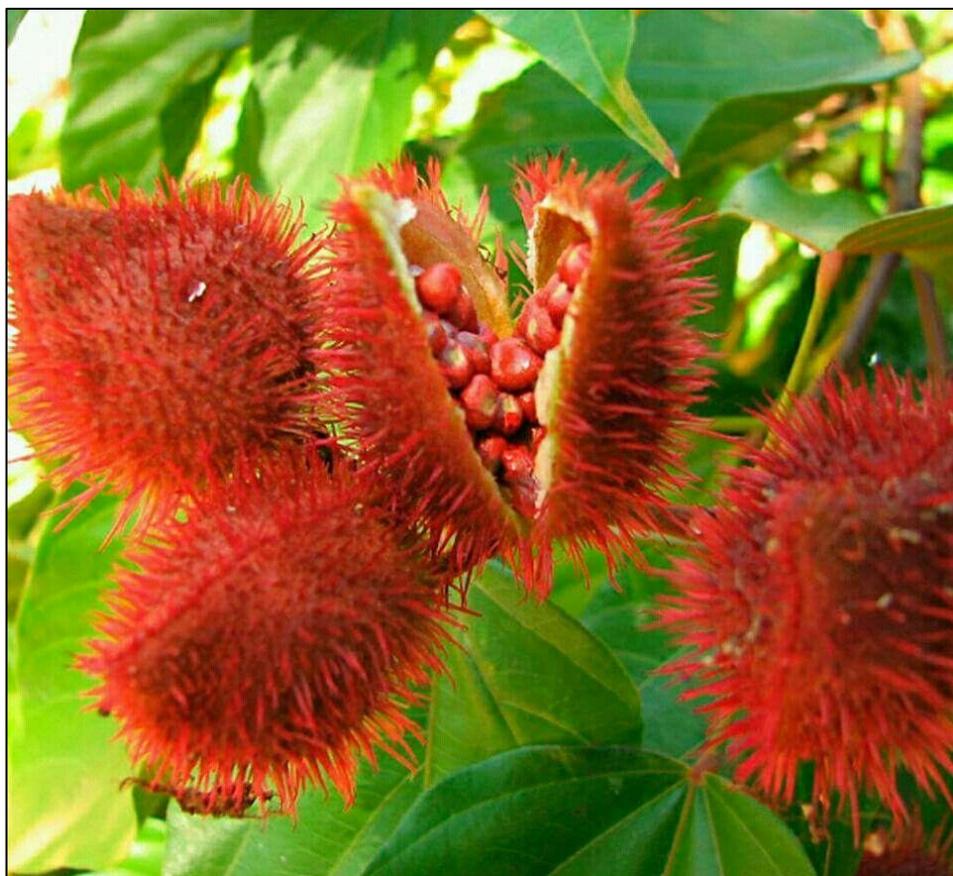
SILVA, K.J.S. et al. Effects of mineral and organic fertilization on the growth of *Spondias mombin* in an area of environmental recovery in the Amazon region. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 8, p. 59960-59970, 2020.

SILVA-LUZ, C.L. et al. **Anacardiaceae in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB4402>>. Acesso em: 22 abr. 2024

SOTTA, E.D. et al. **Estratégias de adaptação às mudanças do clima dos sistemas agropecuários brasileiros**. Brasília: MAPA; SENAR, 2021. 187 p.

VERAN, G.M.L. et al. Effects of fertilisation and mycorrhizal inoculation on the early growth of selected *Philippine indigenous* fruit tree species. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 36, n. 2, p. 196-204, 2024.

# URUCUM



**URUCUM** (*Bixa orellana*)

Thaís Silvestre Sanches Antichera

## **1. Origem e distribuição geográfica**

O urucum, também conhecido como urucu, colorau, açafão-do-brasil (*Bixa orellana* L.) é uma importante espécie originária da América tropical (Smith et al., 1992; Stringheta; Silva, 2008) e cultivada nos trópicos de todo o mundo (Ramalho et al., 1987). No Brasil, essa espécie é encontrada na região Amazônica até a Bahia em florestas pluviais, ao longo dos rios, portanto foi identificada como planta nativa dos estados do Norte e Nordeste (Lorenzi, 2008; Smith et al., 1992; Baliane, 1984).

Largamente cultivada pelos indígenas Amazônicos, seu histórico de cultivo vem de tempos remotos em relatos de que os indígenas do Brasil usam o pigmento do urucum para pintar a pele e utensílios, supostamente como ornamentação e proteção contra insetos e

exposição solar. Cartas encaminhadas à Coroa Portuguesa nas primeiras expedições ao Brasil, datadas de 1500, relatam a utilização desses pigmentos pelos indígenas da costa da Bahia (Lorenzi, 2008).

A importância econômica do urucum deve-se principalmente ao teor do pigmento bixina, substância corante presente em suas sementes. O uso desse pigmento tem sido impulsionado pela proibição da utilização de corantes sintéticos nas indústrias de alimentos e cosméticos em vários países, principalmente nos países da União Europeia (Falesi, 1989).

Mundialmente, o Brasil é o maior produtor de urucum, sendo responsável por 57% da produção mundial, seguido pelo Peru com 31%, Costa do Marfim e Gana, Quênia, Guatemala, República Dominicana, Bolívia, Equador, Índia e México (Fabri, 2015).

No Brasil, o estado de São Paulo é o maior produtor de urucum, seguido por Rondônia, Pará e Paraná. Dentre esses polos produtores da cultura do urucuzeiro, podemos destacar no estado de São Paulo a tradicional região da Alta Paulista, com maior destaque para os municípios de Monte Castelo e São João do Pau D'Alho, seguidos nesta região por outros municípios como, Tupi Paulista, Ouro Verde, Junqueirópolis, Dracena, Pauliceia e Santa Mercedes. Outro importante polo produtor no estado de São Paulo é a região de Mirante do Paranapanema, Teodoro Sampaio, Sandovalina e Presidente Venceslau (Fabri, 2015).

No estado de Rondônia a cultura concentra-se no cone sul, na região de Corumbiara, Cerejeiras, Cabixi e Colorado do Oeste. Na região central do país, o estado de Mato Grosso do Sul, sem nenhuma tradição no cultivo do urucum, pequenos e médios produtores dos municípios de Nova Alvorada do Sul, Ivinhema, Deodápolis, Selvíria entre outros, têm adotado a cultura do urucum como uma nova fonte de renda, ou como uma alternativa de diversificação na propriedade (Fabri, 2015).

Na região Sul do Brasil, o destaque fica para a região norte do estado do Paraná, destacamos os municípios de Paranacity e Cruzeiro do Sul, com uma restrição da expansão devido às limitações climáticas, principalmente às baixas temperaturas (Fabri, 2015).

## **2. Classificação botânica**

As espécies de urucuzeiro pertencem ao gênero *Bixa*. São várias espécies oriundas desse gênero pertencente à Ordem Parietales, Família Bixaceae. A espécie *Bixa orellana* é a mais cultivada e seu nome é em homenagem a Francisco Orellana, primeiro europeu a navegar e relatar sobre o Rio Amazonas (Corrêa, 1978). A classificação botânica das espécies de urucum é descrita na Tabela 1.

**Tabela 1.** Classificação botânica da planta de urucum.

|                |   |
|----------------|---|
| <b>Reino</b>   | Plantae   |
| <b>Divisão</b> | Angiospermae  |
| <b>Classe</b>  | Dicotyledoneae  |
| <b>Ordem</b>   | Parietales  |
| <b>Família</b> | Bixaceae  |
| <b>Gênero</b>  | <i>Bixa</i>   |
| <b>Espécie</b> | <i>Bixa orellana</i> L. (tipo cultivado), <i>Bixa arborea</i> , <i>Bixa americana</i> , <i>Bixa urucurana</i> , <i>Bixa purpurea</i> , <i>Bixa upatensis</i> , <i>Bixa tinetoria</i> , <i>Bixa oviédi</i> |

### 3. Morfologia

O urucuzeiro é considerado um arbusto grande ou uma arvoreta, de 3 a 5 metros de altura, copa baixa e com tronco de 15-25 cm de diâmetro, revestido por casca parda com ritidoma reticulado (Lorenzi, 2008).

As folhas são simples, pecioladas, alternadas, cordiformes, membranáceas, glabras, medindo de 8-11 cm de comprimento e 4 a 15 cm de largura. Limbo ligeiramente ovalado, nervura central típica e nervura secundária ascendente, sendo quatro a partir da base do limbo, duas de cada lado da nervura central, pouco pubescentes quando novas; discolores com a parte inferior de coloração mais clara; apresentando estípula terminal triangular com pubescência semelhante à dos terminais dos galhos e de caducidade precoce, com 3 a 5 mm de comprimento (Ramalho et al., 1987).

As flores são hermafroditas, levemente róseas, reunidas em panículas terminais muito vistosas. Ao amanhecer as flores se abrem e são polinizadas por vibração pelas abelhas da família Anthophoridae (*Xilocopa frontalis* e *Epichalis rustica*), conhecidas por mamangavas (Lorenzi, 2008; Castro, 2009).

Os frutos do urucum são do tipo cápsula deiscente, ovoides, com dois ou três carpelos, revestidos com espinhos flexíveis de coloração avermelhada, esverdeada, amarelada ou parda, reunidos em cachos com até 17 frutos. Dentro dessas cápsulas se encontram de 30 a 50 sementes angulares, com 3 a 4 mm de comprimento, pretas e cobertas por um arilo ceroso de cor vermelha (corante) e com odor característico (Figura 1). A bixina é o pigmento presente em maior concentração nas sementes, representando mais de 80% dos carotenoides totais (Ramalho et al., 1987).

O sistema radicular é pivotante, apresentando um eixo principal de onde saem as raízes secundárias e terciárias (Mello; Lima, 1990).



**Figura 1.** Morfologia do urucum (Adaptado de Lorenzi, 2008).

#### **4. Germinação e propagação**

Das sementes presentes no urucuzeiro são extraídos pigmentos vermelho e amarelo que são amplamente empregados na indústria alimentícia, têxtil e farmacêutica (Carvalho, 1999; Srivastava et al., 1999). Dentre os corantes naturais, o urucum é o segundo mais importante economicamente, ficando atrás apenas do caramelo, e tem como países produtores Peru, Brasil, México, Índia e Quênia (Mercadante et al., 1997).

A reprodução do urucum se dá predominantemente por polinização cruzada e a propagação é realizada exclusivamente via sementes, que é mais econômica e fácil do que a propagação vegetativa (Pereira, 1995). Entretanto, segundo Falesi (1987), os cultivos de urucum apresentam alta variabilidade genética, especialmente quando relacionados com o número de sementes por cápsula, com a cor e o teor de pigmentos contidos nas sementes. Dados na literatura têm mostrado que a propagação por sementes vem apresentando problemas, devido à baixa germinação das mesmas em função da dormência primária imposta pelo tegumento (Mello; Eira, 1995; Eira; Mello, 1995).

Custódio et al. (2002) avaliaram o efeito da separação de sementes de urucum por peso, na qualidade fisiológica, assim como, tratamentos para promover a germinação. Com o estudo, os autores concluíram que a separação das sementes de urucum, por peso, influi na qualidade fisiológica, sendo que sementes mais pesadas exibiram qualidade superior, porém apresentou maior incidência de sementes duras, assim, o tratamento de escarificação mecânica é recomendado, na superação da dormência para a germinação da semente de urucum.

Em um estudo sobre pré-tratamento para germinação, Kissmann et al. (2013), observaram que o valor máximo de germinação foi de 35,9%. Contudo, apesar do tratamento de osmocondicionamento, a germinação foi inferior a 50%.

Em um trabalho com o objetivo de avaliar a temperatura e o substrato para o teste de germinação das sementes de urucum, desenvolvido por Ferreira e Novembre (2015), os autores observaram que o intervalo de temperatura favorável para a germinação das sementes de urucum, é entre 29,5°C e 31°C e o substrato ideal é o papel de germinação.

Kissmann et al. (2013) avaliaram os efeitos da temperatura e do período de condicionamento na germinação de sementes, o crescimento inicial de mudas e o efeito do sombreamento sobre o crescimento inicial das mudas de urucum. Com esse experimento, os autores observaram que as condições mais eficientes para o condicionamento de sementes foi o uso de solução mista de PEG + KNO<sub>3</sub> sob 10°C, após 24 horas de embebição. O sombreamento de 50% foi o mais favorável à germinação e emergência das plântulas e crescimento das mudas. Após 110 dias, foram observados os maiores valores de biomassa para plântulas originárias de sementes condicionadas.

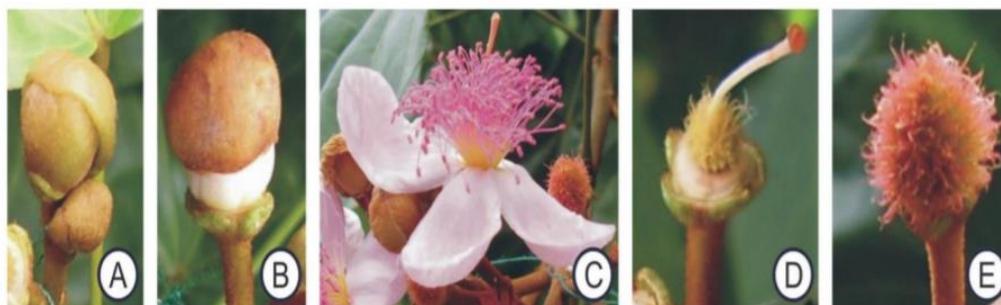
Por ser uma espécie perene e apresentar essa grande variabilidade genética, a propagação vegetativa constitui um método viável para a produção de indivíduos, de modo a se obter clones com qualidade e alta produtividade (Carvalho, 2005). Sendo assim, encontram-se na literatura estudos de micropropagação *in vitro* (Ramamurthy et al., 1999; Sharon; D'souza, 2000; Carvalho, 2005), enxertia por garfagem (Bruckner et al., 1991; São José et al., 1992), por borbúlia (Bruckner et al., 1991), alporquia (Mantovani et al., 2010), bem como enraizamento por estacas (San-Miguel et al., 1999).

## 5. Fenologia

A fenologia é o estudo da ocorrência de eventos biológicos no decorrer do ciclo de uma mesma espécie, além de se verificar as causas da ocorrência desses eventos em relação aos fatores bióticos e abióticos (Lieth, 1974). A fenologia do urucuzeiro durante o ciclo vegetativo é, excepcionalmente, caracterizada por ser uma planta que floresce, frutifica e amadurece, durante praticamente todo o ano (Franco et al., 2008).

Em um estudo que teve como objetivo identificar o padrão de floração da espécie *Bixa orellana*, os autores relataram que o urucum apresenta padrão sub anual de floração, com mais de uma floração ao ano (Santos et al., 2014). O início do florescimento ocorre de 6 a 10 meses após o plantio na área definitiva e geralmente verifica-se entre os meses de fevereiro e março. A segunda floração ocorre aproximadamente entre 12 e 15 meses após o

estabelecimento do cultivo, entre os meses de julho e agosto. Com cerca de 90 dias da floração, as cápsulas estarão em condições de colheita. A maturação dos frutos, que vai desde a abertura das flores até a colheita, completa-se em cerca de 100 a 140 dias (Miranda; Ventrella, 2017).



**Figura 2.** Estádios de desenvolvimento do fruto de urucum. A) Broto jovem, B) Broto com pétalas parcialmente expostas, C) Flor, D) Fruto com 2 dias, E) Fruto com 7 dias.

## 6. Cultivares de urucuzeiro

No decorrer dos últimos 20 anos, o urucuzeiro tem sido o foco de pesquisas o que proporcionou o lançamento de tipos de urucum selecionados, como também de variedades com características genéticas definidas. Dentre esses cultivares, citam-se, Piave Vermelha, um dos componentes principais dos cultivares criados pela EMBRAPA Amazônia Oriental, BR-36 e BR-37, o cultivar Casca Vermelha, o Bico de Pato, Peruana Paulista e o Peruano Pará.

As pesquisas indicam como características genotípicas de uma boa variedade o alto conteúdo de corantes, ou seja, teor acima de 2,50% de bixina; arbusto de porte médio a baixo, para facilitar a colheita e as podas anuais; panículas (cachos) com uma média de 25 cápsulas; boa produtividade de sementes por cápsula, que seja igual ou superior a 45 sementes; frutos preferencialmente indeiscentes, ou seja, que a cápsula não se abra durante o processo de maturação dos frutos; e sementes que não se soltem facilmente das cápsulas quando secas (Castro, 2009).

O cultivar Piave Vermelha é indicado para regiões com condições edafoclimáticas favoráveis, como clima tropical chuvoso, solos profundos e de média a alta fertilidade. Esse cultivar é uma planta de produtividade precoce e sua produção se inicia no segundo ano e atinge o máximo já no quarto ano. Possui uma produtividade de 300 a 1200 kg/ha no norte do Brasil e frutos com teores de bixina por volta de 3,5 a 5,0% (Castro, 2009).

Os cultivares Embrapa-36 (progênie 0097) e Embrapa-37 (progênie 0108) foram desenvolvidos no ano de 2001, e são indicados para o Estado do Pará. O Embrapa-36 é

recomendado para áreas com solos bem drenados, e com classe textural que varie de média a muito argilosa, não suportando encharcamento. O Embrapa-36 apresenta um porte médio, alcançando até 1,63 m de altura. Suas frutificação e maturação ocorrem no período de maio a dezembro. O teor de bixina varia de 5,0 a 5,5 %, e apresenta rendimento mínimo de 2,0 kg de sementes secas/planta/ano, considerando-se uma planta com pelo menos 4 anos de idade (Castro, 2009).

O cultivar Embrapa-37 também pode ser plantado em solos bem drenados, profundos, permeáveis e com textura suavemente argilosa ou até mesmo arenosa. O Embrapa-37 apresenta plantas de porte médio - baixo, com altura de 1,54 m. Sua floração e maturação ocorrem de maio a dezembro. O teor de bixina é idêntico ao do Embrapa-36, com variação também de 5,0 a 5,5 % no teor de bixina, mas com uma produtividade média um pouco superior, de 2,5 kg de sementes secas/planta/ano (Castro, 2009).

O Casca Vermelha é um cultivar que apresenta planta com porte alto, medindo em torno de 2 m de altura, apresentando uma superfície de tamanho médio de folhas de aproximadamente 127,53 cm<sup>2</sup> com coloração verde clara. Flores de coloração róseas claras, cápsulas de tamanho relativamente grande, com expressivo número médio de cachos por planta, e de cápsulas por cachos. As plantas exibem uma arquitetura de formato redondo e frutos essencialmente deiscentes. Dispõem de um teor de bixina de 2,68% (Franco et al., 2008).

O cultivar Bico de Pato suporta condições de chuvas entre novembro e julho, com pluviosidade de 1200 a 2000 mm/ano. São sensíveis a oídio nas folhas em regiões mais frias e altitudes acima de 600 m. São adaptáveis a solos profundos, bem drenados e com média a alta fertilidade. A colheita se estende de setembro a outubro em uma única safra e sua produtividade pode variar de 1200 a 2000 kg/ha/ano com frutos apresentando teores de bixina de 2,2 a 3,0% (Oliveira, 2021).

Os cultivares Peruana Paulista e Peruana Pará se adaptam bem a condições de chuvas de 1200 a 2000 mm/ano de outubro a abril, e clima tropical chuvoso, respectivamente. Assim como o Piave Vermelha, suas produções se iniciam no segundo ano e atinge o ápice no quarto ano, com uma produtividade em torno de 800 a 1600 kg/ha (Paulista) e 300 a 1200 kg/ha no Norte do Brasil (Pará). Diferentemente do cultivar Bico de Pato, o Peruana Paulista é tolerante ao oídio, e apresenta um teor de bixina de 2,5 a 3,2%. Já o cultivar Peruana Pará apresenta sensibilidade ao oídio, não produz bem em regiões frias, com altitudes superiores a 600 m e possui um teor de bixina de 3,5 a 5,0% (Oliveira, 2021).

## 7. Efeitos dos fatores ecológicos

O urucum, por ser uma planta tipicamente tropical, seu cultivo pode ser realizado em diferentes regimes climáticos e sob diferentes fatores ecológicos. Entretanto, tanto a temperatura como a precipitação pluviométrica, poderão tornar-se fatores limitantes ao bom desenvolvimento da cultura.

O urucuzeiro é uma planta heliófila, ou seja, necessita de luz solar para se desenvolver. Em relação a amplitude térmica, essa cultura se desenvolve entre 22° a 27°C, sendo 25°C considerada como ideal. As temperaturas máximas suportadas pelo urucum são de 36° a 38°C e alguns cultivares suportam temperaturas entre 15° e 22°C, desde que não ocorra geada (Franco et al., 2016).

O urucuzeiro é tolerante a baixas precipitações pluviais, desde que bem distribuídas ao longo do ano. No entanto, o ideal para o desenvolvimento dessa cultura são precipitações anuais bem distribuídas e superiores a 1.200 mm. Por ser uma planta que apresenta os processos vegetativos, de florescimento e frutificação, praticamente durante todo o ano, a ausência de chuvas, num período superior a três meses, poderá ser prejudicial à sua produtividade (Franco et al., 2016).

A umidade relativa do ar ideal está em torno de 80%, acima disso pode ocorrer o desenvolvimento de doenças fúngicas. Segundo Castro et al. (2009), o urucuzeiro pode ser cultivado desde o nível do mar até uma altitude de 1.200 m, porém o ideal está entre 100 a 800 m, uma vez que nessa altitude foi observado teor mais elevado do pigmento bixina.

Os ventos quando frios e fortes podem causar prejuízos, principalmente na fase de formação da cultura, chegando a rasgar as folhas e, conseqüentemente, diminuir a eficiência fotossintética, retardando o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da planta (Castro et al., 2009).

## 8. Fotossíntese

A fotossíntese é um processo que se inicia com a captura de fótons da radiação fotossinteticamente ativa pelos pigmentos clorofilianos. No processo fotossintético, os pigmentos cloroplastídicos desempenham um papel fundamental na captação da luz e, em especial, os carotenoides, que também agem como protetores dos possíveis danos foto inibitórios. A fotossíntese contribui como fonte primária de substâncias essenciais ao metabolismo geral das plantas. Se, por um lado as variações nos teores desses pigmentos fotossintetizantes podem indicar um ajuste das plantas às condições do meio em que se

encontram, por outro lado, as variações podem refletir diferenças intrínsecas do potencial de cada material vegetal, sob mesmas condições ambientais Taiz e Zeiger (2017).

Apesar das diferenças na capacidade fotossintética entre espécies e cultivares serem de reconhecida importância para compreender a ecofisiologia de uma cultura, o conhecimento dos parâmetros fotossintéticos do urucum, relacionados com a produção dos carotenoides bixina e norbixina ainda é escasso (Matsumoto et al., 2002).

Ortíz (2004) realizou um estudo para avaliar se existiriam diferenças no potencial fotossintético entre de dois grupos de plantas de urucum, através da análise de suas curvas de resposta da taxa fotossintética líquida à luz e à concentração intercelular de CO<sub>2</sub>, bem como dos teores de seus pigmentos. A autora estimou que a taxa fotossintética líquida máxima das plantas de urucum ficou em torno de 11,32 a 23,41  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Estes valores são superiores aos que Prado e Moraes (1997) verificaram para plantas decíduas do Cerrado brasileiro, com taxas em torno de 6,0 a 13,9  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e de outras espécies decíduas já estudadas, que giram em torno dos 6,3 aos 16,0  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . No mesmo estudo, Ortíz (2004), observou que não ocorreu correlação entre os teores de bixina presentes em sementes de urucum com as variáveis e os parâmetros fotossintéticos da planta.

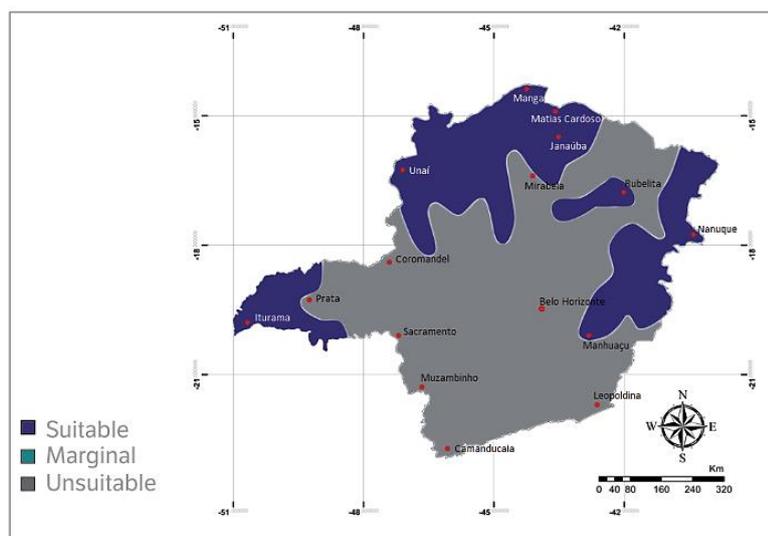
## 9. Zoneamento agroclimático

As plantas de urucum são resistentes e altamente adaptáveis, capazes de crescer em diversos climas. Entretanto, essa cultura pode sofrer influências negativas fora das condições climáticas e hídricas ideais, resultando na limitação do seu desenvolvimento e produtividade (Brito et al., 2015; Sá Júnior et al., 2012).

Lopes et al. (2008) relataram que poucas informações estavam disponíveis sobre a influência das condições climáticas no urucum. O que se sabe é que a cultura se desenvolve bem onde a temperatura do ar ideal está entre 22 e 27°C e pode tolerar pouca chuva. A planta cresce, floresce e produz frutos durante a maior parte do ano, e as condições são consideradas ideais se a precipitação anual for maior que 1200 mm, e bem distribuída, com fornecimento mensal de 100-150 mm.

No Brasil, o zoneamento agroclimático do urucum foi realizado para o estado de Minas Gerais e os autores do trabalho relataram que encontraram dificuldades para as definições dos critérios adotados na execução do zoneamento agroclimático, visto que há uma escassez de informações com precisão de dados da cultura. O urucum é um bom candidato como uma cultura resistente para produção nas regiões áridas de Minas Gerais. Considerando que o zoneamento agroclimático servirá de guia para os produtores, o trabalho auxiliou na

identificação das regiões mineiras com potencial para o cultivo do urucum por meio do zoneamento agroclimático. O zoneamento agroclimático possibilitou a classificação das regiões por adequação climática e indicou que as regiões norte, oeste e noroeste e partes do leste do estado, apresentavam condições climáticas favoráveis ao cultivo por ser em regiões onde o urucum se adaptaria devido a baixos níveis de água e em áreas com períodos prolongados e intensos de estresse hídrico de fevereiro a outubro (Figura 3).



**Figura 3.** Zoneamento agroclimático da cultura do urucum no estado de Minas Gerais. (Adaptado de Aparecido et al., 2017).

## 10. Manejo da cultura e estratégias para altas produções

O Brasil é considerado o maior produtor de sementes de urucum do mundo, tendo atingido, em 2018, sua safra recorde de 16.613 toneladas de sementes colhidas. O estado de São Paulo, maior produtor de urucum, registrou em 2018 uma safra de aproximadamente 5.500 toneladas. A região norte do Brasil vem ganhando destaque, principalmente para o estado de Rondônia, que atualmente ocupa o posto de segundo colocado no Brasil, tanto em área plantada quanto em produção de sementes, tendo registrado uma colheita, no ano de 2018, de aproximadamente 4.500 toneladas (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2019).

O urucuzeiro é uma planta nativa do Brasil e, portanto, é considerada uma espécie rústica, de baixo custo de produção (Fabri, 2015). De acordo com a Sociedade Nacional de Agricultura (SNA, 2015), o urucum é cultivado em grande maioria, por pequenos agricultores, atingindo geralmente índices de produtividade inferiores a  $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , o que é

esperado para a cultura (Franco et al., 2008). Segundo IBGE (2019), a média nacional está próxima a 1.000 kg ha<sup>-1</sup>.

### **10.1. Tipos de solo e manejo**

Na literatura, encontram-se estudos que relacionam a produtividade de uma determinada cultura com os atributos químicos, físicos, e biológicos do solo, ou seja, a produtividade agrícola dependente do solo (Montanari et al., 2015).

A planta de urucum se adapta a diferentes tipos de solos que se estendem desde o litoral até o agreste. A classificação desses solos, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos de 1999, variam entre o Luvisolos Crômicos até Nitossolos Vermelhos Eutróficos, Neossolos Regolíticos Eutróficos Típicos e Latossolo Vermelho Amarelo Eutróficos. No entanto, é uma cultura que melhor se adapta aos solos de média a alta fertilidade, onde predomina relativa umidade, aliada a um clima ameno. Os solos devem ser profundos e bem drenados, podendo apresentar topografia plana ou ondulada, evitando-se áreas propensas à encharcamentos prolongados (Batista, 1988).

O preparo do solo para o cultivo do urucum consiste, basicamente, na preparação da área com uma roçada seguida de uma aração a aproximadamente 30 cm de profundidade, com duas gradagens leves e cruzadas e abertura de covas para receber as mudas. Para plantar o urucum é essencial que as covas sejam de 40 x 40 x 40 cm (Castro, 2009). A calagem deve ser feita antes do plantio conforme os resultados da análise do solo, de 60 a 90 dias para se obter maior eficiência (Batista, 1988).

A escolha do espaçamento ideal para a cultura do urucuzeiro está relacionada com fatores, como, cultivar, tipo de solo e do sistema de cultivo sequeiro ou irrigado. Segundo Falesi (1987), para um bom nível tecnológico, recomendam-se o espaçamento de 6,0 m x 4,0 m (417 plantas/ha) e 6,0 m x 5,0 m (333 plantas/ha). Castro et al. (2009), relatam que os espaçamentos mais comuns são: 3,5 m x 4 m; 4 m x 4 m; 4 m x 4,5 m; 4 m x 5 m; 5 m x 5 m. Entretanto, recomendam-se os espaçamentos de 7 m x 3 m ou de 7 m x 4 m, que permitem a mecanização e o cultivo intercalar de espécies alimentares e/ou espécies florestais, para o estabelecimento de Sistemas Agroflorestais (SAFs). Espaçamentos mais amplos, como o indicado, permitem também melhor desenvolvimento das plantas e aumento da fertilidade, o que resulta em maior produtividade e rentabilidade.

## **10.2 Tratos culturais**

Em qualquer cultivo agrícola, os tratos culturais são indispensáveis para se obterem plantas saudáveis e produtivas. As práticas comumente empregadas são: adubação, coroamento, cobertura morta, poda, controle de plantas invasoras, pragas e doenças.

### **10.2.1 Adubação**

Apesar da cultura do urucum apresentar um grande potencial econômico, muito pouco se sabe sobre o efeito da adubação. São José e Rebouças (1992) narram que até o momento, a literatura disponível recomenda o uso de fórmulas NPK, como por exemplo, 04-14-08, 03-20-20, 10-10-20, 20-20-00, para a cultura. Os autores evidenciaram um desbalanceamento das fórmulas, especialmente a 20-20-00 em que o elemento exportado em maior quantidade pelo urucuzeiro é o potássio e pela fórmula em questão, este elemento não é adicionado ao solo. Castro (2009) relata que a adubação praticada pelos pequenos agricultores é bastante variável e as formulações mais comuns aplicadas são 10-28-20 e 18-18-18.

Nas propriedades mais técnicas, as adubações têm sido realizadas de duas a quatro vezes ao ano, sempre coincidindo com as chuvas para melhor aproveitamento dos nutrientes. No caso de realizar várias adubações, deve-se procurar fazer a adubação a lanço dentro da projeção da copa do urucuzeiro e coincidir uma delas com o início do florescimento e as demais, durante o crescimento dos frutos e após a poda (São José; Rebouças, 1992; Castro, 2009).

### **10.2.2 Poda**

A poda é uma das práticas agrícolas mais importantes na cultura do urucum, pois interfere diretamente na produtividade, manipulando a formação da copa e estimulando novas brotações, além de preservar a planta contra ataques de patógenos através da aeração e iluminação (Castro, 2009).

Para o urucum, adotam-se três tipos de poda: de formação, de limpeza e de produção. A poda de formação é realizada nos primeiros anos após o plantio e tem como objetivo formar uma boa estrutura da planta, deixando-a simétrica e arejada para facilitar os tratos culturais. A poda de limpeza consiste na retirada do excesso de ramos que possam estar mal posicionados, fracos ou contaminados, principalmente parasitados com erva de passarinho, o que acarreta queda na produtividade do urucuzeiro. A poda de produção consiste na retirada do excesso de ramos produtivos para conseguir um equilíbrio entre ramos vegetativos e ramos produtivos, para que não haja alternância de produção (Scarpate Filho et al., 2011).

### 10.2.3 Pragas e doenças

O urucum com sua rusticidade é pouco atacado por insetos-praga que possam causar graves danos ao crescimento e desenvolvimento, assim como à produtividade da planta. Dentre as pragas do urucuzeiro encontram-se tripes, ácaro-vermelho, saúvas, pulgões, cochonilhas e mosca branca. As principais pragas são: lagarta de mariposa, chupão das cápsulas e besouro desfolhador (Castro, 1994).

#### 10.2.3.1 Lagarta de mariposa – *Noctuidae*

O inseto quando adulto deposita seus ovos sobre os frutos de urucum. Após a eclosão dos ovos, as larvas da lagarta começam a se alimentar das sementes. Mesmo não provocando sua total destruição do fruto, o mesmo fica danificado e exposto à instalação de microrganismos patogênicos (Castro, 2009).

#### 10.2.3.2 Chupão das cápsulas – *Leptoglossus stigma*

O chupão das cápsulas do urucum é um percevejo que ataca tanto os frutos novos quanto os maduros, perfurando-os e sugando-os (Figura 4). O ataque desse inseto nos frutos novos faz com que haja secamento e morte, enquanto nos maduros eles ficam perfurados e suas sementes expostas ao ataque de fungos (Castro, 2009).



**Figura 4.** Chupão-das-cápsulas (Adaptado de Castro, 2009).

### 10.2.3.3 Besouro desfolhador – *Compsus* sp.

O besouro desfolhador se alimenta das folhas, deixando-as com uma aparência rendilhada e perfurada. Esse inseto possui o hábito de se alimentar nas horas mais frescas do dia (Figura 5), de acordo com Castro (2009).



**Figura 5.** Besouro-desfolhador (Adaptado de Castro, 2009).

Embora o urucum seja uma planta rústica e relativamente pouco afetada por insetos-praga, o monocultivo dessa cultura ocasiona o aumento de ataques de microrganismos fitopatogênicos que causam sérios danos à cultura e ao surgimento de novos agentes causais. As principais doenças fúngicas ocorrentes no urucum são: Oídio, Cercosporiose, Antracnose, Vassoura de bruxa e Fusariose (Russomano et al, 2012; Spósito et al., 2016).

### 10.2.3.4 Oídio – *Oidium bixae*

O oídio é a principal doença do urucuzeiro e se inicia nas folhas jovens das partes mais baixas da planta. Os sintomas aparecem em ambas às faces da folha, com manchas circulares brancas acinzentadas recobertas com um bolor de aspecto pulverulento. Em fase inicial da doença, os sintomas são observados na face abaxial das folhas, porém com o avanço dos sintomas, a esporulação do patógeno pode ocorrer em ambas às faces (Figura 6). As plantas afetadas sofrem desfolhamento severo, principalmente na época mais chuvosa. O patógeno é tipicamente de climas tropicais úmidos e se desenvolve bem em ambiente com alta umidade, baixas precipitações e temperaturas entre 26 e 28°C. A remoção das folhas caídas na área, durante o ataque do patógeno, e a poda dos ramos mais baixos da planta durante os períodos mais secos, são medidas de controle cultural que ajudam a reduzir a intensidade de ataque do oídio na próxima estação chuvosa. A proteção química preventiva no campo pode ser feita na

época de pós-frutificação e de colheita dos frutos, por meio de aplicações quinzenais e mensais de enxofre molhável, dinocap e benomyl (Spósito et al., 2016).

Em maio de 2017, sinais e sintomas de oídio causados pelo agente *Erysiphe quercicola* foram observados em folhas e caules de urucum em várias áreas do Estado do Ceará, Brasil. Este é o primeiro relato de *E. quercicola* causando oídio em urucum neste país. A ocorrência desta espécie de fungo representa uma séria ameaça à produção de urucum no Brasil pelos potenciais danos à cultura (Fonseca et al., 2019).



**Figura 6.** Sintomas de Oídio em folhas de urucum. Esquerda: sintomas iniciais, Direita: sintomatologia avançada (Adaptado de Russomano et al., 2012).

#### 10.2.3.5 Cercosporiose – *Pseudocercospora bixae*

A cercosporiose ou mancha-parda-das-folhas é provocada pelo fungo *Pseudocercospora bixae* em viveiros ou condições de campo. Esse patógeno causa manchas circulares, cuja coloração varia de marrom a cinza, com bordas púrpuras e halo amarelado em folhas senescentes (Figura 7). Em ataques severos da doença, pode ocorrer desfolha, comprometendo o desenvolvimento da planta e a produção. O fungo da cercosporiose sobrevive em folhas com sintomas caídas ao solo e se dissemina principalmente pelo vento. Portanto, o controle preventivo deve ser a eliminação das fontes de inóculos por meio de podas e retirada dos restos vegetais da área de produção. Devem-se evitar excessos de sombreamento e de umidade na área, bem como se deve diminuir a densidade de plantio. Recomenda-se a aplicação de fungicidas à base de benomyl (1 g/L), cobre (3 g/L) ou tiabendazol (1 g/L), conforme Russomano et al. (2012).



**Figura 7.** Sintomas de Cercosporiose em folhas de urucum (Adaptado de Russomano et al., 2012)

#### **10.2.3.6 Antracnose – *Colletotrichum gloeosporioides***

A antracnose ou ramulose tem como agente causal o fungo *C. gloeosporioides*, que ocorre comumente nos plantios de urucuzeiro com deficiências nutricionais. O fungo causa a queima das extremidades das folhas e dos ramos novos, que ficam quebradiços. Como consequência, observa-se um brotamento excessivo de ramos laterais, motivo pelo qual essa doença também é conhecida como ramulose. O fungo sobrevive em restos culturais e em partes infectadas das plantas e sua disseminação é feita por meio da água da chuva. O controle cultural é realizado por meio de podas de limpeza e remoção dos restos culturais da área produtiva, além de uma equilibrada adubação e controle de irrigação. O controle químico é feito semanalmente ou quinzenalmente com produtos à base de cobre caso a doença já tenha se instalado na planta (Spósito et al., 2016).

#### **10.2.3.7 Vassoura de bruxa – *Moniliophthora perniciosa***

O fungo *M. perniciosa* é responsável por esta doença, a qual se caracteriza pela proliferação anormal de brotos laterais, pela hipertrofia, pelo inchamento da base dos ramos e folhas grandes e retorcidas. Para controlar essa doença, podam-se os ramos afetados a 20 cm abaixo do ponto de inchamento e evita-se o plantio em áreas próximas a cacauzeiros infestados com a doença. O controle cultural da doença é feito por podas de limpeza, para remover os tecidos infectados da área (Spósito et al., 2016).

#### **10.2.3.8 Fusariose – *Fusarium oxysporium***

A fusariose é uma doença de solo e, portanto, ocorre em reboleiras. As plantas infectadas apresentam sintomas de nanismo, amarelecimento, morte de brotações, seca das ponteiros, podridão e morte das raízes. O controle é cultural e consiste na erradicação de

plantas doentes que estão em áreas que onde a doença já foi diagnosticada, devido a esse fungo apresentar estruturas de resistência que sobrevive por vários anos (Spósito et al., 2016).

Segundo os autores Xiong et al. (2019), no verão de 2017, foi observada uma severa murcha de folhas, ferrugem nos brotos e podridão da raiz em quatro árvores de urucum em crescimento, em um jardim privado em Foshan, província de Guangdong, China. De acordo com essa observação e posteriores estudos, os pesquisadores relataram pela primeira vez a murcha e ferrugem em urucuzeiros causados pelo agente *Phytophthora hydropathica*.

### 11. Colheita e pós-colheita

O ciclo de vida das plantas compreende desde desenvolvimento de uma semente, seguido por sua germinação, até o desenvolvimento da planta através de seu crescimento. Ambos os períodos são caracterizados por eventos fisiológicos específicos, relacionados às mudanças no peso fresco, peso seco e conteúdo de água de seus frutos e sementes (Castro et al., 2004).

A maturação das cápsulas de urucum tem uma duração de 3 a 4 meses e o ponto ideal de colheita é quando a primeira cápsula de cada cacho começa a secar. A cor das cápsulas varia durante o período de maturação que vai desde o verde, cor imatura, o amarelo, e quando apresenta uma cor castanha avermelhada, significa que se encontra no seu estado de maturação ideal para que se proceda à sua colheita (Figura 8). As cápsulas surgem nas pontas dos ramos, formando os cachos, os quais são cortados a aproximadamente 20 cm abaixo do início das cápsulas. A colheita é feita manualmente com a utilização de tesoura de poda, canivete ou faca (Franco et al., 2016).



**Figura 8.** Fases de maturação das cápsulas de urucum (Adaptado de Mónica Orfão, 2018).

A colheita quando realizada em um momento anterior à maturidade fisiológica pode gerar sementes com baixo vigor, mal formadas e com baixo teor de bixina. Por outro lado, a colheita após a maturidade fisiológica pode acarretar prejuízos físicos e químicos devido à exposição a patógenos e a intempéries do campo (Carvalho; Nakagawa, 1999). Kato et al.

(1992), encontraram tempo de maturidade fisiológica para o urucum, afirmando estar situado entre os extremos de 72 e 79 dias após a abertura da primeira flor da inflorescência.

A colheita de frutos no campo depende da quantidade de produto, clima e ao que se destina a semente. Existe uma alternativa de deixar os frutos colhidos nas pistas entre as plantas por alguns dias, dependendo das condições pluviométricas locais. Pode-se também colher diretamente em cestos ou sacos e, em seguida, armazenar em local apropriado (Cruz et al., 2008; Franco et al., 2002).

Na pós-colheita dos frutos de urucum, é comum observar algumas práticas como pré-secagem, retirada das sementes das cápsulas, peneiramento, secagem das sementes, armazenamento e classificação.

Os frutos de urucum podem ser secos em secadores artificiais ou por meios naturais, como a secagem ao sol. O objetivo dessa etapa é diminuir o teor de umidade dos frutos, para que eles possam ser armazenados por períodos mais longos e facilitar a posterior operação de retirada das sementes das cápsulas (Cruz et al., 2008).

A retirada de sementes das cápsulas pode ser feita manualmente ou mecanicamente, por meio de equipamentos específicos que realizam a separação mecânica das sementes e do material das cápsulas. Essas máquinas separam as cápsulas das sementes e podem classificar as sementes com base em padrões. O peneiramento pode ser feito manualmente ou mecanicamente, e existem algumas máquinas que são acopladas com peneiras para realizar essa operação. Essa é uma operação que deve ser feita com cautela, pois, devido ao atrito, pode haver perda de bixina das sementes. O corante bixina fica localizado no arilo que envolve a semente, e é muito sensível à erosão (Figura 9). Assim, em toda a cadeia de beneficiamento do urucum, os agricultores devem evitar atritos (Cruz et al., 2008).



**Figura 9.** Sementes de urucum (Adaptado de Stringueta et al., 2018).

A secagem das sementes é outra operação que pode ser feita por meios naturais ou artificiais. A natural é feita em terraços, com as sementes expostas ao sol. A secagem artificial é realizada por secadores que usam temperatura e fluxo de ar. A secagem deve ser realizada no menor tempo possível e em baixas temperaturas, pois podem ocorrer grandes perdas no teor de corante das sementes (Cruz et al., 2008).

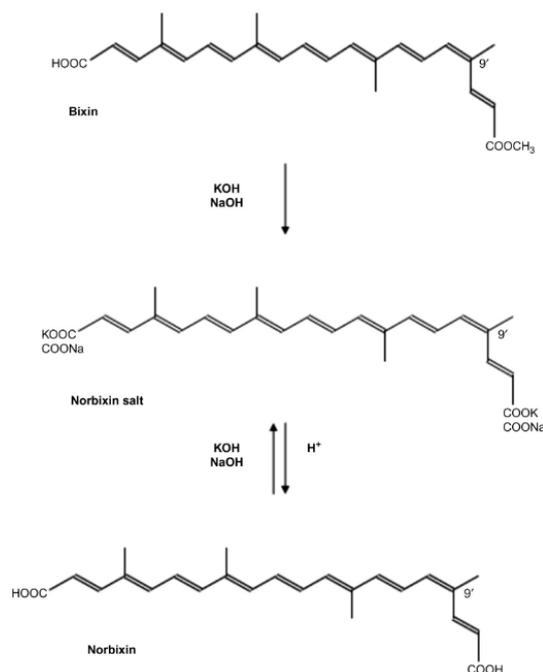
As sementes depois de secas devem ser armazenadas em sacos limpos de polietileno ou polipropileno de 50 kg de cor escura, ou de juta (Cruz et al., 2008; Franco et al., 2002). Além disso, devem ser mantidos em locais limpos, arejados e iluminados, sem a presença de pragas. Segundo Castro (2009) e Stringueta (2018), o teor de umidade ideal para um bom armazenamento varia de 10 até 14%.

De acordo com Castro (2009), as sementes de urucum são classificadas em três tipos de acordo com seu teor de bixina e teor de impurezas: Tipo 1 - Umidade maior que 10 %, teor de bixina acima de 2,5 %, impurezas menores que 5,0 % e ausência de matéria estranha. Tipo 2 - Umidade de 10 % a 14 %, teor de bixina de 2 % a 2,5 %, impurezas menores que 5 % e presença de matéria estranha. Tipo 3 - Umidade maior que 14 %, teor de bixina menor que 1,8 %, impurezas maiores que 5 % e presença de matéria estranha.

## **12. Tecnologias de extração de pigmentos do urucum e suas aplicações**

A bixina é o éster metílico do ácido dicarboxílico norbixina, solúvel em soluções alcalinas concentradas, onde sofre saponificação, formando um sal de norbixina. Este sal, quando adicionado em meio ácido, forma a norbixina do ácido dicarboxílico (Silva; Stringheta, 2008), (Figura 10).

A bixina está presente na preparação lipossolúvel do urucum, enquanto a norbixina e seu sal são os principais pigmentos para a preparação hidrossolúvel (Stringheta et al., 2008).



**Figura 10.** Fórmula estrutural da bixina, norbixina e sal de norbixina (Adaptado de Stringueta et al., 2018).

Albuquerque e Meireles (2011) relatam que existe um aumento nas últimas décadas do interesse na obtenção de compostos de urucum que possam ser utilizados não só na indústria alimentícia, mas também na cosmética e farmacêutica. Recentemente, foram registradas 410 patentes sobre o assunto, com o intuito de desenvolver novas tecnologias para a obtenção dos pigmentos das sementes de urucum. Um exemplo dessas tecnologias está no uso da extração por CO<sub>2</sub> supercrítico para obtenção de corante, compostos bioativos de sementes e compostos de outras partes da planta (Stringheta, 2008). Há também o uso de tecnologias como microencapsulação e nanoencapsulação, que visam estabilizar os corantes contra a ação da luz e oxigênio, aumentando a gama de produtos em que estes podem ser adicionados. Além disso, com esse método de estabilização, podem-se produzir corantes estáveis que são dispersíveis em água e que, quando incorporados, não alteram a textura e o sabor do produto (Lancaster; Lawrence, 1995).

## Referências

ALBUQUERQUE, C.L.C.; MEIRELES, M.A.A. Trends in annatto agroindustry: bixin processing technologies and market. **Recent Patents on Engineering**, Amsterdam, v. 5, p. 94-102, 2011.

APARECIDO, L.E.D.O. et al. Agroclimatic zoning for urucum crops in the state of Minas Gerais, Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 77, p. 193-200, 2017.

BALIANE, A. **A cultura do urucuzeiro**. EMATER, 1984.

BARCELOS, G.R.M. et al. Bixin and norbixin protect against DNA-damage and alterations of redox status induced by methylmercury exposure *in vivo*. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, New York, v, 53, p. 535-541, 2012.

BATISTA, F.A.S. **Urucuzeiro**: instruções práticas para implantação e condução de um plantio. João Pessoa: EMEPA; EMATER, 1988.

BRITO, J.G. et al. Storage of waste grains of urucum under controlled atmosphere. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 19, p. 1185-1191, 2015.

BRUCKNER, C.H.; KHOURI, S.S.; MELGAÇO, A.V. Propagação do urucueiro (*Bixa orellana* L.) por meio de cinco modalidades de enxertia. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 32, n. 38, p. 340-344, 1991.

CÂNOVA, R. **Urucum**. 2000. Disponível em: <<http://alemdojardim.terra.com.br/alem/mai>>. Acesso em: 05 maio 2021.

CARVALHO, J.F.R.P.D., CARVALHO, C.R.D.; OTONI, W.C. Regeneração *in vitro* de urucum (*Bixa orellana* L.) a partir de diferentes tipos de explantes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 887-895, 2005.

CARVALHO, N.M; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CARVALHO, P.R.N. Annatto: technological advances and perspectives. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas v. 49, n. 3, p. 71-73, 1999.

CASTRO, C.B. et al. **Cultura do urucum**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. 61 p.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 51-67.

CORRÊA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: MA; IBDF, 1978. v. 4, p. 358-359.

CRUZ, A.F.; COSTA, M.G.C.; OTONI, W.C. Aspectos gerais da cultura e beneficiamento do urucum. In: STRINGHETA, P.C., SILVA, P.I. (Ed.), **Pigmentos de urucum**: extração, reações químicas, usos e aplicações. Viçosa: Gráfica e Editora Suprema, 2008. p. 11-23.

CUSTÓDIO, C.C. et al. Germinação de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, p. 197-202, 2002.

EIRA, M.T.S.; MELLO, C.M.C. Efeito do teor de água sobre a germinação de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.). **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 5, n. 2, resumo 337, 1995. **Anais...** Apresentado no CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 9., 1995, Florianópolis.

- FALESI, I.C. **Urucuzeiro: recomendações básicas para o seu cultivo**. Belém: EMBRAPA, UEPAE, 1987. 27 p.
- FABRI, E.G. **Demanda por corantes naturais aquece mercado brasileiro de urucum**. Sociedade Nacional de Agricultura, 2015. Disponível em: <<https://www.sna.agr.br/demanda-por-corantes-naturais-aquece-mercado-brasileiro-de-urucum>>. Acesso em: 20 maio 2021.
- FERREIRA, R.L.; NOVENBRE, A.D.D.L.C. Teste de germinação de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.). **Multi-Science Journal**, Urutaí, v. 1, n. 3, p. 46-52, 2015.
- FONSECA, W.L. et al. First report of *Erysiphe quercicola* causing powdery mildew in *Bixa orellana* in Brazil. **Plant Disease**, St. Paul, v. 103, n. 6, p. 1424-1424, 2019.
- FRANCO, C.F.O. et al. **Urucuzeiro: agronegócio de corantes naturais**. João Pessoa: EMEPA, 2002.
- FRANCO, C.F.O. et al. **Urucum: sistemas de produção para o Brasil**. João Pessoa: EMEPA, 2008.
- FRANCO, C.F.O. et al. **Por que urucum?** In: PESSOA, J. (Ed.). 2016. 145 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida e rendimento médio das lavouras permanentes**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>. Acesso em: 18 maio 2021.
- KATO, O.R. et al. Época de colheita de sementes de urucu: emergência e teor de corantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 9, p. 1291-1302, 1992.
- KISSMANN, C.; SCALON, S.D.P.Q.; TEODÓSIO, T.K.C. Condicionamento das sementes e sombreamento na emergência e no crescimento de plantas de *Bixa orellana* L. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 36, n. 1, p. 48-56, 2013.
- LANCASTER, F.E.; LAWRENCE, J.F. Determination of annatto in high-fat dairy products, margarine and hard candy by solvent extraction followed by high-performance liquid chromatography. **Food Additives & Contaminants**, London, v. 12, n. 1, p. 9-19, 1995.
- LIETH, H. Purpose of a phenology book. In: LIETH, H. (Ed.). **Phenology and seasonality modeling**. Berlin: Springer, 1974.
- LOPES, J.C.; LIMA, R.V.; MACEDO, C.M.P. Annatto seeds germination at different maturation stadia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 19-25, 2008.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008. v. 1.
- MANTOVANI, N.C. et al. Resgate vegetativo por alporquia de genótipos adultos de urucum (*Bixa orellana* L.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 403-410, 2010.

MATSUMOTO, S.N. et al. Growth and photosynthetic characteristics of annatto plants. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 596, p. 249-256, 2002.

MELLO, A.; LIMA, L. Situação da cultura do urucum no Brasil e perspectivas. In: SÃO JOSÉ, A.R.; REBOUÇAS, T.N.H. (Ed.). **A cultura do urucum no Brasil**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1990. p. 88-90.

MELLO, C.M.C.; EIRA, M.T.S. Conservação de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.). **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 5, n. 2, p. 183, 1995. **Anais...** Apresentado no CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 9., 1995, Florianópolis.

MERCADANTE, A.Z.; STECK, A.; PFANDER, H. Isolation and structure elucidation of minor carotenoids from annatto (*Bixa orellana* L.) seeds. **Phytochemistry**, Oxford, v. 46, n. 8, p.1379-1383, 1997.

MIRANDA R.M.; NERY, L.A.; VENTRELLA M.C. Extrafloral nectaries of annatto (*Bixa orellana* L.): anatomy, nectar composition and activity during organ development. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 31, n. 3, p. 468–76, 2017.

MONTANARI, R. et al. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do Ecotono Cerrado-Pantanal, MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 2, p.385-396, 2015.

OLIVEIRA, A. **Cultivo de urucum**: principais cultivares para fins comerciais. Cursos CPT – Agroindústria, 2021. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/cursos-agroindustria/artigos/cultivo-de-urucum-principais-cultivares-para-fins-comerciais>>. Acesso em: 06 jul. 2021.

ORTIZ, C.E.R.; PEREIRA, T.S. Caracterização de plântulas de *Bixa orellana* L.: urucu (Bixaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 243-248, 1995.

PRADO, C.H.B.A.; MORAES, J.A.P.V. Photosynthetic capacity and specific leaf mass in twenty woody species of Cerrado vegetation under field conditions. **Photosynthetica**, Dordrecht, v. 33, p. 103-112, 1997.

RAMALHO, R.S.; PINHEIRO, A.L.; DINIZ, S.D. **Informações básicas sobre a cultura e utilização do urucum *Bixa orellana* L.** Viçosa: UFV, 1987. 22 p. (Boletim Técnico, 59),

RAMAMURTHY, N. et al. Multiple shoot induction and regeneration of japhara (*Bixa orellana* L.) through axillary bud derived callus cultures. **Journal of Plant Biology**, Seul, v. 26, n. 3, p. 231-235, 1999.

ORTÍZ, C.E. **Avaliação fisiológica de plantas de urucum (*Bixa orellana* L.)**. 2004. 89 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004.

RUSSOMANNO, O.M.R.; KRUPPA, P.C.; FABRI, E.G. **Doenças fúngicas do urucum**. São Paulo: Instituto Biológico, 2012. (Comunicado Técnico, 172).

SÁ JUNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, p. 1-7. 2012.

SAN-MIGUEL, F.J. et al. Rooting of annatto cuttings. **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 49, n. 1, p. 69-79, 1999.

SANTOS, J.F.; AGOSTINI, K.; NOCELLI, R.C.F. Fenologia da floração de espécies lenhosas em área em processo de restauração em Araras, São Paulo. **Bioikos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 3-12, 2014.

SÃO JOSÉ, A.R.; REBOUÇAS, T.N.H. Aspectos técnicos da cultura do urucueiro. In: SEMINÁRIO DE CORANTES NATURAIS PARA ALIMENTOS; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO URUCUM, 2., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: ITAL, 1991. p. 135-140.

SÃO JOSÉ, A.R. et al. Estudo da propagação vegetativa e sexual do urucum (*Bixa orellana* L.). Experimento I. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Vitória da Conquista, v. 1, n. 1, p. 20-24, 1992.

SCARPARE FILHO, J.A.; MEDINA, R.B.; SILVA, S.R. da. **Poda de árvores frutíferas**. Piracicaba: ESALQ, Casa do Produtor Rural, 2011. 54 p.

SHAHID-UL-ISLAM, L.J.; MOHAMMAD, F. Phytochemistry, biological activities and potential of annatto in natural colorant production for industrial applications: a review. **Journal of Advanced Research**, Cairo, v. 7, n. 3, p. 499, 2016.

SHAHID-UL-ISLAM, L.J. et al. Study the effect of ammonia post-treatment on color characteristics of annatto-dyed textile substrate using reflectance spectrophotometry. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 59, p. 337-342, 2014.

SHARON, M.; D'SOUZA, M.C. *In vitro* clonal propagation of annatto (*Bixa orellana* L.). **Current Science**, Bangalore, v. 78, n. 12, p. 1532-1535, 2000.

SILVA, P.I., STRINGHETA, P.C. Extração dos pigmentos do urucum. In: STRINGHETA, P.C., SILVA, P.I. (Ed.). **Pigmentos de urucum: extração, reações químicas, usos e aplicações**. Viçosa: Gráfica e Editora Suprema, 2008. p. 47-77.

SMITH, N.J.H. et al. Tropical forests and their crops. In: SMITH, N.J.H. et al. (Ed.). **Spices and natural food colorants**. Ithaca: Comstock Publ. Assoc., 1992. p. 364-370.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Demanda por corantes naturais aquece o mercado brasileiro de urucum**. 2015. Disponível em: <<https://www.sna.agr.br/demanda-por-corantes-naturais-aquece-mercado-brasileiro-de-urucum>>. Acesso em: 18 maio 2021.

SPÓSITO, M.B., LOPEZ, A.M.Q.; BELASQUE JR., J. Doenças das Anonáceas e do urucuzeiro. In: AMORIM, L. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2016. v. 2: Doenças de plantas cultivadas, p. 83-86.

SRIVASTAVA, A. et al. Chemistry, pharmacology and uses of *Bixa orellana*: a review. **Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences**, Lucknow, v. 21, n. 4, p. 1145-1154, 1999.

STRINGHETA, P.C.; SILVA, P.I. **Pigmentos de urucum**: extração, reações químicas, usos e aplicações. Viçosas: Gráfica e Editora Suprema, 2008.

STRINGHETA, P.C.; SILVA, P.I.E.; COSTA, A.G. Annatto/urucum-*Bixa orellana*. In: RODRIGUES, S.; SILVA, E.O.; BRITO, E.S. (Ed.). **Exotic fruits**. New York: Academic Press, 2018. p. 23-30.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

XIONG, Q. et al. First report of *Phytophthora hydropathica* causing wilting and shoot blight on *Bixa orellana* in China. **Plant Disease**, St. Paul, v. 103, n. 1, p. 163, 2019.



# UVAIA



**UVAIA (*Eugenia pyriformis*)**

André Leão de Souza Dominguez

## **1. Origem e distribuição geográfica**

A uvaia é uma espécie arbórea tipicamente do Brasil, presente (Figura 1) nas regiões Sul, Sudoeste, Nordeste (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Jacomino et al., 2018), Centro-oeste (Carvalho, 2010; Jacomino et al., 2018) e Norte (Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira - SIBBR, 2020; The Global Biodiversity Information Facility - GBIF, 2023). O bioma principal de ocorrência é a Mata Atlântica (Carvalho, 2010; Jacomino et al., 2018; SIBBR, 2020) nas Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia), Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia), Floresta Ombrófila Mista (Floresta com presença de Araucária) e Floresta Higrófila (Carvalho, 2010).

Em menor proporção, ocorre também nos biomas Cerrado, nas formações de Cerrado (stricto sensu) ou Savana, Campo Cerrado e Savana Florestada (Carvalho, 2010; Jacomino et al., 2018), no bioma Pantanal e em formações de Mata Ciliar (ripário) (Carvalho, 2010). É também encontrada normalmente no Nordeste da Argentina, Paraguai e Uruguai (Gentil;

Minami, 2005; Carvalho, 2010; SIBBR, 2020), e há raros relatos de sua ocorrência na Bolívia, Colômbia e Equador (SIBBR, 2020; GBIF, 2023).



**Figura 1.** Mapa de ocorrências registradas de *Eugenia pyriformis* Cambessedes. Hexágonos: ocorrência; Intensidade de roxo: maior o número de relatos (Adaptado de GBIF, 2023).

A espécie é conhecida por distintos nomes dentro do Brasil – uvaia, uvaia-do-mato, ubaia, uvaieira, uvalha, uvalha-do-campo, azedo, etc. – e fora, na Argentina – ubajay-mi – e Paraguai (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010).

É uma planta de fácil cultivo, crescimento relativamente rápido e resistente a pragas e doenças. Entretanto, está restrita a jardins e pomares domésticos, nas regiões Sudeste e Sul do Brasil (Gentil; Minami, 2005; Jacomino et al., 2018).

## 2. Classificação botânica

A uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambessedes) é da família Myrtaceae, caracterizada pela presença de glândulas pelúcidas com óleos etéreos (APG IV 2016), uma das principais famílias da flora brasileira, possuindo mais de mil espécies catalogadas em 23 gêneros (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Jacomino et al., 2018). As principais mirtáceas frutíferas são a goiabeira (*Psidium guajava* L.), a pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) e a jaboticabeira (*Plinia cauliflora* (Mart.) Kausel) (Gentil; Minami, 2005; Mazine et al., 2024).

Possui a origem do nome popular, uvaia ou ubaia, do tupi iwa ‘ya ou ybá-aí, que tem significado fruto-ácido (Carvalho, 2010).

A etimologia do nome científico tem o gênero *Eugenia* em homenagem ao marechal Eugénio Francisco de Saboia-Carignano, Príncipe de Saboya, e o epíteto *pyriformis* significa fruto em forma de pêra (Carvalho, 2010). A cultura possui sinonímia botânica, segundo Mazine et al. (2024): Heterotípico – *E. uvalha* Camb., *E. turbinata* Berg, *Stenocalyx*

*lanceolatus* Berg, *E. phlebotomoides*, *Luma turbinata*, etc.; Homotípico – *Pseudomyrciantes pyriformis* (Cambess.) Kausel, *Myrtus pyriformis* (Cambess.) Parodi.



**Figura 2.** Diferentes formas de frutos de uvaia. Esquerda: subglobosas; Direita: uvaia piriformes (Adaptado de Gentil e Minami, 2005).

### 3. Morfologia e anatomia

A espécie é classificada de arbusto a árvore (0,2 a 20 metros de altura), de copa arredondada ou alongada com bastante ramificações, atingindo 6 a 7 metros de diâmetro, caule denso, podendo ser único ou bifurcado, valioso por ser uma madeira densa (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Jacomino et al., 2018; Mazine et al., 2024).



**Figura 3.** Árvore de *Eugenia* (Myrtaceae), (Adaptado de Fernandes, 2023).

O caule é normalmente ereto ou levemente tortuoso, diâmetro (a 1,30 metros do solo) de 40 cm; de fuste curto (máximo 5 metros) (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Jacomino et al., 2018; Mazine et al., 2024; Barbosela; Rosa, 2021).

A casca é lisa e fina (espessura máxima de 4,5 milímetros); o ritidoma, de coloração cinzento-amarelada com manchas de coloração mais claras, com característica descamante em fragmentos, pelos quais surgem cicatrizes (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Jacomino et al., 2018; Mazine et al., 2024).



**Figura 4.** *Eugenia pyriformis* Cambessedes. A: Copa ramificada; B: Fragmentos descamante do caule (Adaptado de Carvalho, 2010).

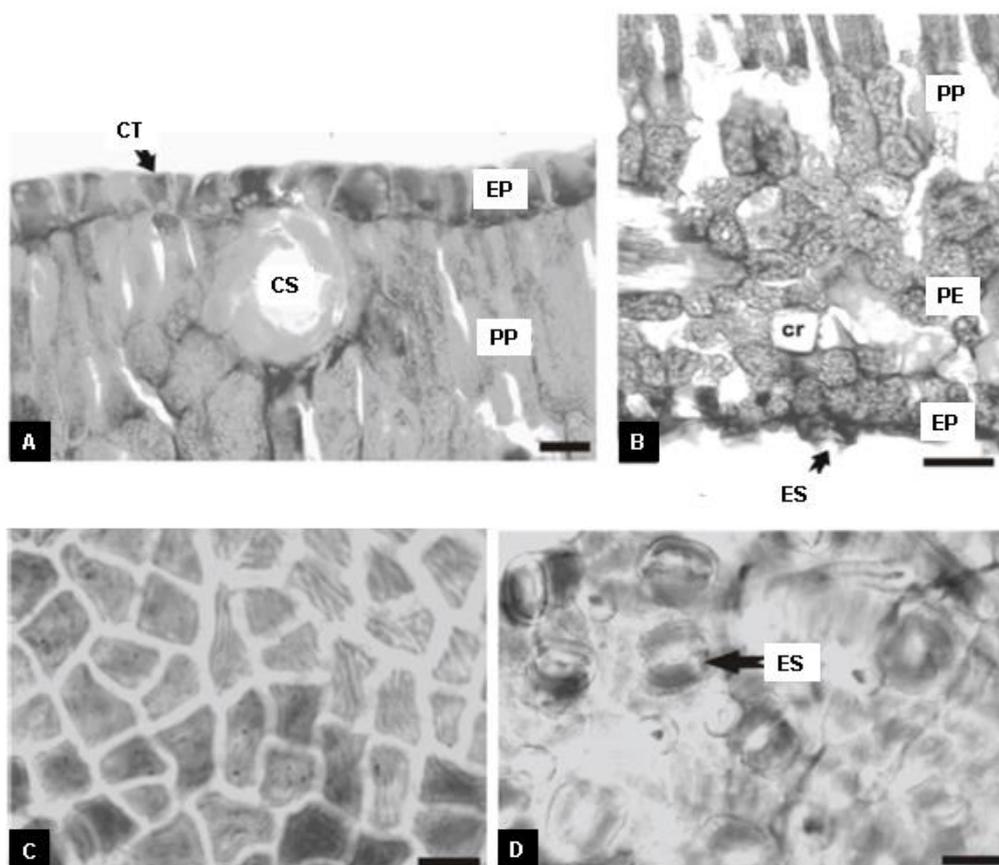
A ramificação é crimosa (ou dicotômica), os ramos jovens são acinzentados a marrons claros, sendo delgados, subachatados ou subquadrangulares, de indumento com aspecto seríceo ou velutino ou pubescente (Carvalho, 2010; Mazine et al., 2024). A distância dos entrenós varia entre 1,3 a 2,3 centímetros (Mazine et al., 2024).

Possui folhas simples com lâmina foliar, comprimento entre 2,5 a 7 cm e largura 0,6 a 2,5 cm, glandulosas em ambas as faces, aromáticas e opostas. Pode ter variações de forma: linear, elíptica, lanceolada ou oblonga, e de texturas: cartácea, subcoriácea, membranácea ou pubescente (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Armstrong; Duarte; Miguel, 2012; Jacomino et al., 2018; Mazine et al., 2024).



**Figura 5.** *Eugenia pyriformis* Cambessedes. A: Ramo apical vegetativo; B: Folhas simples, superfícies adaxial e abaxial. Abreviações: AB – abaxial; AD – adaxial. Barra 2 cm (A, B), (Adaptado de Armstrong, Duarte e Miguel, 2012).

A face adaxial é de cor verde-clara e textura de superfície glabra, subglabra, serícia ou puberulenta; a face abaxial é acinzentada-tomentosa, com superfície glabra, subglabra, pubescente, serícia ou tomentosa (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Armstrong; Duarte; Miguel, 2012; Mazine et al., 2024; Barbosela; Rosa, 2021). As folhas jovens são de coloração avermelhada (Gentil; Minami, 2005; Jacomino et al., 2018). As extremidades da folha possuem as seguintes formas: ápice acuminado, agudo, subobtusos, arredondado ou retuso, e base aguda ou cuneada, podendo ser assimétrica (Gentil; Minami, 2005; Armstrong; Duarte; Miguel, 2012; Mazine et al., 2024).



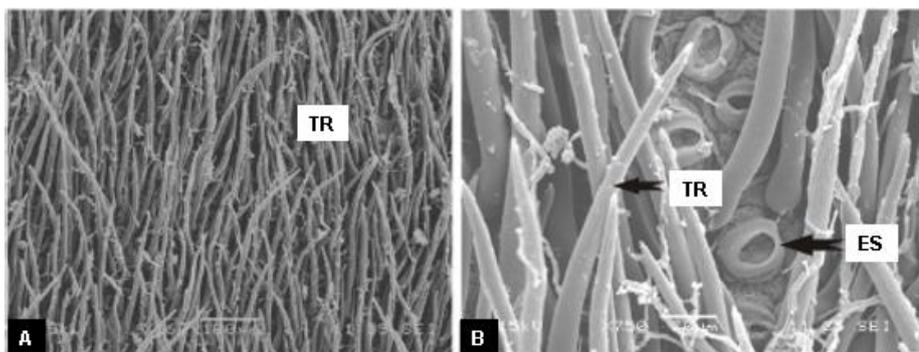
**Figura 6.** *Eugenia pyriformis* Cambessedes, folha. A: Face adaxial; B: Face abaxial; C: Superfície adaxial da epiderme da folha; D: Lado abaxial da epiderme da folha. Abreviações: CR – Cristal; CS – Cavidade secretora; CT – Cutícula; EP – Epiderme; ES – Estômato; PE – Parênquima lacunoso; PP – Parênquima paliçádico. Barra 20  $\mu\text{m}$  (A, B, C, D), (Adaptado de Armstrong, Duarte e Miguel, 2012).

Os pecíolos possuem o comprimento entre 1,3 a 6 mm e diâmetro 0,5 a 0,9 mm, de formato cilíndrico ou com fase adaxial plana, e textura velutina, ausência de estípulas (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Armstrong; Duarte; Miguel, 2012; Mazine et al., 2024).

Nervura central impressa na face adaxial com forma levemente sulcada na base e plana no ápice, textura glabra a pubérula; na face abaxial é saliente, possuindo textura

variando de esparsamente pubérula a densamente pubescente (Gentil; Minami, 2005; Mazine et al., 2024). Nervuras laterais delgadas, composta de 11 a 18 pares com angulação de 55 a 72° (Gentil; Minami, 2005; Mazine et al., 2024). Nervura marginal simples e distante 0,5 a 3,9 mm da margem da folha (Mazine et al., 2024).

Quando presentes, os tricomas ou pelos são numerosos, não-glandulares simples, dobrados, unicelulares, ápice acentuado, esbranquiçados, variando sua coloração de cinza a castanhos, e de ocorrência predominante na face abaxial e no pecíolo (Armstrong; Duarte; Miguel, 2012; Mazine et al., 2024). Os estômatos são anomocíticos e presentes na face abaxial (folha hipoestomática) (Armstrong; Duarte; Miguel, 2012).



**Figura 7.** *Eugenia pyriformis* Cambessedes. A: Numerosos tricomas não glandulares no lado abaxial da folha; B: Tricomas não glandulares e estômatos na superfície abaxial da epiderme. Abreviações: ES – Estômato; TR – Tricoma (Adaptado de Armstrong, Duarte e Miguel, 2012).

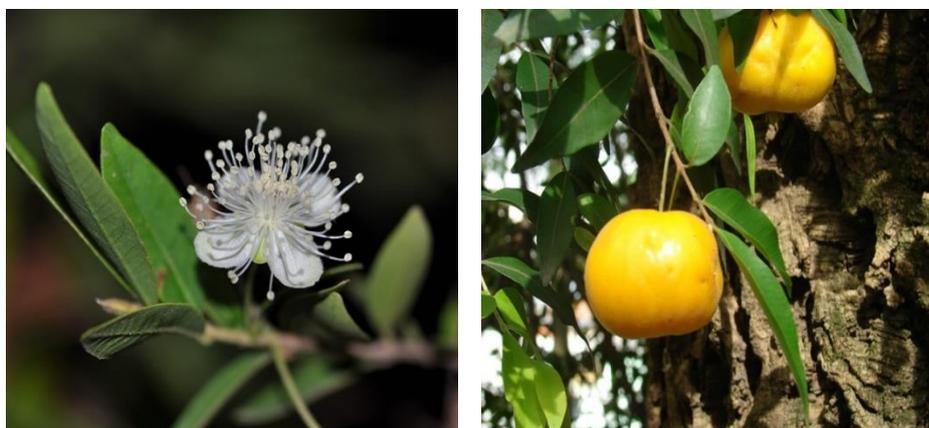
As flores são hermafroditas, vistosas, axilares, sendo solitárias ou inflorescência dicásio. Quando há inflorescência, esta encontra-se em cachos axilares, compostos com ramos de até segunda ordem, 1 a 12 flores. A flor central é séssil, o comprimento da primeira raque de 14 a 18,7 mm e segunda raque de 7,8 a 12,4 mm, e o pedúnculo possui de 22,5 a 46 mm de comprimento (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Jacomino et al., 2018; Barbosela; Rosa, 2021; Mazine et al., 2024).

O botão floral é piriforme com dimensões de 4,1 a 6,3 mm de comprimento e 3 a 5 mm de diâmetro, de coloração verde; suas brácteas são decíduas, medindo 2,2 a 10,2 mm de comprimento, possuindo textura entre pubérbula a esparso-sériceo, de formatos variados: lineares, foliáceas ou obovadas (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Mazine et al., 2024).

As bractéolas variam de lineares a oblanceoladas, 1 a 3,9 mm de comprimento, livres entre si, caducas geralmente após a antese, e tem textura densamente pubescente. O receptáculo é em forma de taça ou urna (hipanto), de textura velutina (Gentil; Minami, 2005; Mazine et al., 2024).

Têm sépalas tetrâmeras, desiguais (dois maiores e dois menores), dimensões 1,7 a 3,7 mm por 2,1 a 3,6 mm, formato oblonga até triangular, dependendo da forma do ápice, que pode ser truncado, truncado-retuso ou agudo. A margem é ciliada, e há diferença de textura na face adaxial (glabrescente a pubescente-seríceo) e face abaxial (pubescente a velutino), segundo Gentil e Minami (2005) e Mazine et al. (2024).

Possui pétalas de coloração branca-creme, tetrâmera, forma elíptica a obovada, devido à variação de arredondado a agudo do ápice, comprimento 3,7 a 8,2 mm, face adaxial com glabras e seríceo na abaxial, glândulas pouco salientes e esparsas (Gentil; Minami, 2005; Mazine et al., 2024).



**Figura 8.** Flor e fruto de uvaia (Adaptado de Jardim Botânico Jundiaí).

Estames em grande número (134 a 188), filetes com 2,8 a 5,8 mm de comprimento, dispostos em disco, antera de forma elíptica ou cordiforme com glândula apical, variando a textura nas regiões: disco estaminífero - glabro a velutino, entre disco e base do estilete - velutina, filete - glabro (Mazine et al., 2024).

Carpelo com estiletes glabros ou seríceo (nos dois terços proximais), comprimento de 3,7 a 7,9 mm, estigma puntiforme e superfície papilosa (Mazine et al., 2024), e ovário bilocular, 2 a 9 óvulos por lóculo, textura velutina no lóculo (Gentil; Minami, 2005; Mazine et al., 2024).

Frutos maduros são bagas (ou solanídio) com formatos globoso, subglobosas ou piriforme, de dimensões (comprimento e diâmetro) 1,4 a 5 cm por 1,8 a 5 cm, textura velutino e glândulas não visíveis; epicarpo fino, superfície pubescente a membranácea, coloração (quando maduro) amarelada ou alaranjada; polpa mole, aromática, succulenta, com sabor agridoce, doce e azedo (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Mazine et al., 2024).



**Figura 9.** Frutos de diferentes cultivares de uvaia (Adaptado de Silva et al., 2022).

A semente possui comprimento de 1 a 2,4 cm e 1 a 1,9 cm de largura, testa membranácea a crustácea, em número de 1 a 4 por fruto, coloração acastanhada, variando seu formato de orbicular a oval; exalbuminosa (ausência de endosperma na semente madura); embrião depresso e globoso; cotilédones carnosos, desiguais, parcialmente soldados ou colados; radícula inconspícua (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Mazine et al., 2024).



**Figura 10.** Sementes de uvaia (Adaptado de Gentil e Minami, 2005).

#### 4. Colheita, germinação e propagação

A colheita das sementes ocorre após o beneficiamento dos frutos (lavagem em água corrente com auxílio de peneira), abrindo o fruto e retirando as sementes. Em seguida, as sementes, devem ser lavadas em água corrente, secas em local sombreado e ventilado, agrupadas por tamanhos (medindo o maior eixo), retirando as pequenas e com danos (mecânicos ou por insetos) (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010). O número de sementes varia de 530 a 1.170 por quilo (Carvalho, 2010; EMBRAPA, 2018).

Importante ressaltar que na escolha das sementes deve-se considerar que sua planta matriz deva ser sadia e com boa produtividade, e o fruto grande, sadio, maduro, de formato piriforme ou globoso, além de apresentar menor acidez (parâmetro organoléptico) e grande volume de polpa (parâmetro econômico), segundo Gentil e Minami (2005).

O armazenamento das sementes é curto, semente recalcitrante, devido às características fisiológicas de tegumento delgado (cartáceo) e grande tamanho, que favorecem a rápida dessecação, perdendo assim a viabilidade quando o grau de umidade atinge valores de 14% ou menos (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; EMBRAPA, 2018).

Possui bom poder germinativo (50 a 80%), entretanto, a partir do 15 a 20 dias após a colheita decai rapidamente (Carvalho, 2010; EMBRAPA, 2018). O armazenamento em câmara fria durante 60 dias, mantendo a umidade em 20% a níveis superiores, promove a redução da viabilidade, mantendo inferior a 50% da emergência inicial (Carvalho, 2010).

A germinação é hipógea e/ou criptocotiledonar, e inicia de 20 a 60 dias após a semeadura (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010). A temperatura do substrato influencia diretamente na taxa de germinação e no desenvolvimento da plântula e da raiz primária, sendo a temperatura de 25°C a que possui taxa superior a 94% de germinação (Gomes et al., 2016).

É indicado que todo o processo de produção da muda ocorra em recipientes individuais e a semeadura em tubete. A repicagem em sacos de polietileno de 2 litros é realizada quando as mudas atingirem 15 a 20 cm. O substrato deve ser bem drenado e fértil, com estrutura física – 2 litros de solo, 1 litro de condicionador e 0,5 litro de areia (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; EMBRAPA, 2018). O desenvolvimento da muda é de 30 a 100 cm por ano, o viveiro deve ter sombreamento de 50% (EMBRAPA, 2018).

A propagação vegetativa é pouco usual, sendo comumente utilizadas mudas de sementes, devido à falta de material genético selecionado e à frutificação precoce (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010).

Contudo, alguns casos positivos de enxertia por garfagem e por borbúlia são relatados (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010). O porta-enxerto (ou cavalo) é gerado por

semente, como comentado anteriormente, e o propágulo vegetativo (ou cavaleiro) vem de uma planta sadia, com as mesmas características de matriz e fruto descritos na seleção da semente (Gentil; Minami, 2005).

A garfagem é a técnica que utiliza fragmentos de ramo (garfos), que devem possuir aproximadamente 10 cm de comprimento e ao menos uma gema vigorosa e intumescida, e é necessário cortar obliquamente a extremidade superior – para evitar o acúmulo de água – e retirar as folhas na região do pecíolo (Gentil; Minami, 2005).

Os três tipos de garfagem utilizados em uvaia são:

- **Garfagem em inglês complicado:** O garfo e o porta-enxerto devem possuir 1 cm de diâmetro, corta-se o porta-enxerto em bisel a 10 cm do solo e, no terço superior, faz-se uma incisão longitudinal; deve-se talhar o garfo do mesmo modo, entretanto, de maneira inversa, a incisão no terço final;
- **Garfagem em meia-fenda:** O garfo com 0,5 de diâmetro e o porta-enxerto com 1 cm de diâmetro, o corte do garfo é em forma de cunha, o porta-enxerto é talhado transversalmente a 10 cm do solo e realiza-se uma incisão longitudinal de mesma largura e comprimento ao da cunha, no sentido raio-medula, a união deve manter a casca do garfo e porta-enxerto em contato;
- **Garfagem em fenda cheia:** O garfo e porta-enxerto devem possuir 1 cm de diâmetro; corta-se o porta-enxerto em forma de cunha. O porta-enxerto é talhado transversalmente a 10 cm do solo e é realizada uma incisão longitudinal de mesma largura e comprimento ao da cunha, no sentido raio-medula. A união deve manter a casca do garfo e porta-enxerto em contato. Todas as enxertias por garfagens após a união do garfo com o porta-enxerto devem ser amarradas com fitilhos plásticos e os garfos recobertos com saco plástico transparente (Gentil; Minami, 2005).

Segundo Sampaio (1983), as três técnicas de garfagem apresentam pegamento superior a 51% e não diferem entre si. Contudo, é necessário manter a cobertura plástica por mais de 90 dias (em operações realizadas na primavera) devido à lenta formação de calos na espécie, o que leva à demora na conexão dos vasos e acarreta efeitos na translocação de nutrientes e água, assim, retardando a brotação incipiente das gemas.

A técnica de enxertia por borbulha utiliza a gema, retirada de ramos com a porção de casca com todas as camadas do córtex. É utilizado o tipo de borbulha em placa, no qual se

realiza duas incisões transversais e duas longitudinais no porta-enxerto, retira-se toda a casca, expondo o alburno; prepara-se a borbulha para encaixar perfeitamente no alburno do porta-enxerto, sendo amarrada com fitilho plástico (Gentil; Minami, 2005). A taxa de pegamento desta técnica é superior a 58%, quando a cobertura plástica é mantida por 35 dias (Sampaio, 1983).

O transplântio ocorre quando a muda atinge 30 a 60 cm de altura, sendo recomendado realizar a aclimatação antes do plantio em solo, reduzindo o sombreamento (Gentil; Minami, 2005; EMBRAPA, 2018).

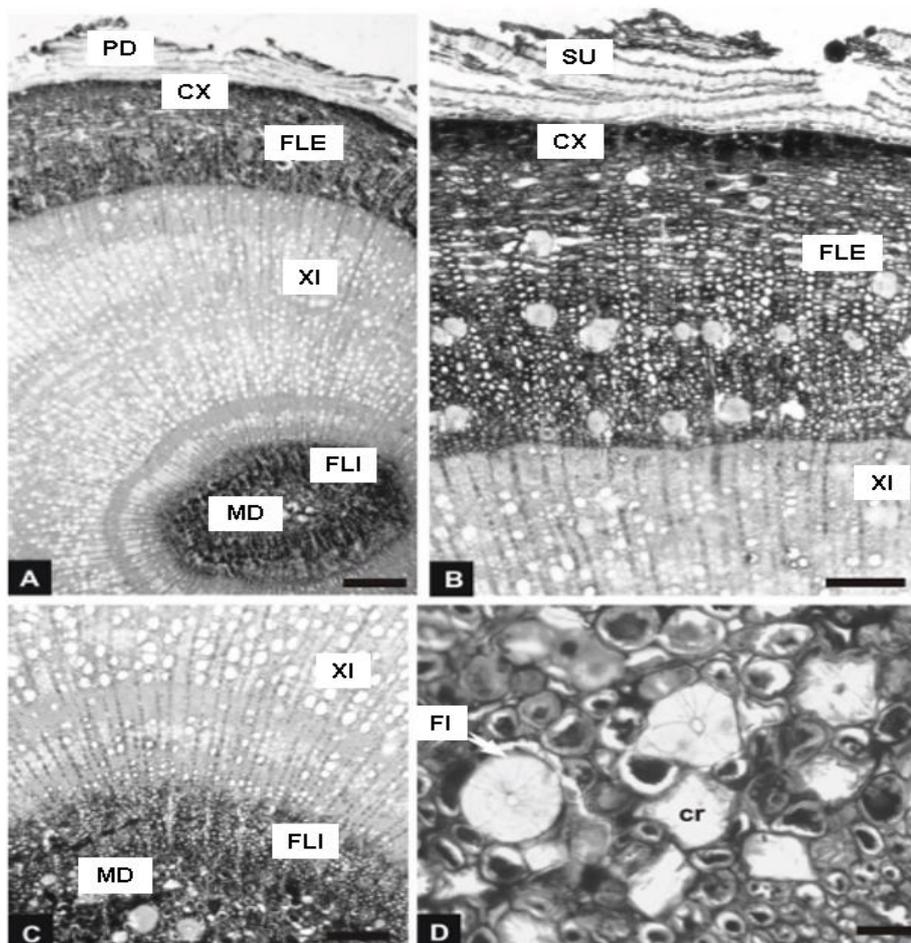
## **5. Desenvolvimento de raízes**

A uvaia apresenta hábito de crescimento de raízes de sustentação, com raiz pivotante ou principal, e o comprimento é determinado pelas características do solo – textura, estrutura, fertilidade, barreiras físicas e químicas, nível e oscilação do lençol freático – e genética. As raízes da uvaia não se desenvolvem adequadamente em solos arenosos, rasos (inferior a 50 cm) e muito drenados (Carvalho, 2010).

## **6. Desenvolvimento do caule**

Na fase inicial, o caule é herbáceo e flexível, posteriormente, com o crescimento e desenvolvimento da planta, o caule se torna lenhoso e denso (Carvalho, 2010; Armstrong; Duarte; Miguel, 2012). O crescimento é considerado lento, de 30 a 100 cm por ano em viveiro sombreado 50% (EMBRAPA, 2018), com ramificação simpodial, irregular e variável, com tronco curto e sem definição de dominância apical (Carvalho, 2010).

O caule é circular, envolto por periderme e possui felogênio superficial, apresenta células com conteúdo fenólico, cristais prismáticos de oxalato de cálcio e algumas drusas. O súber está na superfície externa (camadas de células tabulares recobertas por lignina e suberina); o córtex possui muitas camadas de parênquima cortical, presença de fibras e células pétreas (solitárias ou em pequenos grupos) também presentes na medula (Armstrong; Duarte; Miguel, 2012).



**Figura 11.** *Eugenia pyriformis* Cambessedes, caule, em seção transversal. A) Aspecto geral; B) Detalhamento do caule; C) Xilema, floema interno e medula; D) Detalhe das fibras e prismas na medula. Abreviações: CR – Cristal; CX – Córtex; FI – Fibra; FLE – Floema externo; FLI – Floema interno; MD – Medula; PD – Periderme; XI – Xilema. Barra 50  $\mu\text{m}$  (B, C); 20  $\mu\text{m}$  (A, D), (Adaptado de Armstrong, Duarte e Miguel, 2012).

## 7. Desenvolvimento das folhas

As folhas jovens possuem coloração avermelhada, e as folhas velhas mostram coloração distinta entre as faces, cor verde-claras na face adaxial e acinzentada-tomentosa na face abaxial. São inseridas opostas ao ramo e atingem o comprimento de 2,5 a 7 cm e largura 0,6 a 2,5 cm (Gentil; Minami, 2005; Armstrong; Duarte; Miguel, 2012; Jacomino et al., 2018).



Na produção de mudas em sacos de polietileno, a recomendação de adubação química é de 4 a 5 kg m<sup>-3</sup> de NPK (formula 4:14:8), 2 g de calcário e 0,5 g micronutrientes FTE, ou adubação orgânica (25% do volume com esterco curtido). No preparo em tubetes com substrato, recomenda-se 100 g de adubo de liberação lenta (NPK – 15:10:10) para 25 kg de substrato (Carvalho, 2010; EMBRAPA, 2018).

Adubação no plantio pode seguir a via química: cova – 400 g de superfosfato; primeiro ano – 50 g de sulfato de amônio (três aplicações) em cobertura; segundo ano – 200g NPK (10:10:10) no inverno; terceiro, quarto e quinto ano – 100g NPK (10:10:10) no inverno, por ano (Gentil; Minami, 2005). A via orgânica-química: cova – 5 a 10 kg de esterco curtido e 100 g de superfosfato; primeiro ano – 5 kg de esterco curtido e 250g NPK (10:10:10) (Gentil; Minami, 2005).

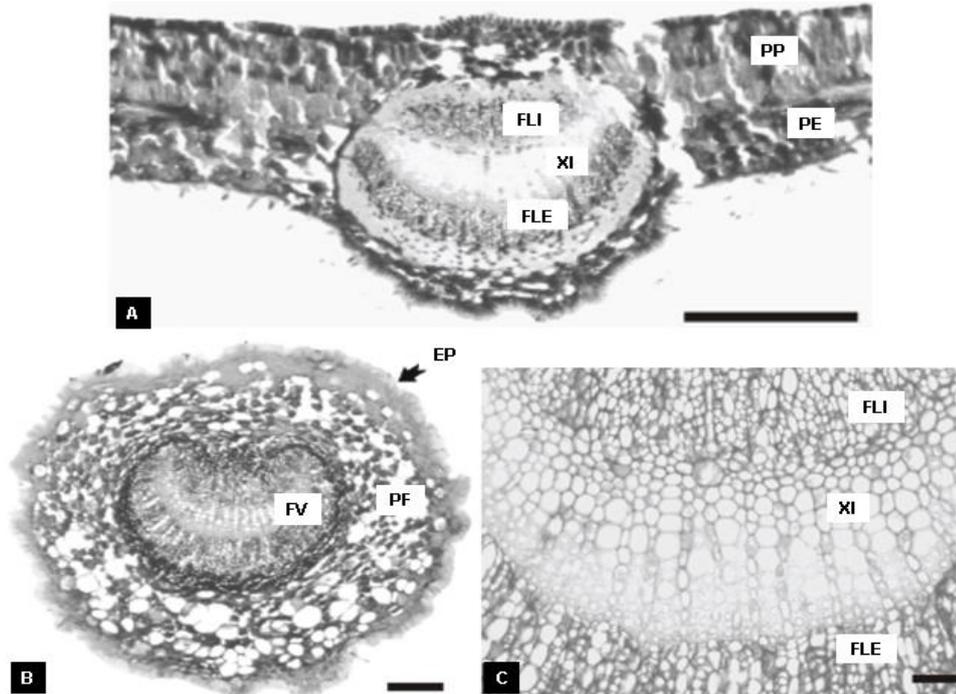
As mudas podem ser plantadas no espaçamento de 2,5 por 2,5 metros ou de 4 por 2 metros, em pleno sol ou sombreadas, no modelo de plantio puro ou misto, também no sistema de faxinal (tradicionalmente usada no Sul do Brasil) (Carvalho, 2010).

A incidência de micorrizas arbusculares é muito baixa (Carvalho, 2010), entretanto, o uso de inóculo de endomicorrizas – *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita* e *Scutellospora heterogama* – acelerou o desenvolvimento de mudas de uvaia, aumentando o número de folhas e brotações, área foliar, massa fresca da raiz e parte aérea, massa seca da raiz e parte aérea (Lattuada et al., 2019).

## 11. Translocação

Os caules e raízes possuem o cilindro vascular contínuo e atravessado por raios estreitos, constituído por floema externo, xilema e floema interno. O xilema é lignificado e apresenta elementos traqueais. No floema externo há fibras e células pétreas, em pequenos grupos ou isoladas (Armstrong; Duarte; Miguel, 2012).

Nas folhas e pecíolos, a nervura central possui feixe vascular biclateral em arco aberto circundado por bainha esclerenquimática, sendo composta pelo floema externo, xilema e floema interno, da face abaxial para a adaxial (Armstrong; Duarte; Miguel, 2012).



**Figura 13.** *Eugenia pyriformis* Cambessedes, folha. A) Seção transversal da lâmina; B) Aspecto geral do pecíolo; C) Detalhes do feixe vascular do pecíolo. Abreviações: EP – Epiderme; FLE – Floema externo; FLI – Floema interno; FV – Feixe vascular; PE – Parênquima esponjoso; PF – Parênquima fundamental; PP – Parênquima paliçádico; XI – Xilema. Barra 10  $\mu\text{m}$  (A, C) e 20  $\mu\text{m}$  (B), (Adaptado de Armstrong; Duarte; Miguel, 2012).

## 12. Florescimento e frutificação

A floração, no Brasil, acontece em diferentes meses em relação à região, variando o início entre agosto e janeiro (Sul: setembro – fevereiro, Sudeste: agosto – outubro, Centro-Oeste: setembro - novembro) estendendo-se por 2 meses (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Mazine et al., 2024, EMBRAPA, 2018). A florada é abundante e sua polinização ocorre por abelha-mamangava (*Bombus morio*), abelha-europeia (*Apis mellifera*) e abelha sem ferrão (*Meliponinae*), com porcentagem de fecundação de 40 – 70% (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; EMBRAPA, 2018; Mazine et al., 2024). A primeira florada leva entorno de 4 anos (Carvalho, 2010).

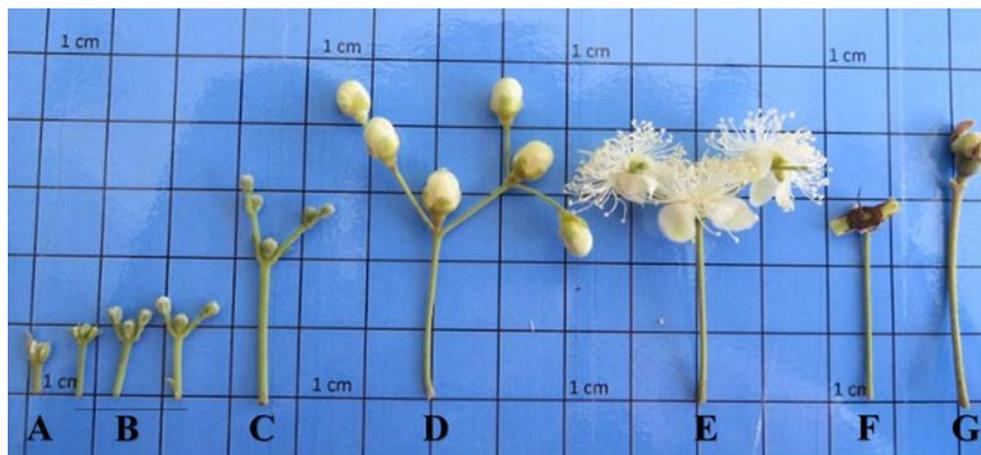
Os frutos se desenvolvem em 50 a 60 dias, e a frutificação ocorre entre setembro e fevereiro, dependendo do início da florada (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Jacomino et al., 2018; EMBRAPA, 2018). O período de colheita ocorre quando a coloração muda de verde para amarelo ou laranja, e varia de 20 a 40 dias. A produtividade anual média (plantas com 10 anos de idade) é de 5 kg de frutos por árvore, podendo chegar a 10 kg quando bem adubada e manejada (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010).



**Figura 14.** Árvore de uvaia na frutificação (Adaptado de Silva et al., 2022).

A fenologia da uvaia possui poucos estudos, principalmente pelas regiões de ocorrência, presença em biomas e condições edafoclimáticas distintas (Silva et al., 2022). Desta forma, as épocas de floração e frutificação podem se alterar por mudanças climáticas em determinado ano, alterando as épocas e podendo gerar mais de um ciclo por ano (Jacomino et al., 2018; Silva et al., 2022).

A dispersão é por gravidade ou zoocoria (fauna), especificamente aves e mamíferos (principalmente os macacos) (Carvalho, 2010; EMBRAPA, 2018).



**Figura 15.** A fenologia pode ser dividida em 7 estádios, sendo eles: A – brotamento reprodutivo; B – botões florais, com par de brácteas; C – aparecimento de pétalas de coloração pálida, desenvolvimento de gemas; D– balão, logo antes da abertura das pétalas e exportar estigmas e anteras (pré-antese); E – abertura da flor (floração); F – queda das pétalas; G – queda estigma e estiletes (Adaptado de Sganzerla et al., 2021).

### 13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

Espécie presente em diversas latitudes do continente sul americano, adaptada a diversas condições climáticas, permitindo plantio em quase todo Brasil.

Para tanto é necessário respeitar as características de tolerância, sendo: regime de chuvas regulares, pluviosidade média a baixa; variação da altitude de 20 a 1.400 m; tolera temperatura média de 9°C nos meses mais frios e 26,4°C nos meses mais quentes; resistente a estiagens e geadas leves (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010). Possui tolerância à sombra durante todo o ciclo de vida, principalmente no início (EMBRAPA, 2018).

### 14. Estratégias para altas produções

Uma das estratégias para aumentar a produção refere-se aos tratos culturais, sendo estes:

#### 14.1 Capinas

No primeiro ano realizar a limpeza mensal da região por volta do tronco, acompanhando a projeção da copa; após o primeiro ano, a frequência pode ser reduzida para dois a três meses; entre as linhas, sendo que as plantas devem ser mantidas próximas aos 10 cm, criando uma proteção contra degradação do solo para reciclagem de nutrientes e proteção contra erosão do solo (Gentil; Minami, 2005).

## 14.2 Cobertura morta

Manter as plantas cortadas sobre o solo para reciclagem de nutrientes e proteção contra erosão do solo; cobrir a área sob projeção da copa com matéria orgânica (serapilheira, serragem, casca de arroz), visando manter a umidade do solo (Gentil; Minami, 2005).

## 14.3 Poda

A uvaia é uma espécie que apresenta derrama natural deficiente, portanto, é necessário limpar com frequência ramos doentes e malconduzidos (regulares e anuais), de junho a julho; manter a copa em altura que facilite o manejo e colheita para reciclagem de nutrientes e proteção contra erosão do solo (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010).

Outra estratégia para alcançar alta produtividade é estudar melhores formas para o cultivo em larga escala e melhoramento genético que promovam a produtividade e qualidade dos frutos (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010). O uso de propagação por estaquia, com as técnicas de garfagem e borbulha, e *in vitro* são processos que auxiliam na seleção de características desejáveis e no melhoramento genético da espécie (Sampaio, 1983; Pavendan; Rajasekaran, 2011; Golle; Reiniger, 2013).

## 15. Efeitos de reguladores vegetais

O uso de reguladores vegetais em plantas do gênero *Eugenia* sp. são estudados para a propagação *in vitro* como importante alternativa à propagação convencional para uma ampla gama de espécies vegetais, com importância medicinal, econômica e ameaçadas de extinção (Pavendan; Rajasekaran, 2011; Golle; Reiniger, 2013).

Segundo Pavendan e Rajasekaran (2011), na *Eugenia singampattiana* o uso combinado de thidiazuron (TDZ) e 6-benzilaminopurina (BAP), na concentração de 1,0 mg/L, auxilia na regeneração da parte aérea de explantes nodais, induzindo 93% dos explantes a produzirem parte aérea com 21,7 brotações de 5,8 cm; e o uso de ácido indol-3-butírico (IBA), na concentração de 0,5 mg/L, provocou a produção de raízes em 98% dos explantes.

No uso de explantes de segmentos foliares, a posição deles afeta a organogênese e a calogênese na *Eugenia involucrata*. A inserção associada de ácido 2,4-diclorofenóxiacético (2,4-D) e BAP (concentrações de 5 e 10  $\mu$ M, respectivamente) na região do limbo propicia maior embriogênese somática devido ao número de calos nodulares, em comparação de 10 $\mu$ M de ácido  $\alpha$ -naftalenoacético (NAA), (Golle; Reiniger, 2013).

## 16. Senescência e aproveitamento de resíduos

A uvaia é utilizada para fim alimentar devido ao grande volume de polpa (84% do peso do fruto). Possui características interessantes para a agroindústria, como sabor, acidez, sais minerais e altos teores de vitamina C. É destinada para alimentação humana, na fabricação de geleias, doces, sorvetes, licores, refrescos, vinagre fino (devido à presença de ácido tartárico, málico, pectina e óleo volátil aromático) e aguardente (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010).

Também pode ser utilizada para alimentação animal na engorda de animais domésticos. Entretanto, devido às características do epicarpo (a casca), o fruto sofre muitas injúrias durante a colheita, transporte e armazenamento, assim, aumentando sua perecibilidade e prejudicando seu uso na agroindústria (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010; Jacomino et al., 2018).

A madeira é considerada de lei, possui coloração branco-pardacenta, de característica elástica e compacta, sendo considerada densa (0,90 a 0,98 g cm<sup>-3</sup>) com alta resistência e durabilidade (Carvalho, 2010; Silva et al., 2022). Contudo, o uso da madeira para serralheria não é indicado, devido as tábuas terem cerdas lascadas e de baixo calibre (cerca de 20 cm de diâmetro) que permite apenas a produção de cabos ou de utensílios domésticos (Gentil; Minami, 2005; Carvalho, 2010). Para a indústria de celulose e papel a uvaieira é inadequada e, na produção de energia, sua lenha não é das mais adequadas (Carvalho, 2010).

## Referências

THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016.

ARMSTONG, L.; DUARTE, M.R.; MIGUEL, O.G. Morpho-anatomy of the leaf and stem of *Eugenia pyriformis*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 22, n. 3, p. 475-481, 2012.

BAROSELA, J.R.; ROSA, H.M.R. **Guia das frutas do Campus da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto**. Ribeirão Preto: USP, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, 2022.

BERTONCINI, A.P. **Herbário da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**. Piracicaba, 1998. Disponível em: <<https://images.cria.org.br/viewer/ESA102092>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. **Informação Tecnológica**, Brasília; Embrapa Florestas, Colombo, v. 4, p. 545-553, 2010.

EMBRAPA. **Native species**, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/codigo-florestal/especies-nativas-para-recuperacao>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

FERNANDES, T. et al. Two new species of *Eugenia* (Myrtaceae) from the Brazilian Atlantic Forest. **Kew Bulletin**, Kew, v. 78, n. 1, p. 95–105, 2023.

GENTIL, D.F.O.; MINAMI, K. **Uvaieira, pitangueira e jabuticabeiras: cultivo e utilização**. Piracicaba, FEALQ, 2005.

THE GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. *Eugenia pyriformis* **Cambess**. GBIF Backbone Taxonomy, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.15468/39omei>/accessed via GBIF.org>. Acesso em: 20 abr. 2024.

GOLLE, D.P.; REINIGER, L.R.S. Fitorreguladores e posição de explantes foliares na indução à calogênese em cerejeira-do-mato. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 10, p. 1759–1762, 2013.

GOMES, J.P. et al. Substratos e temperaturas para teste de germinação em sementes de Myrtaceae. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 285-293, 2016.

JACOMINO, A.P. et al. Uvaia: *Eugenia pyriformis* Cambess. In: RODRIGUES, S.; SILVA, E.O.; BRITO, E.S. (Ed.). **Exotic fruits: reference guide**. Amsterdam: Elsevier, 2018. p. 490. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/book/9780128031384/exotic-fruits>>. Acesso em: 12 abr. 2024.

JARDIM BOTÂNICO JUNDIAÍ. **Frutífera nativa: uvaia**. Disponível em: <<https://jardimbotanico.jundiai.sp.gov.br/2013/10/frutifera-nativa-uvaia/>>. Acesso em: 21 abr. 2024.

LATTUADA, D.S. et al. Interação entre endomicorrizas e frutíferas nativas (Myrtaceae) no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 1726-1736, 2019.

MAZINE, F.F. et al. ***Eugenia in Flora e Funga do Brasil***. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB10517>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

PAVENDAN, P.; RAJASEKARAN, C.S. Effect of different concentrations of plant growth regulators for micropropagation of *Eugenia singampattiana* Beddome endangered tree species. **Research Journal of Botany**, Dubai, v. 6, n. 3, p. 122-127, 2011;

SAMPAIO, V.R. Propagação da uvaieira (*Eugenia uvalha* CAMB.) através da enxertia por garfagem. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 40, p. 95-99, 1983.

SGANZERLA, W.G. et al. Variability in the molecular, phenological, and physicochemical characteristics of uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess - Myrtaceae) accessions from the Brazilian Atlantic rainforest. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, Amsterdam, v. 35, p. 102082, 2021.

SILVA, A.P.G.D. et al. Chemical composition, bioactive compounds, and perspectives for the industrial formulation of health products from uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess - Myrtaceae): a comprehensive review. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 109, p. 104500, 2022.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE A BIODIVERSIDADE BRASILEIRA. Species: *Eugenia pyriformis*. In: **Catálogo taxonômico da fauna do Brasil e lista da flora do Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/340695#overview>>. Acesso em: 20 abr. 2024.



# VIDEIRA



**VIDEIRA** (*Vitis* sp.)

Teresinha C. S. Albuquerque

Ivan Sestari

## **1. Origem e distribuição geográfica**

O cultivo da videira (*Vitis* sp.) e a produção de frutos e vinhos tiveram um proeminente papel na civilização ocidental. Pensa-se que este cultivo começou durante a era Neolítica (de 6000 a 5000 a.C.), ao longo das margens orientais do Mar Negro, na região conhecida como Transcaucásia. Porém, achados arqueológicos de sementes de uva indicam que *Vitis vinifera* L., ou seu progenitor *Vitis sylvestris*, estavam distribuídas pela maior parte da Europa durante os períodos Paleoclimáticos Atlântico e Sub-boreal, 7500 a 2500 anos atrás (Mullins et al., 1992).

A cultura da videira tem uma distribuição geográfica muito ampla, com as principais áreas de cultivo situadas entre as latitudes de 50°N até 30°S, difundindo-se, atualmente, até em regiões próximas ao Equador. Sua introdução, no Brasil, ocorreu em 1532, através de Martin Afonso de Souza.

## 2. Classificação botânica

A videira, segundo A. Engler e A. Cronquist, pode ser classificada da seguinte maneira:

|                    | <b>Engler</b>   | <b>Cronquist</b> |
|--------------------|-----------------|------------------|
| <b>Divisão</b>     | Angiospermae    | Magnoliophyta    |
| <b>Classe</b>      | Dicotyledoneae  | Magnoliopsida    |
| <b>Subclasse</b>   | Archichlamydeae | Rosidae          |
| <b>Ordem</b>       | Rhamnales       | Rhamnales        |
| <b>Sub-família</b> | Vitoideae       | ----             |
| <b>Família</b>     | Vitaceae        | Vitaceae         |

A família Vitaceae possui 11 gêneros e mais de 450 espécies. O gênero mais importante é o gênero *Vitis*, que engloba cerca de 60 espécies, sendo que as de maior interesse econômico são:

- *Vitis labrusca* L.: videiras americanas;
- *Vitis vinifera* L.: videiras viníferas (européias);
- *Vitis* spp.: videiras híbridas.

Além destas espécies de interesse comercial, podemos citar as seguintes espécies: *berlandieri*, *bourquina*, *riparia* e *rupestris*.

## 3. Morfologia e anatomia

A viticultura comercial é baseada em plantas clonais que são propagadas por estaquia ou por enxertia de clones sobre porta-enxertos, e neste caso o sistema radicular é amplamente distribuído. A estrutura radicular principal, com 6 a 100 mm de diâmetro, é usualmente encontrada a uma profundidade de 30 a 35 cm e permanece constante, em número, após o terceiro ano de plantio. Raízes permanentes de menor diâmetro desenvolvem-se deste o sistema principal. O crescimento do sistema radicular dá-se tanto horizontal, como verticalmente. Este sistema radicular continua desenvolvendo-se para produzir as raízes fibrosas ou absorventes, as quais são efêmeras e são continuamente repostas por novas raízes laterais. Elas compõem a maior parte da massa radicular e localizam-se principalmente no perfil de solo entre 20 e 50 cm (Mullins et al., 1992).

As espécies de videira apresentam diferenças na constituição anatômica das raízes, que variam desde o calibre dos vasos até a proporção de fibras liberianas em relação às xilemáticas, o que lhes confere diferentes graus de adaptação aos diversos tipos de solo.

O caule das videiras cultivadas apresenta forma, dimensões e aspectos diversos, conforme as espécies e cultivares. Em *Vitis rupestris* e *Vitis monticola*, a planta se apresenta mais ou menos em forma de tufo; na *Vitis riparia*, com caules compridos e delgados, que se estendem de preferência prostrados sobre o solo, atingindo grandes comprimentos; na *Vitis vinifera* é ereto, tendendo a elevar-se com facilidade sobre os suportes que encontre a seu alcance.

O caule apresenta, nas extremidades em crescimento, estruturas primárias, sendo estas modificadas rapidamente em estruturas secundárias. A estrutura primária apresenta-se dividida em três regiões: (a) epiderme - formada por uma camada de células muriformes poligonais, estreitamente unidas, sendo revestidas exteriormente pela cutícula, que é provida de estômatos; (b) casca - muito delgada, encerrando colênquima que contém clorofila; (c) cilindro central - muito mais desenvolvido que a casca. Neste encontram-se o periciclo, os feixes vasculares, que compreendem uma parte de líber externa e uma parte de lenho interno, e a medula desenvolvida, possuindo paredes delgadas e celulósicas com meatos entre si.

O câmbio diferencia-se, produzindo lenho secundário para dentro e líber secundário para fora, o que resulta no engrossamento das varas (ramos), o qual, de ano para ano, vai sendo mais notado pela formação de novas camadas durante o período de atividade vegetativa da videira, estacionando posteriormente, na época do repouso.

É o câmbio que desempenha o mais importante papel no êxito das enxertias, porque é nele que tem lugar a soldadura entre o enxerto e o porta-enxerto.

Os ramos se apresentam inicialmente herbáceos, lignificando-se à medida que vão amadurecendo, quando então são denominados sarmentos. São de secção mais ou menos cilíndrica ou poligonal, sendo constituídos de nós e entrenós, com um comprimento médio de 20 cm.

Os ramos de videira apresentam gavinhas, que são inflorescências estéreis, distribuídas de forma contínua, subcontínua ou intermitentes nos nós, no lado oposto das folhas. Esta disposição das gavinhas é um aspecto importante a ser observado, pois é uma característica das espécies. Os ramos desenvolvem-se rapidamente, aumentando de 3 a 4 cm por dia e produzindo primórdios de novas folhas ou gavinhas a cada 2 ou 3 dias.

A videira apresenta dois tipos de gemas: as gemas de brotação rápida (“prompt buds”) e as gemas latentes. As primeiras se formam nas axilas das folhas, dando origem às feminelas - pequenos ramos crescidos no mesmo ciclo vegetativo do ramo que os originou. Estas feminelas raramente são férteis e usualmente não sofrem lignificação e caem no outono ou inverno, deixando uma cicatriz saliente. Em condições tropicais, as feminelas, normalmente,

crecem muito, concorrendo com o ramo produtivo. Por este motivo, elas são eliminadas, deixando-se a primeira folha expandida. Se forem eliminadas em sua totalidade, novas gemas de brotação rápida se formarão e outras feminelas tornarão a crescer (Mullins et al., 1992).

As gemas latentes caracterizam-se por conjuntos de gemas envoltas por uma mesma proteção - as escamas (brácteas). Ao serem observadas, constata-se a presença de três gemas, separadas internamente por brácteas, e que se encontram em diferentes estádios de desenvolvimento, denominadas gema primária, secundária e terciária. Formam-se lentamente durante a estação de crescimento vegetativo e, em condições de clima temperado, entram em dormência durante a estação fria, rebrotando na primavera. Em condições de clima tropical, as gemas formadas num ciclo de crescimento não entram em dormência, e encontram-se aptas à brotação vinte dias após a colheita das uvas.

A gema primária contém de seis a dez primórdios foliares e de um a três primórdios de inflorescências, sendo que estes últimos só aparecem em gemas férteis. As gemas secundárias e terciárias, em geral, permanecem pequenas e raramente apresentam inflorescências. Brotam somente excepcionalmente, no caso da gema primária ter morrido (Mullins et al., 1992).

As folhas da videira apresentam características muito variáveis, em função da espécie e cultivar. Normalmente, o limbo apresenta-se com a face superior voltada para cima e a inferior voltada para o solo. Na face superior, a cor é mais brilhante, enquanto que na inferior é verde pouco intenso e, muitas vezes, esbranquiçada pela presença de pelos. O maior número de estômatos é encontrado na face inferior, característica da maioria das plantas cultivadas.

As inflorescências são geralmente de cor verde, mas no momento da brotação podem se tornar rosadas. Apresentam-se, comumente, em número de duas por ramo, e mais raramente de três a cinco.

As flores da videira são do tipo pentâmera, constituídas por um cálice de cinco sépalas soldadas; uma corola com cinco pétalas soldadas (caliptra) e que se destacam pela base no momento da floração. O androceu é constituído por cinco estames, inseridos junto à base das pétalas. O gineceu é constituído por um ovário súpero com dois carpelos, contendo cada um dois óvulo anátropos.

A grande maioria das videiras cultivadas apresentam flores hermafroditas, ou seja, possuem um androceu e um gineceu morfológica e fisiologicamente funcionais.

O cacho de uva (panícula) consiste em pedúnculo, pedicelo, ráquis e bagas, sendo, estes últimos, os órgãos econômicos. A porção do pedicelo que penetra na baga é denominada pincel. As bagas possuem, normalmente, 4 sementes no seu interior. Os frutos que não apresentam sementes são denominados apirenados.

#### 4. Propagação

A propagação sexuada é utilizada somente em programas de melhoramento, pois a videira é propagada, em regra, por processos vegetativos.

Os cultivares de *Vitis vinifera* são facilmente propagados por estacas lenhosas ou semilenhosas, e a maioria pode ser multiplicada através de micropropagação, sendo este processo muito importante para a obtenção de materiais livres de patógenos (principalmente vírus).

Em ambos os processos da produção de mudas há formação de calo na base da estaca, mas as raízes adventícias poucas vezes surgem das células deste calo basal. Os primórdios das raízes adventícias surgem, primariamente, do câmbio interfascicular ou próximas a este, tanto nos nós como nos entrenós. Não existem raízes iniciais pré-formadas em *Vitis vinifera*.

Em enxertia herbácea, a união do ramo do porta-enxerto e do enxerto se processa através do câmbio e do córtex, em que ambos participam do processo de cicatrização e formação de uma união funcional. Na enxertia lenhosa, somente o câmbio participa destes processos.

#### 5. Crescimento e desenvolvimento

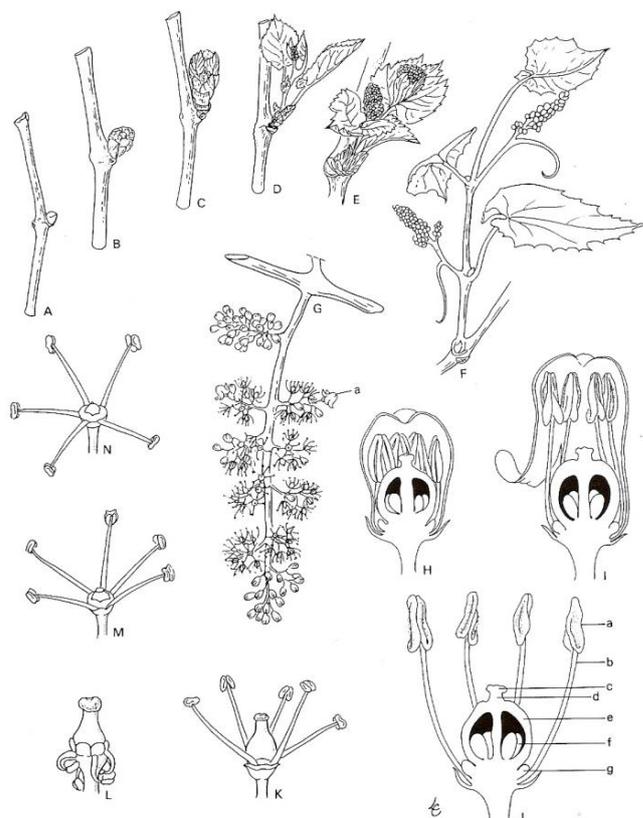
Em trabalhos realizados por Freeman e Smart (1976), McKenry (1984) e Van Zyl (1984), determinou-se que o fluxo de crescimento das raízes ocorre por um breve período após começar o crescimento dos ramos, na primavera, e tem o máximo crescimento durante a antese. Um fluxo de crescimento maior tem início após os frutos terem sido colhidos. As raízes formadas nestes dois fluxos de crescimento têm origem nas raízes permanentes da videira. Estas novas raízes são inicialmente brancas, tornando-se marrons com o processo de suberização. Foi observado também que existe uma alternância no crescimento dos órgãos aéreos e das raízes, e que o crescimento destas últimas ocorre somente quando ocorre disponibilidade de fotossintetizados. A importância dos fluxos de crescimento das raízes em relação à extração de água e nutrientes minerais do solo é desconhecida.

Estudos de videiras desenvolvidas em vasos indicaram que as estruturas permanentes aumentam o teor de matéria seca durante toda estação de crescimento. O tronco de 2 anos de idade de videiras 'Thompson Seedless', desenvolvidas no campo, quase triplicou em matéria seca durante a estação de crescimento (Araújo; Williams, 1988). Entre 10 e 30% do C<sup>14</sup> assimilado por uma videira jovem é translocado para o tronco, conforme a estação do ano. A taxa de aumento do diâmetro do tronco é máxima durante a antese, diminuindo posteriormente durante o resto da estação (Mullins et al., 1992). A quantidade de carbono

fixado pela videira e a divisão entre o tronco e os ramos, durante a estação de crescimento, variam com a idade da videira, o estágio de estabelecimento do vinhedo, e com o genótipo.

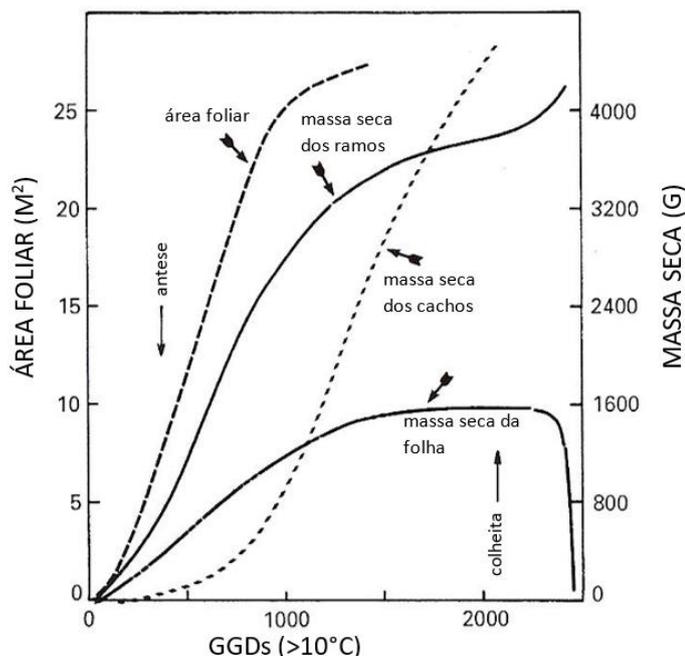
Outro aspecto a ser considerado é a altura do sistema de condução, pois as videiras que possuem hastes muito longas apresentam uma diminuição na transpiração e em consequência, a taxa fotossintética é reduzida. Com o aumento no comprimento do caule, diminui fortemente a condutividade hídrica relativa da seiva bruta, ocasionada pela redução do diâmetro de cada vaso. Isto implica no aumento significativo da resistência à circulação da seiva e consequente redução de velocidade da mesma.

Sob condições não limitantes, o crescimento das plantas é descrito como exponencial, pelo menos durante parte da estação de crescimento. Em organismos complexos, tais como a videira, esse tipo de crescimento pode não persistir, havendo uma competição por carboidratos entre os órgãos, resultando na parada da divisão e do alongamento celular. Na videira, as estruturas vegetativas originadas das gemas (Figura 1) têm um crescimento exponencial precoce na estação de crescimento.



**Figura 1.** Desenvolvimento do ramo e florescimento da videira. (A) gema dormente; (B) inchamento da gema; (C) brotação da gema; (D) separação das folhas; (E) cachos visíveis; (F) cachos separados; (G) cacho floral durante a floração; (H) flor com a presença de caliptra; (I) flor com a caliptra separada; (J) flor aberta: a - antera, b - filamento, c - estigma, d - estilo, e - ovário, f - óvulo, g - nectário; (K) flor perfeita; (L) flor feminina; (M) flor fisiologicamente masculina com ovário parcialmente abortado; (N) flor masculina (Adaptado de Ahmedullah e Himelrick, 1990).

Após a antese, a taxa de crescimento vegetativo diminui e a curva de crescimento dos ramos (folhas e principais eixos das hastes), sob condições de campo, torna-se sigmoidal (Figura 2). O aumento da matéria seca dos ramos é quase linear até a fixação dos frutos, quando então a maioria do incremento em matéria seca é direcionada para o desenvolvimento das panículas.



**Figura 2.** Incremento na matéria seca de folhas, ramos e cachos, e área foliar de videiras 'Thompson Seedless' em função dos graus dias de crescimento (GGDs) acima de 10°C (Adaptado de Mullins et al., 1992).

Ainda que a maioria dos fotossintetizados sejam direcionados para os frutos, após a antese, a massa específica das folhas (massa por unidade de área) e dos ramos (massa por unidade de comprimento) continua a aumentar (Williams, 1987). O aumento de massa por unidade de comprimento do ramo é, provavelmente, associado com a formação da periderme e com a acumulação de carboidratos nos próprios ramos. O aumento em massa por unidade de área foliar está associado com o aumento dos componentes estruturais, provavelmente, paredes celulares. A extensão deste aumento está possivelmente correlacionada com a temperatura da folha ou da copa.

O padrão de crescimento apresentado pela copa da videira é semelhante ao dos ramos, sendo que o aumento da área foliar é mais bem descrito pela função sigmoidal (Williams, 1987). O contínuo desenvolvimento da copa resulta em um sombreamento mútuo. Estando a copa completamente formada, estima-se que 33 a 85% das folhas sejam fotossinteticamente

ativas. Este valor depende da configuração do sistema de condução e da localização do vinhedo.

## 6. Efeitos de fatores ecológicos

### 6.1 Temperatura

A videira exige de 100 a 400 horas de frio abaixo de 7,2°C para superar o repouso invernal conforme o cultivar (Walhein; Stebbins, 1981). Porém, este fator não é considerado tão crítico para a videira como o é para outras fruteiras criófilas (Mortensen, 1971). Conforme Magoon e Dix (1943), diversos cultivares de videiras americanas e europeias não deixaram de brotar com 200 horas de frio e consideraram que uma pequena duração do período de repouso não é um fator crítico para muitos cultivares de *Vitis vinifera*.

A temperatura determina a forma de resposta da fotossíntese à luz, pois envolve tanto reações, tanto fotoquímicas, como bioquímicas. A taxa fotossintética em temperaturas abaixo de 20°C é menor do que aquela entre 25 e 30°C, devido à baixa atividade das reações fotoquímicas e das enzimas carboxilativas. A temperatura ótima para a fotossíntese é de 25 a 30°C, não sendo, entretanto, o ideal para o desenvolvimento de todas as partes da videira, uma vez que a translocação de carboidratos e o subsequente metabolismo em raízes, ápices e frutos, podem processar-se melhor em temperaturas mais baixas. Um exemplo disso é a síntese de pigmentos antociânicos vermelhos na película das bagas de uva que é maior em temperaturas entre 15 e 20°C (Kliewer, 1981). A taxa fotossintética decresce em temperaturas inferiores a 20°C, atingindo quase zero à 10°C, como em temperaturas elevadas, quando a fotossíntese é reduzida em 50% à 45°C. Altas temperaturas causam a instabilidade térmica das enzimas, a dessecação dos tecidos e o fechamento dos estômatos. Acima de 30°C, a respiração aumenta numa taxa mais rápida do que a fotossíntese.

### 6.2 Umidade

Do total da água absorvida pelas raízes, somente 1% é utilizado na reação bioquímica da fotossíntese, sendo o restante perdido na transpiração. Se a demanda transpiratória na planta for alta, causando uma transpiração superior ao suprimento de água, desenvolve-se um déficit hídrico nas folhas da videira, podendo afetar a fotossíntese, devido ao fechamento estomático, que ocorre quando o potencial hídrico é igual ou maior a -1,3MPa. Se o suprimento de água for adequado e a demanda evaporativa baixa, o déficit hídrico nas folhas é superado. Se ao contrário, o suprimento de água permanecer inadequado, as folhas da videira murcham, atingindo o ponto de murcha temporário, e a função estomática e o processo

fotossintético são temporariamente prejudicados, uma vez que a reabertura dos estômatos só se realiza após uma semana do restabelecimento do fornecimento adequado de água. Quando ocorre um estresse hídrico na videira, os níveis de ácido abscísico aumentam, induzindo o fechamento dos estômatos, de forma que uma acumulação excessiva do hormônio nas folhas pode prolongar os efeitos do déficit hídrico na função estomática e, assim, contribuir para a retomada lenta na fotossíntese (Kliewer, 1981).

Rodrigues et al. (1993), trabalhando com a videira 'Rosaky', concluíram que: o ajuste osmótico parece resultar do aumento dos solutos osmoticamente ativos no simplasto; o estresse hídrico nas videiras causa uma significativa redução nos carboidratos; a videira apresenta um ajustamento osmótico capaz de manter uma adequada turgescência.

### 6.3 Radiação solar

O mais importante fator ambiental que controla a taxa de fotossíntese é radiação solar. A curva de resposta da fotossíntese, em folhas de videira à luz, é melhor descrita como uma hipérbole retangular. A intensidade de luz requerida para a fotossíntese, em condições ambientais ótimas, é cerca de 1/3 a 1/2 da intensidade de luz solar que atinge a superfície (uma densidade de fluxo de fótons em torno de 600 -700  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Sepulveda e Kliewer (1986) observaram que a atividade fotossintética da videira, medida através da abertura estomática, apresenta-se fortemente relacionada com a luz e a temperatura. Em temperaturas baixas ou normais ( $\leq 30^\circ\text{C}$ ), a fotossíntese é máxima para os valores mais elevados de luminosidade. Quando a temperatura é superior a  $30^\circ\text{C}$ , a fotossíntese diminui, mesmo sob condições de alta intensidade luminosa (Schneider, 1989).

O ponto de saturação lumínica é variável para a videira, segundo as condições de luz do ambiente. Folhas de 'Perlette', no Vale de Coachella, Califórnia, só atingem a taxa máxima de fotossíntese quando a intensidade luminosa atinge valores de aproximadamente de 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Mullins et al., 1992).

O ponto de compensação lumínica para a videira é em torno de 50  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Uma folha plenamente exposta ao sol pode absorver em torno de 90-95% da irradiância solar em comprimento de onda efetivo para a fotossíntese (400 a 700 nm), entretanto, as folhas que ficam encobertas pela camada superior do dossel recebem de 2,5 a 9,0% do fluxo de fótons fotossinteticamente ativos. As folhas da terceira camada encontram-se abaixo do ponto de compensação lumínica, tornando-se parasitas. Quando a sombra é muito intensa, as folhas que não recebem luz tornam-se cloróticas e são descartadas pela planta.

O tipo de condução, a densidade de plantio e a orientação das linhas de plantas no vinhedo são fatores que influem indiretamente na fotossíntese, determinando a eficiência do vinhedo na interceptação da radiação solar.

#### **6.4 Umidade relativa do ar e ventos**

Tanto a umidade relativa do ar como os ventos interferem indiretamente na absorção de CO<sub>2</sub>. Quanto mais baixa for a umidade relativa e mais fortes os ventos, maior é a transpiração, acelerando o processo de fechamento estomático. Estando esses fechados, há um bloqueio no fluxo de entrada de CO<sub>2</sub> nas folhas, diminuindo a taxa fotossintética.

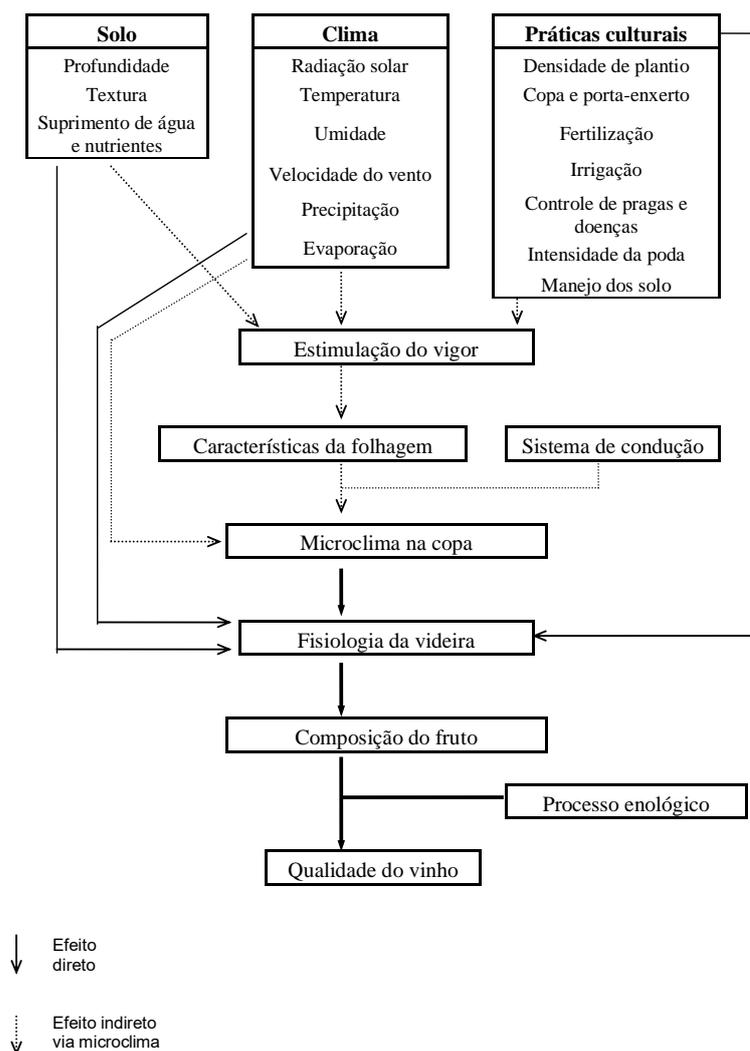
A umidade relativa do ar também interfere no aparecimento de doenças fúngicas, principalmente o míldio (*Plasmopora viticola*). Para diminuir a incidência desta doença, é desejável que a umidade relativa média, durante o verão, não ultrapasse 73%.

Smart (1985) propôs um modelo conceitual dos fatores que afetam a produção e a qualidade do vinho, que engloba os fatores climáticos, juntamente com os edáficos e os culturais (Figura 3).

### **7. Solos e nutrição**

A videira adapta-se bem a uma grande variedade de solos, porém não tolera aqueles muito úmidos e turfosos ou pouco profundos. Os melhores solos são os de textura mediana e com bom teor de matéria orgânica.

As quantidades de nutrientes requeridos pela videira, durante todo o seu desenvolvimento, é um assunto bastante contraditório, pois existem uma série de fatores envolvidos nos processos de extração, translocação e mobilização de nutrientes. Com relação ao solo, pode-se dizer que as características físicas, químicas e biológicas do mesmo podem interferir nas quantidades de nutrientes disponíveis às videiras. A capacidade de extração e translocação de nutrientes do porta-enxerto utilizado é outro fator de suma importância para estimar-se as quantidades de nutrientes requeridos pela cultura. Além disso, têm-se as características próprias do cultivar considerado: idade da cultura, vigor, potencial produtivo, finalidade da produção (mesa ou vinho), tipo de condução e muitos outros aspectos.



**Figura 3.** Influência dos fatores climáticos, edáficos e culturais sobre a fisiologia da videira e a qualidade do vinho (Adaptado de Smart, 1985).

As reservas de nutrientes minerais, especialmente nitrogênio, são importantes para o total desenvolvimento da videira. Presume-se que a maior porcentagem de N requerido para o desenvolvimento de novos ramos é mobilizado das reservas existentes desse nutriente nas estruturas permanentes da videira, predominantemente das raízes. Em plantas jovens, desenvolvidas no campo, Araujo e Williams (1988) encontraram que 14 a 26% do N requerido para o crescimento de novos ramos foi mobilizado de outros órgãos que não as raízes. Em estudo com videira ‘Thompson Seedless’, Mullins et al. (1992), relataram que 15 g de N por videira foi mobilizado das raízes para os ramos, no período entre a brotação e o florescimento, e isto representa 70% do N requerido para os ramos. A quantidade de N mobilizado das raízes, caule e outras estruturas permanentes é dependente da idade das videiras, da época do ano e do estágio de desenvolvimento das plantas.

O potássio é um dos nutrientes minerais mais envolvido na qualidade das uvas, pois, em níveis ótimos, beneficia a coloração das bagas, o seu teor de açúcar e valor de pH, que são atributos importantes na fabricação de vinhos de qualidade. Desta maneira, o fruto constitui o maior dreno para K após o início do desenvolvimento da baga. Muitos estudos têm mostrado que a mobilização do K das folhas para os frutos ocorre se a folhagem é extremamente densa. Tem sido verificado também que pode existir uma pequena redistribuição de K das varas para os cachos. No entanto, a maior parte do K encontrado nos frutos é extraído do solo (Mullins et al., 1992).

A concentração da maioria dos nutrientes minerais nas videiras é mais alta no início do ciclo, diminuindo à medida que as plantas crescem. Williams (1987) e Williams et al. (1987), verificaram um decréscimo na concentração de nutrientes em folhas, ramos e cachos de uva. A diminuição de N parece ser devida ao efeito de diluição, pois o conteúdo total aumentou ou permaneceu constante com o crescimento continuado dos órgãos. A ocorrência da diluição dá-se devido a acumulação de açúcar nas bagas ou ao fato de que os componentes da parede celular das folhas e das varas aumentaram mais do que absorveram nutrientes. As concentrações de K e P também diminuem durante a estação de crescimento.

Os nutrientes minerais podem afetar a capacidade de fotossíntese pelas folhas. A concentração de N nas folhas é linearmente relacionada com a habilidade destas em fixar CO<sub>2</sub> (Williams; Smith, 1985). Isto é esperado por causa da alta concentração de rubisco na folha e da importância desta enzima na regulação do ciclo PCR. Folhas de videiras muitos jovens têm alta concentração de N no limbo (mais de 5% em base de matéria seca), mas elas não possuem altas taxas de fotossíntese. Isto pode ser devido ao fato de que o aparelho fotossintético não está plenamente desenvolvido. A correlação entre N e fotossíntese é positiva somente após as folhas estarem maduras. A taxa fotossintética durante a senescência decresce devido a diminuição do N no limbo foliar. Outros nutrientes minerais tais como o P também afetam a capacidade das folhas em fixar CO<sub>2</sub> (Skinner; Matthews, 1990).

## **8. Polinização e florescimento**

A polinização das flores da videira é um assunto muito questionado. Alguns pesquisadores sugerem que a polinização seja pelo vento, no entanto a estrutura das flores não condiz com tal fato. Em alguns casos, a deiscência dos estames acontece antes da queda da caliptra, sugerindo que a flor esteja polinizada por ocasião da abertura. Pode acontecer também de insetos visitarem as flores no momento da abertura. A alta proporção de plântulas

frágeis, em populações de polinização aberta, sugere que os cultivares *vinifera*, ao contrário de seus progenitores dióicos, são normalmente auto-polinizáveis.

Experimentos demonstraram que a germinação do pólen e o crescimento do tubo polínico são favorecidos por altas temperaturas (27°C/dia e 22°C/noite), e o tubo polínico aparece no final da micrópila do saco embrionário, após 12h da polinização (Rajasekaran; Mullins, 1985). Em decorrência da polinização ser favorecida por altas temperaturas, nas regiões de clima tropical os cachos são muito compactos.

O florescimento em videiras maduras é um processo que, normalmente, desenvolve-se em três etapas. A primeira etapa é a formação do primórdio não diferenciado pelos ápices das gemas laterais especializadas (gemas latentes) nos ramos do ciclo corrente. Depois, o primórdio não diferenciado desenvolve o primórdio da inflorescência ou o primórdio da gavinha e, em seguida, as gemas latentes entram em dormência. Em algumas circunstâncias, o primórdio não diferenciado produz ramos em vez de gavinhas ou inflorescências. Finalmente, a formação das flores oriundas do primórdio da inflorescência ocorre por ocasião da brotação das gemas no ciclo seguinte (Mullins et al., 1992).

## 9. Desenvolvimento dos frutos

O desenvolvimento físico dos frutos é medido através de curvas de crescimento que, para as bagas de uvas, representam uma curva sigmóide dupla, sendo identificadas três fases bem definidas:

**Fase 1** - Após a antese, as bagas crescem rapidamente em tamanho e peso. Esta fase é caracterizada pelo crescimento acentuado das sementes e do pericarpo, e um pequeno desenvolvimento do embrião. A divisão celular no pericarpo cessa no período de três semanas após a antese, seguindo-se a fase de expansão celular. Durante este estágio, as bagas duras e verdes, pela presença das clorofilas a e b, acumulam ácidos orgânicos. Esta fase dura, em média, 40 a 60 dias, em condições de clima tropical, sendo variável com o cultivar em estudo;

**Fase 2** - É caracterizada por um lento crescimento do pericarpo e pela maturação das sementes, que apresentam um rápido desenvolvimento dos embriões. O conteúdo de clorofila, e as taxas de fotossíntese e respiração decrescem. Os níveis de ácidos atingem um máximo. As bagas permanecem verdes e duras durante toda esta fase. A duração deste estágio é de 7 a 40 dias, determinando se o cultivar é de maturação precoce, mediana ou tardia;

**Fase 3** - A entrada na fase 3 é marcada pelo amolecimento das bagas e pela mudança de coloração nos cultivares pigmentados. A retomada do crescimento rápido nesta fase deve-se somente a expansão celular. As bagas atingem o máximo em tamanho e amadurecem, diminuindo a concentração em ácidos e aumentando o teor em açúcares. Esta fase dura, em média, de 35 a 55 dias, dependendo do cultivar. A maturação é acelerada sob condições de clima quente e com alta luminosidade.

A acumulação de açúcares nos frutos é devida a atividade fotossintética das folhas e posterior translocação, não sendo, entretanto, registrada nenhuma alteração da taxa fotossintética por ocasião do amadurecimento dos mesmos. A acumulação de açúcares nas bagas representa uma significativa mudança nos padrões de translocação, pois antes do amolecimento e coloração das bagas, os ápices dos ramos são os maiores importadores de fotossintetizados.

As bagas acumulam altas concentrações de hexoses: frutose e glicose, as quais são translocadas das folhas proximais do ramo suporte, e em menor quantidade, dos tecidos de armazenamento para as bagas. A atividade da enzima invertase aumenta por ocasião do amolecimento e coloração das bagas, induzida, talvez, pelo aumento no fluxo de substrato contendo sacarose.

Antes do início da fase de amadurecimento das bagas, o quociente respiratório ( $\text{CO}_2/\text{O}_2$ ) muda de 1,0 - indicando que os carboidratos são a fonte de energia no processo respiratório, para próximo de 1,4 - assinalando que os ácidos carboxílicos são a fonte de energia no processo respiratório durante o amadurecimento.

Nas bagas verdes, o malato é provavelmente sintetizado a partir da sacarose que é translocada para as mesmas, pois a fotossíntese por elas realizada não é suficiente para suprir o seu próprio desenvolvimento. E por ocasião do início da maturação, a capacidade de síntese do malato, a partir da sacarose exógena, decresce muito (Possner et al., 1983).

Após o amolecimento e coloração das bagas, o fluxo do carbono nas bagas segue a via da glicogênese. Evidências disto incluem: uma rápida evolução do  $\text{CO}_2$  proveniente da sacarose em bagas imaturas, mas uma baixa evolução em frutos maduros (Takimoto et al., 1976); a rápida conversão do malato em glicose em frutos amadurecidos, diferente da rápida conversão da glicose em malato nos frutos imaturos; e o rápido declínio na concentração do oxalato, malato e citrato após a entrada em maturação. Estas observações indicam que a principal direção do fluxo de carbono na glicólise é diferente, antes e após o amolecimento e

coloração das bagas. Por ocasião da transição, existe um aumento na atividade das enzimas invertase, sacarose sintetase, sacarose fosfato sintetase e sacarose fosfatase (Hawker, 1969).

### 10. Efeitos de reguladores vegetais

Cenci e Chitarra (1994) aplicaram o ácido naftalenacético (NAA) 100 mg L<sup>-1</sup> associado ao cloreto de cálcio (2%), em pré-colheita de uva 'Niagara Rosada', tende a provocar diminuição na degrana de bagas, comum neste cultivar, após a colheita. O processo de abscisão é um processo de senescência controlado por um balanço hormonal e a aplicação do NAA e do CaCl<sub>2</sub> em videiras parece retardar a senescência dos tecidos, aumentando a resistência à degrana durante a comercialização.

O NAA também tem sido utilizado para a descompactação de cachos (desbaste de bagas) de videiras 'Itália', quando aplicado no pré-florescimento e florescimento na concentração de 5 mg L<sup>-1</sup>. Este fato promove uma maior aeração das bagas, reduzindo a proliferação de bactérias.

As giberelinas estão envolvidas na formação e na determinação do desenvolvimento do primórdio não diferenciado. Quando videiras crescidas em vasos foram tratadas com ácido giberélico (GA3, 3-30 µM), ocorreu uma brotação prematura, o alongamento das gemas latentes e a formação precoce do primórdio não diferenciado. O primeiro primórdio não diferenciado formou-se no segundo e terceiro nó, em vez de formar-se no quarto e quinto nó, como é normal. No entanto, o primórdio não diferenciado formado em plantas tratadas com giberelina deram origem somente às gavinhas, enquanto que a formação de primórdio de inflorescência foi inibida. Em contrapartida, a formação do primórdio não diferenciado e o alongamento das gavinhas foi suprimido pelo uso de chlormequat, um inibidor da biossíntese das giberelinas.

A ação das giberelinas no florescimento varia com o estágio de desenvolvimento da gema latente. No início da formação do primórdio não diferenciado, a giberelina atua como uma promotora do florescimento, pois este processo de formação requer giberelina. Mais tarde, a giberelina induz o primórdio não diferenciado a formar gavinhas (Mullins et al., 1992).

A giberelina (40 mg L<sup>-1</sup>), aplicada após a floração, aumenta o tamanho do cacho, descompacta o mesmo e melhora a sua aparência (Rosenberg, 1981; Peruzo, 1995). Este regulador vegetal também possui a capacidade de realizar uma apirenia parcial nas bagas, quando aplicado logo após a antese.

As citocininas estão envolvidas com o controle de muitos aspectos da reprodução da videira, entretanto o mecanismo pelo qual elas atuam é pouco conhecido. É possível que este hormônio vegetal esteja associado com a partição de assimilados, uma vez que tem sido demonstrado, em *Vitis vinifera*, que as citocininas mobilizam, em grande intensidade, assimilados para o local de aplicação (Mullins et al., 1992).

O etileno parece estar envolvido com o desenvolvimento de coloração dos frutos, uma vez que a aplicação de ethephon (ácido (2-cloroetil) fosfônico), um liberador de etileno, causa aumentos no acúmulo de antocianinas nos cultivares de bagas coloridas (Mullins et al., 1992). O ethephon 250 mg L<sup>-1</sup>, aplicado na época em que as bagas começam a amolecer e/ou colorir, adianta a maturação em 16 dias quando comparado com bagas não tratadas (Castro; Fachinello, 1993).

Decréscimos na concentração de auxinas e aumentos na concentração do ácido abscísico (ABA) estão correlacionados com o início do amadurecimento das bagas. Em geral, o crescimento das bagas é insensível a aplicações exógenas de auxinas, com exceção do ácido 4-clorofenoxiacético, o qual aumenta o crescimento das uvas apirênicas. Aplicações de ABA aceleram a acumulação de açúcares.

Miele e Dall'Agnol (1994), estudando dois ciclos vegetativos de videiras cultivar Trebbiano, verificaram que a cianamida hidrogenada (1 a 3%), aplicada durante o repouso vegetativo, resultou em antecipação e uniformização da brotação, tendo também diminuído a dominância apical. Esse fato é relevante para antecipar a comercialização das uvas produzidas.

O daminozide - um retardador de crescimento - possui efeito sobre videiras. Sua aplicação, antes ou durante o florescimento, resulta em aumento na fixação e na produção de frutos. Este regulador vegetal, provavelmente, reduz o crescimento vegetativo, permitindo uma maior disponibilidade de nutrientes para o crescimento do fruto (Castro; Fachinello, 1993).

## Referências

AHMEDULLAH, M.; HIMELRICK, D.G. Grape management. GALLETTA, J.; HIMELRICK, D. (Ed.). **Small fruit crop management**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1990. p. 383-471.

ARAUJO, F.J.; WILLIAMS, L.E. Dry matter and nitrogen partitioning and root growth of young field-grown Thompson Seedless grapevines. *Vitis*, Siebeldingen, v. 27, p. 21-32, 1988.

CASTRO, P.R.C. e; FACHINELLO, J.C. **Aplicações de reguladores vegetais em fruticultura**. Piracicaba: ESALQ; CENA, 1993. 43 p. (Boletim Técnico, 2).

CENCI, S.A.; CHITARRA, M.I.F. Controle da abscisão pós-colheita de uva Niagara Rosada *Vitis (labrusca L. x vinifera L.)*: mecanismos decorrentes da aplicação de ANA e cálcio no campo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 16, n. 1, p. 146-155, 1994.

FREEMAN, B.M.; SMART, R.E. Research note: a root observation laboratory for studies with grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 27, p. 36-39, 1976.

HAWKER, J.S. Changes in the activities of malic enzyme, malate dehydrogenase, phosphopyruvate carboxylase and pyruvate decarboxylase during the development of a non-climacteric fruit (the grape). **Phytochemistry**, Oxford, v. 8, n. 1, p. 19-23, 1969.

KLIEWER, W.M. **Grapevine physiology**: how does a grapevine make sugar? Berkeley: University of California; USDA, Cooperative Extension, 1981. 13 p.

MAGOON, C.A.; DIX, I.W. Reaction of grapes vines to winter temperatures as related to their dormancy requirements. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 42, p. 407-412, 1943.

McKENRY, M. V. Grape root phenology relative to control of parasitic nematodes. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 35, p. 206-211, 1984.

MIELE, A.; DALL'AGNOL, I. Efeito da cianamida hidrogenada na quebra de dormência da videira cv. Trebbiano submetida a dois tipos de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 16, n. 1, p. 156-165, 1994.

MORTENSEN, J. Breeding grapes for Central Florida. **Horticultural Science**, Wallingford, v. 6, n. 2, p.149-153, 1971.

MULLINS, M.G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L.E. **Biology of grapevine**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 239 p.

PERUZO, E.L. Efeitos do ácido giberélico e anelamento dos ramos produtivos na cv. de uva de mesa Rubi Seedless. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 5., Lavras, 1995. **Resumos...** Lavras: SBFV; UFLA, 1995. p. 10.

POSSNER, D.; RUFFNER, H.P.; RAST, D.M. Regulation of malic acid metabolism in berries of *Vitis vinifera*. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 139, p. 117-122, 1983.

RAJASEKARAN, K.; MULLINS, M.G. Somatic embryo formation by cultured ovules of Cabernet Sauvignon grape: effects of fertilization and of the male gametocide toluidine blue. **Vitis**, v. 24, p. 151-157, 1985.

RODRIGUES, M.L. et al. Osmotic adjustment in water stressed grapevine leaves in relation to carbon assimilation. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 20, p. 309-21, 1993.

- ROSENBERG, G. Aplicacion de acido giberelico en uvas Sultanina. **Revista Frutícola**, Santiago, v. 2, n. 3, p. 19-22, 1981.
- SCHNEIDER, C. Introduction à la ecophysiologie viticole: application aux systèmes de conduite. In: JOURNÉES GESCO, 4., 1989, Bordeaux. Bordeaux: INRA, 1989. p. 48-65.
- SEPULVEDA, G.; KLIWER, W.M. Stomatal response of three grapevine cultivars to high temperature. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 37, p. 44-52, 1986.
- SKINNER, P.; MATTEWS, M.A. A novel interaction of magnesium translocation with a supply of phosphorus to roots of grapevines, *Vitis vinifera* L. **Plant Cell and Environment**, Amsterdam, v. 13, p. 821-826, 1990.
- SMART, R.E. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality: a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 36, p. 230-9, 1985.
- TAKIMOTO, K.; SAITO, K.; KASAI, Z. Diurnal changes of tartrate dissimilation during the ripening of grapes. **Phytochemistry**, Oxford, v. 15, n. 8, p. 927-30, 1976.
- VAN ZYL, J.L. Response of Colombard grapevines to irrigation as regards quality aspects and growth. **South African Journal of Enology and Viticulture**, Stellenbosch, v. 5, p. 19-28, 1984.
- WALHEIN, L.; STEBBINS, R.L. **Western fruit berries and nuts**. Tucson: H.P. Books, 1981. 192 p.
- WILLIAMS, L.E. Growth of Thompson Seedless grapevines: I. Leaf area development and dry weight distribution. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 112, n. 3, p. 325-30, 1987.
- WILLIAMS, L.E.; SMITH, R.J. Net CO<sub>2</sub> assimilation rate and nitrogen content of grape leaves subsequent to fruit harvest. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 110, n. 9, p. 846-50, 1985.
- WILLIAMS, L.E.; BISCAY, P.J.; SMITH, R.J. Effect of interior canopy defoliation on berry composition and potassium distribution of Thompson Seedless grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 38, p. 287-92, 1987.