



Departamento de Hidráulica e Saneamento

— Júlia Fonseca C. Andrade  
Cleyse Kelly B. Nunes  
Igor Matheus Benites  
Ana Maria R. C. de Castro  
Valdir Schalch

# Reciclagem e Tratamento

Contribuições científicas em resíduos sólidos:  
compilação de estudos do NEPER



Volume 3

## COORDENADOR

**Prof. Sênior Valdir Schalch**

Professor Sênior do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

## EDIÇÃO E ARTE

**Júlia Fonseca Colombo Andrade**

Doutoranda em Engenharia Hidráulica e Saneamento (EESC/USP)

**Cleyse Kelly Barbosa Nunes**

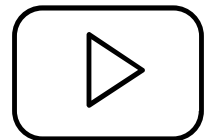
Mestranda em Engenharia Hidráulica e Saneamento (EESC/USP)

**Igor Matheus Benites**

Doutorando em Engenharia Hidráulica e Saneamento (EESC/USP)

**Ana Maria Rodrigues Costa de Castro**

Doutoranda em Engenharia Hidráulica e Saneamento (EESC/USP)



[neper.shs.eesc.usp.br](http://neper.shs.eesc.usp.br)

O conteúdo dos resumos compilados nessa obra é de inteira responsabilidade dos autores e não sofreu correção dos editores.

Escola de Engenharia de São Carlos  
Universidade de São Paulo  
Av. Trabalhador São-Carlense, 400  
São Carlos - SP

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA  
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,  
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues  
Fontes da EESC/USP

R297      Reciclagem e tratamento / Autores : Júlia Fonseca  
            C.Andradre, Cleyse Kelly B. Nunes, Igor Matheus  
            Benites... [et al.]-- São Carlos : EESC-USP, 2023.

            [64] p. (Contribuições científicas em resíduos sólidos  
            compilação de estudos do NEPER; 3)  
            ISBN 978-65-86954-31-9

            1. Gestão de resíduos sólidos. 2. Biometanização.  
            3. Compostagem. 4. Coleta seletiva. 5. Tratamento térmico.  
            I. Andrade, Júlia Fonseca C. II. Nunes, Cleyse Kelly B.  
            III. Benites, Igor Matheus. IV. Castro, Ana Maria R. C. de.  
            V. Schalch, Valdir. VI. Título.

**01**

Apresentação e Índice Interativo

**02**

Introdução

**03**

Teses de Doutorado

**04**

Dissertações de Mestrado

**05**

Trabalhos de Graduação

**SUMÁRIO**

---

# CAPÍTULO 01

## APRESENTAÇÃO E ÍNDICE INTERATIVO



## APRESENTAÇÃO



Departamento de Hidráulica e Saneamento

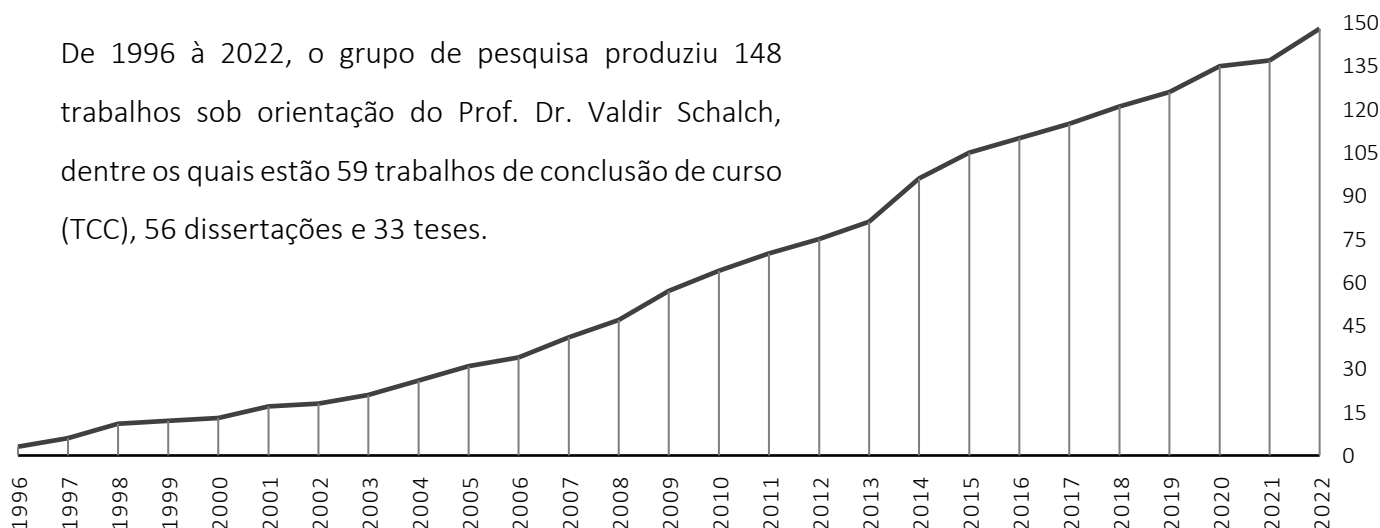
### O NÚCLEO

Criado em 2003, o Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos (NEPER) é um grupo de pesquisa vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Desde sua criação, o grupo é coordenado pelo Prof. Dr. Valdir Schalch, que orientou mais de 140 alunos de pós-graduação e graduação até o ano de 2022.

O NEPER atua em diversas atividades relacionadas com gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, como: pesquisas e estudos sobre redução, reutilização, reciclagem, recuperação energética e tratamento de resíduos, bem como a disposição final ambientalmente adequada de rejeitos; organização de Simpósios sobre Resíduos Sólidos (SIRS); divulgação científica nas redes sociais; e elaboração e revisão de Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS).

### A PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

De 1996 à 2022, o grupo de pesquisa produziu 148 trabalhos sob orientação do Prof. Dr. Valdir Schalch, dentre os quais estão 59 trabalhos de conclusão de curso (TCC), 56 dissertações e 33 teses.



Com o objetivo de celebrar o vigésimo aniversário do NEPER em 2023 e promover a disseminação do conhecimento científico na área de resíduos sólidos, foi elaborada esta compilação abrangendo todos os estudos realizados pelo grupo que resultaram em TCC, dissertação ou tese. A compilação está organizada em quatro volumes, cada um deles abordando uma área crucial da gestão de resíduos sólidos, mostrados no Quadro 1.

Temas e número de trabalhos incluídos em cada volume

Volume	Temas incluídos	Número de trabalhos*
Diagnóstico, planejamento e gestão	Estudos de caracterização e diagnóstico; planos; políticas; análise financeira; avaliação da gestão; eventos sustentáveis.	64
Economia circular	Logística reversa; coleta seletiva; triagem; reciclagem; reutilização; redução; prevenção; avaliação de ciclo de vida; educação ambiental; catadores de materiais recicláveis.	28
Reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos	Processos tecnológicos de reciclagem; compostagem; digestão anaeróbia; tratamento de resíduos; recuperação energética.	47
Disposição final	Tratamento de lixiviado; aproveitamento energético em aterros; gerenciamento de áreas contaminadas.	23

\* 14 trabalhos foram incluídos em mais de um volume, por se relacionarem a mais de uma temática.

### AS LINHAS DE PESQUISA

- Economia circular



- Resíduos da Construção Civil

- Geração de energia a partir de resíduos sólidos



- Resíduos de Serviços de Saúde

- Gestão de cadáveres em catástrofes



- Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico

- Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos



- Resíduos sólidos urbanos

- Modelagem matemática e computacional aplicada à gestão e gerenciamento de resíduos sólidos



- Planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos (PMGIRS)

- Reciclagem inclusiva



- Tratamento e disposição de Resíduos Sólidos

O Núcleo teve forte atuação na área de pesquisa sobre resíduos sólidos nas últimas duas décadas. Durante esse período, os pesquisadores do grupo têm se dedicado a diversas linhas de pesquisa, abordando uma ampla gama de temas relacionados à gestão e ao gerenciamento sustentável dos resíduos sólidos.

Uma das linhas de pesquisa de destaque concentra-se na economia circular, um conceito que propõe a transição de um modelo linear de produção e consumo para um modelo circular. Nesse novo paradigma, os resíduos são considerados recursos valiosos e reintroduzidos no ciclo produtivo por meio de práticas de redução, reutilização e reciclagem.

Outra área de estudo abrange a geração de energia a partir de resíduos sólidos. Os pesquisadores investigam tecnologias e processos capazes de converter os resíduos em fontes de energia, como a digestão anaeróbia.

A gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos também são tópicos centrais nas pesquisas realizadas. As investigações abrangem desde a coleta, transporte, armazenamento, triagem, reciclagem, e tratamento dos resíduos, e a disposição final dos rejeitos, até a análise de aspectos ambientais, sociais e econômicos envolvidos. São exploradas ferramentas de gestão, como os planos e a análise do ciclo de vida dos materiais, assim como a implementação de sistemas de coleta seletiva e logística reversa. Paralelamente, a modelagem matemática e computacional é utilizada como ferramentas essenciais para a análise e otimização de sistemas de gestão de resíduos. Essas técnicas permitem simular diferentes cenários e estratégias, proporcionando um embasamento sólido para a tomada de decisões.

As pesquisas também abrangem a reciclagem inclusiva, uma abordagem que busca promover a inclusão social e econômica dos catadores de materiais recicláveis. Além disso, visa-se o fomento à reciclagem e o estabelecimento de cadeias produtivas sustentáveis. No setor da construção civil, os resíduos gerados têm sido objeto de estudo para o desenvolvimento de técnicas e tecnologias que reduzam os impactos ambientais. Busca-se promover a reciclagem de materiais de construção, estabelecer estratégias adequadas de descarte e minimizar a geração de resíduos nesse setor estratégico.

A gestão dos resíduos provenientes de serviços de saúde também é uma preocupação relevante. São desenvolvidas pesquisas com o objetivo de definir práticas adequadas de segregação, tratamento e destinação desses resíduos, evitando riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Da mesma forma, os resíduos gerados nos processos de tratamento de água, esgoto e demais serviços de saneamento básico são objeto de estudo. A análise e a implementação de práticas adequadas de



gestão são fundamentais para minimizar os impactos ambientais e garantir a eficiência desses serviços essenciais.

As pesquisas também se dedicam aos resíduos sólidos urbanos, que são gerados nas áreas urbanas. O foco vai desde a coleta e transporte dos resíduos até sua destinação final adequada. O objetivo é reduzir o volume de resíduos destinados aos aterros sanitários, promovendo práticas sustentáveis de gestão. Outra área de atuação é a elaboração, implementação e avaliação de Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Esses planos têm como objetivo promover uma gestão eficiente e sustentável dos resíduos sólidos em nível local. Isso envolve a definição de estratégias, metas e ações para a coleta seletiva, reciclagem, tratamento, disposição final e conscientização da população.

As pesquisas realizadas pelo grupo também abordam tecnologias e métodos de tratamento de resíduos sólidos. São explorados processos físicos, químicos e biológicos para o tratamento adequado dos resíduos. Além disso, são buscadas alternativas seguras e adequadas para a disposição final dos resíduos, a fim de minimizar os impactos ambientais.

Em suma, o grupo de pesquisa tem se dedicado, ao longo dos últimos 20 anos, a diversas linhas de estudo relacionadas aos resíduos sólidos. Por meio de uma abordagem abrangente e multidisciplinar, busca-se o desenvolvimento de soluções inovadoras, estratégias eficazes e políticas sustentáveis para a gestão responsável desses resíduos. O objetivo final é promover a transição para um modelo mais sustentável e circular de gestão, minimizando os impactos negativos e contribuindo para a construção de um futuro mais consciente e ambientalmente responsável.

## ÍNDICE INTERATIVO

O índice interativo busca classificar os trabalhos apresentados nesse volume conforme a tipologia de resíduos a qual o estudo está relacionado. As tipologias aqui listadas seguem a classificação quanto à origem apresentada no Art. 13º da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei no 12.305/2010. Além disso, foi proposta uma categoria específica para a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. Ressalta-se que alguns trabalhos se enquadram em mais de uma categoria.

Tipologia de resíduo	Página do Estudos									
Resíduos orgânicos	17	21	24	26	29	31	32	33	35	36
	37	40	41	43	44	45	46	47	48	
	52	53	55	57	58	60	61	62	63	
Resíduos sólidos urbanos	28	32	49	50	51	54	59			
Resíduos da construção civil	18					27				
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	20	26	30	33	38	39	41	53		
Resíduos de serviços de saúde	23									
Resíduos industriais	16			34			64			
Resíduos agrossilvopastoris	19									

# CAPÍTULO 02

## | INTRODUÇÃO



## RECICLAGEM E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

O presente volume, intitulado "Reciclagem e Tratamento de Resíduos Sólidos", é um compêndio de estudos relevantes e abrangentes relacionados à temática dos resíduos sólidos. Os trabalhos aqui reunidos são resultados de pesquisas conduzidas por alunos orientados pelo Professor Valdir Schalch, proporcionando uma visão holística sobre a gestão integrada desses materiais.

Cada estudo contido neste volume desempenha um papel específico na compreensão e aprimoramento dos sistemas de reciclagem e tratamento de resíduos sólidos. Abrangendo, assim, áreas como a viabilidade técnico-financeira, mapeamento, eficiência e adequabilidade de técnicas, caracterização do material tratado e reciclado e utilização de resíduos em novos materiais. Diversas tipologias de resíduos são abarcadas neste capítulo, sendo 33 trabalhos com resíduos sólidos urbanos ; 4 com resíduos dos serviços públicos de saneamento básico; 4 com resíduos industriais; 2 trabalho com resíduos da construção civil; 1 com resíduos agrossilvopastoris ; 1 com resíduos de serviços de saúde e 3 trabalhos avaliaram conjuntamente resíduos sólidos urbanos e resíduos dos serviços públicos de saneamento básico.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) estabeleceu uma hierarquia de prioridades para a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, no qual deve-se primeiramente visar a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e por fim uma disposição final ambientalmente adequada. Portanto, é de grande importância realizar pesquisas que tenham como objetivo avaliar técnicas de tratamento e reciclagem, além de analisar sua viabilidade econômica, a fim de fornecer orientações precisas para a correta destinação desses resíduos, o que será mostrado neste volume. Para contextualizar o tema, a seguir será apresentado um breve diagnóstico sobre reciclagem e tratamento no Brasil.

### Cenário atual da reciclagem no Brasil

No Brasil, segundo dados do Panorama de Resíduos Sólidos<sup>1</sup>, 75,1% dos municípios apresentam alguma iniciativa de coleta seletiva, todavia essas iniciativas tendem a ser incipientes e não abranger todo o território, resultando em baixas taxas de coleta de materiais recicláveis e sua consequente destinação ambientalmente inadequada. O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), estipulou uma meta de 20% de recuperação de recicláveis secos, em relação à massa

---

<sup>1</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2022. 64 p

total de resíduos sólidos urbanos, em um horizonte de 20 anos, sendo que a taxa atual é de cerca de 3% <sup>2</sup>. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)<sup>3</sup>, em 2020 foram coletados 1,07 milhão de toneladas de resíduos recicláveis secos pela coleta seletiva.

Conforme a composição gravimétrica divulgada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), em seu Panorama dos Resíduos Sólidos de 2020, metal, vidro, plástico, papel e papelão, correspondem em conjunto por 44% dos resíduos sólidos gerados. Já a matéria orgânica corresponde a 45,3%, sendo sua geração per capita anual de aproximadamente 170 kg. Segundo meta do Planares todos os municípios do Brasil devem ter alguma iniciativa de valorização de resíduos orgânicos, como coleta seletiva de orgânicos, compostagem e digestão anaeróbia em escala piloto ou comercial, unidades de tratamento mecânico-biológico, dentre outros, até 2040.



Fonte: ABRELPE, 2020<sup>4</sup>

O Planares também estabelece metas para a reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) classe A, que são aqueles passíveis de reciclagem na forma de agregado. Atualmente apenas 7,06% dos RCC são reciclados, sendo estabelecida uma meta de reciclagem de 25% até 2040.

<sup>2</sup> BRASIL .Ministério do Meio Ambiente .**Plano Nacional de Resíduos Sólidos**, Brasília, DF, 2022

<sup>3</sup> SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico temático Manejo de resíduos sólidos urbanos: Infraestrutura**. Brasília, 2022. 51 p.

<sup>4</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil** . São Paulo, 2020. 52 p

## Desafios da reciclagem no Brasil

A Política Nacional de Resíduos Sólidos define Reciclagem como “processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos”. Portanto, efetivar a reciclagem de um resíduo requer o desenvolvimento de métodos de transformação viáveis do ponto de vista técnico e econômico.

Embora muitos resíduos possuam técnicas que permitiriam sua reciclagem, essa prática frequentemente esbarra em problemas de viabilidade econômica devido à precariedade da cadeia de reciclagem desses materiais. A falta de incentivos fiscais e econômicos para a reciclagem muitas vezes torna mais barato a disposição inadequada dos resíduos do que o investimento em práticas sustentáveis. Isso desestimula a adoção de tecnologias e processos de reciclagem.

Outro desafio enfrentado no Brasil diz respeito à irregularidade da coleta seletiva. Enquanto a coleta convencional é geralmente conduzida por entidades formalmente registradas, com pagamento pelo serviço prestado, a coleta seletiva é frequentemente realizada em muitos municípios brasileiros por catadores informais. Assim, se faz necessário para ampliar as taxas de reciclagem no Brasil, integrar o setor informal de resíduos, garantindo condições de trabalho adequadas, aumentando a eficiência da recolha e melhorando os métodos de reciclagem de resíduos.

### Resíduos sólidos orgânicos

Conforme os dados apresentados pelo SNIS<sup>2</sup>, em 2018 apenas 0,2% dos resíduos orgânicos foram recuperados, sendo essa baixa taxa atribuída à escassez de iniciativas de coleta seletiva que incluam a segregação específica dos resíduos orgânicos. A separação na fonte e a coleta seletiva são grandes gargalos para a eficiência de um sistema de gestão de resíduos, sem os quais reduz-se significativamente a possibilidade de reciclagem tanto dos inorgânicos quanto dos orgânicos.

Atualmente, a maioria dos resíduos orgânicos é coletada junto com outros tipos de resíduos e é direcionada para aterros sanitários e lixões. Isso tem um impacto negativo na emissão de gases do efeito estufa e na redução da vida útil dos aterros. Essa prática não está em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, uma vez que os resíduos orgânicos podem ser reciclados e valorizados. Uma gestão adequada destes resíduos compreende a aplicação de técnicas como a compostagem, vermicompostagem e a biodigestão.

A compostagem é um processo em que os resíduos orgânicos se decompõem de forma aeróbica, com a ajuda de microrganismos. A vermicompostagem, por sua vez, utiliza minhocas para acelerar o processo de compostagem. Ambas as práticas podem ser realizadas em pequena escala, em ambientes domésticos, ou em uma escala maior, em nível municipal. Elas resultam na produção de um composto rico em nutrientes que pode ser usado na agricultura e na recuperação do solo.

A biodigestão, por outro lado, é um processo que decompõe os resíduos na ausência de oxigênio, gerando biogás como subproduto. O metano presente no biogás pode ser usado como combustível para geração de eletricidade e calor. É uma fonte de energia renovável e sustentável que pode reduzir a dependência de combustíveis fósseis.

Essas práticas, quando implementadas de maneira adequada, não apenas reduzem os impactos ambientais, mas também contribuem para a geração de energia renovável e a valorização dos resíduos orgânicos, representando um passo importante em direção a um sistema de gestão de resíduos mais sustentável e eficaz.

### **Tratamento térmico de resíduos**

No contexto da gestão de resíduos sólidos, o tratamento térmico é uma técnica relevante que desempenha um papel fundamental na redução dos impactos ambientais e na busca por soluções eficientes. Tratamentos térmicos como incineração, autoclavagem e micro-ondas são comumente utilizados no Brasil para o tratamento de resíduos de serviços de saúde. A incineração também é utilizada no tratamento de resíduos industriais e em embalagens de agrotóxicos impróprias para a reciclagem.

A incineração contribui para a diminuição da massa e volume de resíduos, tornar os resíduos inertes quimicamente, viabilizar a recuperação de energia e de metais valiosos dos resíduos. No entanto, é crucial que qualquer forma de tratamento térmico seja realizada com rigoroso controle ambiental e de saúde para atender aos padrões de segurança e sustentabilidade estabelecidos. A implementação eficaz dessas técnicas, em conformidade com as diretrizes do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, é essencial para avançar na gestão sustentável dos resíduos sólidos no Brasil.

# CAPÍTULO 03

TESES DE DOUTORADO





## Reciclagem de pó de forno elétrico a arco para a produção de Aglomerado Pré-Fundido (APF) para uso em processo siderúrgico

Araújo, José Alencastro de  
(2014)

O pó de forno elétrico a arco (FEA) é gerado durante a fusão de sucata ferrosa nos fornos elétricos a arco e coletado predominantemente através de filtros de mangas. Esta substância é listada como resíduo sólido perigoso de fonte específica, K061, conforme a Norma ABNT NBR 10004:2004. As maiores empresas siderúrgicas semi-integradas do mundo têm adotado para o tratamento de pó de FEA, fundamentalmente três rotas: a recuperação de zinco e chumbo, através de dois processos complementares, um piro-metalúrgico, o Waelz kiln e outro hidro-metalúrgico, o processo de dupla lixiviação Óxido de Waelz; a inertização através da blendagem com a cal, aditivos e água, de forma a alcançar o pH da mistura >11, o que garante que metais pesados como o chumbo, cádmio e o zinco, presentes no pó de forno elétrico, não possam se tornar solúveis, evitando conseqüentemente, a sua lixiviação e a disposição em aterros industriais de resíduos sólidos perigosos. Sob a perspectiva da sustentabilidade, deve ser considerada a rota da recuperação de zinco e chumbo, que para ser viável necessita reunir a geração de pó de FEA de várias plantas, o que para um país com dimensões continentais pode ser um fator de insucesso. Esse trabalho trata da reciclagem do pó de FEA através do processo de sinterização de um compósito constituído de pó de FEA aglomerado com coque, carepa e fluorita cerâmica em pelotas, aplicável a uma planta unitária. Como resultado deste processo foram obtidos dois coprodutos, o aglomerado pré-fundido, APF, com teor de óxido de ferro superior a 70%, objeto do processo de sinterização e o concentrado de zinco, com teor de óxido de zinco maior que 50%, resultante da volatilização deste metal durante o processo de sinterização e coletado através de filtro de mangas. Complementarmente foi extraído aproximadamente 90% dos óxidos de chumbo e cádmio contidos no pó de FEA inicial. A produção do APF ocorreu em escala experimental dividida em três fases, a primeira fase foi efetuada com oito formulações distintas e comprovou através de análises químicas de espectrometria por fluorescência de raios X e difratometria de raios X, a viabilidade técnica da utilização somente de resíduos sólidos industriais para fabricação do APF. A segunda fase, também com oito formulações, definidas conforme planejamento de experimentos com delineamento fatorial, teve como objetivo identificar os principais efeitos das interações entre os componentes do APF, para obtenção da mistura com formulação ótima. A terceira fase testou a intensidade das variáveis, coque e fluorita cerâmica, para a extração do zinco. As duas primeiras fases dos testes de produção em escala experimental foram realizadas em uma planta piloto de sinterização de fluxo descendente e a terceira fase em uma planta piloto de fluxo ascendente, ambas instaladas na usina ArcelorMittal Piracicaba. O APF, com a formulação ótima, foi produzido em escala industrial na planta de sinterização Metalflexi, também instalada na usina ArcelorMittal Piracicaba, e testado em alto-forno de pequeno porte. O concentrado de zinco foi caracterizado quimicamente para se avaliar o uso em segmentos industriais que utilizem este elemento

**Palavras-chave:** Aglomerado pré-fundido, Pó de forno elétrico a arco, Reciclagem, Resíduo sólido perigoso, Sinterização.

## Caracterização da matéria orgânica de resíduos sólidos orgânicos biodegradáveis e a reprodutibilidade dos métodos utilizados: uma revisão sistemática da literatura

Bianco, Carolina Ibeli  
(2019)

Caracterizar os resíduos sólidos orgânicos biodegradáveis (RSOb) ainda é um desafio, devido a heterogeneidade da amostra e a indisponibilidade de métodos padronizados. O presente trabalho apresenta dois capítulos complementares: no Capítulo 1 foi realizada uma revisão sistemática da literatura a fim de identificar as técnicas analíticas e respectivos métodos que tem sido utilizados na caracterização da matéria orgânica de RSOb, bem como se os métodos tem sido relatados de forma a permitirem a reprodução por outros pesquisadores; no Capítulo 2, o método de demanda química de oxigênio (DQO) modificado e otimizado por Raposo et al. (2008) para amostras sólidas (ou líquidas com elevado conteúdo de sólidos) foi analisado quanto aos custos, tempo de execução, geração de resíduos perigosos e confiabilidade. No Capítulo 1, a partir de 356 documentos selecionados sistematicamente de três bancos de dados, sendo que a maior parte (89%) foram publicações revisadas por pares, verificou-se que a matéria orgânica de RSOb é caracterizada principalmente pelas técnicas analíticas de sólidos totais e/ou voláteis (79%), demanda química de oxigênio total (65%) e nitrogênio total (61%), as quais são determinadas majoritariamente com base em métodos destinados originalmente à análise de amostras líquidas (APHA; AWWA; WPCF foi a referência mais citada para essas três técnicas analíticas). Além da comprovação da ausência de métodos padronizados para a caracterização de amostras orgânicas, visto a variação de métodos empregados para a mesma técnica analítica (entre 5 e 58 métodos diferentes), as informações fornecidas pelos autores em relação aos métodos utilizados na caracterização da matéria orgânica de RSOb são, em sua maioria, insuficientes para que sejam reproduzidos (menos de 50% dos documentos citaram/descreveram os métodos de forma a permitir sua reprodução para 13 das 16 técnicas analíticas analisadas). No Capítulo 2, o método de Raposo et al. (2008) caracterizou-se como uma alternativa para a determinação da DQO em amostras sólidas com um custo estimado por amostra de aproximadamente 7 reais (ou 5 euros), tempo total de execução (preparo das soluções reagentes, digestão e titulação da amostra) estimado em 10 horas, sendo que a maior geração de resíduo perigoso é advindo da prova do branco (142 mL/prova). O método mostrou-se confiável para a determinação da DQO das duas amostras sólidas testadas (farinha de grão de bico e celulose), com recuperação de 100% quando comparada à DQO teórica.

**Palavras-chave:** Análise físico-química de amostra sólida; Demanda química de oxigênio; (DQO); Protocolo de revisão sistemática; Substrato heterogêneo; Valorização de resíduo sólido orgânico.

## Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD

Cabral, Antônio Eduardo Bezerra  
(2007)

A realização de uma eficiente gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um desafio ao meio técnico-acadêmico e administrativo das grandes cidades. Os resíduos de construção e demolição (RCD) consistem em uma importante parcela dos RSU, em função do volume dos mesmos se é gerado e dos danos que estes podem trazer ao meio-ambiente. A reciclagem dos RCD tem sido uma solução adotada no gerenciamento dos mesmos, sendo em sua grande maioria voltada para a produção de agregados reciclados, em função do grande volume de agregados que são usados pela indústria da construção civil. Entretanto, a grande variabilidade apresentada na composição desses agregados é uma das barreiras na difusão do uso dos mesmos como matéria-prima alternativa na confecção de concretos. Com o intuito de contribuir nesta área de conhecimento, através dos resultados obtidos em um programa experimental baseado em um projeto fatorial fracionado composto de segunda ordem, que contempla a produção de concretos com os três principais componentes do RCD (concreto, argamassa e cerâmica vermelha), modelou-se o comportamento da resistência à compressão ( $f_c$ ), do módulo de deformação ( $E_c$ ), da retração por secagem ('épsilon') e do volume de poros permeáveis (VPP) dos concretos produzidos, ao se variar o teor de substituição dos agregados naturais pelos reciclados e a relação água/cimento. Os resultados indicam que com exceção da resistência à compressão para o concreto confeccionado com o agregado miúdo reciclado de cerâmica vermelha, a substituição dos agregados naturais pelos reciclados minora o desempenho dos concretos para todas as propriedades estudadas. Observou-se também que a substituição do agregado miúdo natural pelos miúdos reciclados influencia mais no desempenho dos concretos, sobre as propriedades estudadas, que a substituição dos agregados graúdos naturais pelos graúdos reciclados. Ao se validar os modelos propostos para a  $f_c$  e para o  $E_c$ , utilizando dados provenientes de outros autores, observou-se que tais modelos descrevem muito bem o comportamento das propriedades, embora não tenham produzido valores semelhantes aos publicados originalmente. Simulou-se também, utilizando os modelos propostos, o uso dos agregados reciclados de RCD de algumas cidades brasileiras na fabricação de concretos, sendo que, de uma maneira geral, percebeu-se uma grande viabilidade no uso dos mesmos, uma vez que os concretos simulados ainda atingiram consideráveis  $f_c$  e  $E_c$ , principalmente quando se utilizou o agregado miúdo. Classificaram-se também os concretos quanto à durabilidade baseando-se nos acréscimos do VPP para com o concreto de referência de relação  $a/c=0,46$ , sendo que a classificação encontrada sugere que os concretos com elevados teores de substituição não possuem um bom desempenho com relação à sua durabilidade, sendo a substituição de pequenos teores dos agregados miúdos mais recomendada. De uma maneira geral, pode-se concluir que é possível utilizar agregados reciclados, considerando-se as variabilidades dos mesmos, na produção de concretos com desempenho mecânico e durabilidade satisfatórios, dentro das condições estudadas..

**Palavras-chave:** Agregados reciclados; Concreto com agregados reciclados; Durabilidade; Modelagem; Propriedades mecânicas; Resíduos perigosos; RCD; Reciclagem; Resíduos Sólidos .

## Desenvolvimento e caracterização de compósitos produzidos a partir da reciclagem dos resíduos de café para uso na construção civil

Caetano, Juliana Argente  
(2021)

Os resíduos agrossilvopastoris, se dispostos de maneira inadequada, são fontes de impactos ao meio ambiente por meio da adição excessiva de matéria orgânica no solo e na água e, se queimados, geram gases poluentes que intensificam o efeito estufa. O Brasil é o maior produtor e exportador de café e o maior consumidor do produto no mundo, como consequência, a geração de resíduos sólidos do beneficiamento do café no país é bastante significativa. Estima-se uma geração de aproximadamente 4 milhões de toneladas de resíduos do café no Brasil em 2020. Por isso, esse trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um material compósito, na forma de painel de partículas aglomeradas, utilizando o resíduo agrossilvopastoril casca de café e a resina poliuretana de óleo de mamona para sua utilização na construção civil. Esse material compósito pode agregar valor econômico ao resíduo, evitar disposições inadequadas e atender à crescente demanda da indústria de painéis de madeira. Foram confeccionados compósitos com cascas de café provenientes dos processos de beneficiamento do fruto cafeeiro por via seca e por via úmida, com a adição das fibras vegetais de juta, coco e sisal. Os compósitos foram caracterizados com relação as suas propriedades mecânicas na flexão estática e físicas de granulometria e umidade. A composição com a fibra de sisal se mostrou mais adequada para a produção do compósito. Dessa forma, foi realizado um estudo com novas composições através de um planejamento fatorial com diferentes composições de resina, presença ou ausência de fibras de sisal, casca de café obtida pela via seca e diferentes parâmetros de produção: temperatura e pressão. As propriedades aferidas nessa etapa foram de adesão interna, módulo de elasticidade e módulo de ruptura na flexão estática, absorção de água, inchamento em espessura e densidade aparente. Suas propriedades térmicas e acústicas também foram aferidas e foi obtido o coeficiente de absorção sonora e a condutividade térmica desses novos painéis produzidos. Os resultados experimentais obtidos foram promissores e o compósito demonstrou potencial de aplicação na construção civil para ser utilizado como móveis, forros, divisórias, placas termo acústicas e elemento de vedação não estrutural para ambientes internos. Ademais, com o intuito de determinar os efeitos ambientais causados pelos resíduos gerados no processamento dos grãos de café, esse trabalho também teve como objetivo a classificação dos resíduos sólidos gerados nos cultivos cafeeiros pela normalização brasileira, que os classifica em perigosos ou não perigosos e ainda os resíduos não perigosos são classificados em não inertes ou em inertes. Como resultado, os resíduos sólidos receberam a classificação II-A, não perigoso e não-inerte.

**Palavras-chave:** Construção civil; Materiais compósitos; Painéis de partículas; Resíduos agrossilvopastoris; Resíduos de café.

## Lodo de esgoto em plantações de eucalipto: carbono, nitrogênio e aspectos defotossíntese

Lira, Ana Cláudia Silva de  
(2006)

O tratamento de esgoto gera um resíduo, o lodo de esgoto, que tem potencial para promover o crescimento de plantas e aumentar a produtividade de cultivos. O objetivo geral do trabalho desenvolvido foi avaliar como esse resíduo aplicado em plantações de eucalipto altera os estoques de C e N, aspectos do processo fotossintético, da área e nutrientes foliares. O estudo foi conduzido na estação experimental de Itatinga - ESALQ/USP, com aplicação de doses até 40 t/ha de biossólido para cultivo de *Eucalyptus grandis*. Considerando a biomassa total acima do solo, os eucaliptos que receberam 10 t/ha de biossólido + K e P mineral (10+KP) e adubação mineral completa (AD) produziram, em média, 107,5 t/ha, 63% a mais do que a testemunha; além de maiores valores de conteúdo de C e N na biomassa. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para os conteúdos totais de C ( $F = 1,3450$ ;  $p = 0,3096$ ), N ( $F = 1,2183$ ;  $p = 0,3536$ ) e conteúdo de N mineral ( $F = 0,5192$ ;  $p = 0,7218$ ) no solo. Apenas o C do solo determinado por oxidação úmida foi alterado. A dose de 10 t/ha propiciou aumentos no C Walkley e Black em relação às maiores doses, mostrando que o desenvolvimento das árvores é mais importante para propiciar entradas de material orgânico no sistema do que a própria aplicação do biossólido. A utilização de biossólido alcalino, em superfície, propiciou baixas taxas de decomposição aos 5 anos após aplicação e não contribuiu para aumentar os estoques totais de C e N no solo. Os eucaliptos que receberam nutrientes, seja pela adubação mineral, seja pela aplicação de biossólido apresentaram maior área foliar. A diferença entre o maior IAF (4,3), do tratamento 40+K, e o controle superou uma unidade. As doses de biossólido polimerizado foram correlacionadas positivamente com os teores foliares de N, P, S, e Zn e com a clorofila do eucalipto com 3 meses de idade. Esse biossólido pode aumentar a fotossíntese líquida, quando as medições são realizadas no período da manhã, sendo também capaz de promover aumentos na eficiência do uso da água e no desenvolvimento de eucaliptos jovens.

**Palavras-chave:** Área foliar; Biossólido; *Eucalyptus grandis*; Nutrientes; Sequestro de C

Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares

Massukado, Luciana Miyoko  
(2008)

A presente pesquisa teve como objetivos desenvolver o processo de compostagem dos resíduos sólidos, previamente separados na origem e, propor um software livre para o gerenciamento municipal de resíduos sólidos domiciliares. O processo de compostagem se desenvolveu em uma unidade descentralizada experimental, localizada no município de São Carlos, com capacidade para tratar 4 t/mês de resíduos orgânicos. A análise da qualidade do composto foi realizada segundo parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Os resultados indicaram que o composto atende à maioria dos limites estabelecidos pela legislação brasileira, principalmente, com relação à concentração de metais pesados (Cd < 0.5, Pb = 1.3, Cr = 17.4, As < 0.5, Hg < 0.5, Se < 0.5 e Ni = 0.8, em mg/kg) e presença de organismos patogênicos. No entanto, quando esse composto foi submetido a ensaio ecotoxicológico teste agudo em minhocas da espécie *Eisenia andrei* - constatou-se toxicidade do mesmo, com taxas de mortalidade significativas ( $P < 0.05$ ) a partir da concentração de 16% de composto em solo artificial tropical (TAS), o que significa uma dose de 60 t/ha. A alta condutividade elétrica do composto ( $CE = 7,48 \text{ mS/cm}$ ) foi considerada a responsável pela toxicidade do mesmo, uma vez que os teores de metais pesados estiveram muito abaixo dos limites estabelecidos pela legislação. O software livre desenvolvido nesta pesquisa foi denominado SIMGERE - simulação para a gestão de resíduos sólidos - que permite ao usuário simular a vida útil do aterro sanitário a partir da proposição de diferentes cenários de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares. Como estudo de caso aplicou-se o SIMGERE para estimar a vida útil do novo aterro sanitário de São Carlos/SP a partir da simulação de 27 cenários, nos quais foram alteradas as taxas de produção per capita de resíduos (0; 0,5 e 1,0% a.a.), a eficiência da central de triagem (0,5 e 10% a.a) e da unidade compostagem (0,5 e 10% a.a). Os resultados das simulações apontaram uma vida útil variando entre 17 (pior cenário) e 20 anos (melhor cenário). Pode-se inferir pelas simulações que a variação na produção per capita teve maior influência na vida útil do aterro do que a variação na eficiência da central de triagem e da unidade de compostagem. Esse resultado reforça a importância de se realizar investimentos em campanhas de conscientização da população para reduzir a geração de resíduos.

**Palavras-chave:** Compostagem de resíduos urbanos; Ensaio ecotoxicológico; Gerenciamento de resíduos; Qualidade do composto; SIMGERE; Software livre.

Seleção de fronteiras para análise de ciclo de vida de sistemas que emitem poluentes tóxicos de chaminés

Matos, Stelvia Vigolvinio  
(2002)

Este trabalho desenvolve um método de seleção de fronteiras para Análise de Ciclo de Vida (ACV) de sistemas que emitem componentes tóxicos. Isto envolve o desenvolvimento de um modelo de predição de concentração e dose de poluentes emitidos de chaminés, que tem a vantagem de ser simples e não requerer grande número de dados de entrada. Esse modelo e mais os dados de valoração econômica de danos ambientais disponíveis na literatura, compõem o modelo geral de estimativa de custos devido à emissão de poluentes, ou seja, a Análise de Custos em Ciclo de Vida (ACCV). O modelo geral é então usado para definir as fronteiras do sistema de ACCV. Demonstra-se a aplicação do novo método em um ciclo de vida hipotético de produção de celulose

**Palavras-chave:** Análise de ciclo de vida; Custo de externalidades; Seleção de fronteiras.

## Proposta metodológica e avaliação da inativação de endósporos de *Geobacillus stearothermophilus* no tratamento de resíduos de serviços de saúde por autoclavagem

Oliveira, Amanda Borges Ribeiro de  
(2017)

Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), ainda que tratados e dispostos em aterros sanitários, podem ser causas de impactos ambientais por apresentarem algum indicador de periculosidade. Segundo o apêndice IV da Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) RDC nº 306/2004, para as tecnologias de tratamento desses resíduos é necessário que se atinja pelo menos o Nível III de inativação microbiana. Diante da ausência de dados na literatura que revelassem o tempo de exposição, temperatura e pressão ideais para a inativação microbiana no tratamento de RSS por autoclavagem e se a fração ocupada dos resíduos na autoclave poderia interferir na eficiência da desinfecção definiu-se o objetivo do trabalho para otimização do processo. Para os testes foram utilizados endósporos de *Geobacillus stearothermophilus* como bioindicadores e instalados cinco termopares na autoclave para aferição da temperatura dentro de todo o espaço da câmara. O RSS foi sintetizado diante das caracterizações como composição gravimétrica, distribuição granulométrica, densidade específica aparente, massa específica aparente e teor de umidade. Apresentou-se uma proposta metodológica para a avaliação do tratamento de RSS frente às dificuldades encontradas. Realizou-se ensaios com 116°C, 125°C e 134°C, observando a fração de inativação em seis tempos de exposição diferentes. Sabendo-se que é padronizada em estabelecimentos de saúde a temperatura ideal para esterilização de materiais de 121°C, apesar de não terem sido encontrados trabalhos científicos que comprovem a eficiência da esterilização nessa circunstância, foram realizados testes a 50 e 60 minutos de exposição para avaliar essa condição. Inoculou-se 10<sup>6</sup> endósporos nas amostras e a recuperação foi feita com filtração após a lavagem dos resíduos, sendo realizada a técnica de pour plate para contagem das unidades formadoras de colônias (UFC). O mesmo procedimento foi feito com a amostra retirada da autoclave. A fração de inativação dos endósporos atingiu 100% no tempo de 30 minutos de exposição à temperatura máxima de 134°C e pressão absoluta de 2,3 kgf/cm<sup>2</sup>, resultado obtido através da relação do número de micro-organismos recuperados considerados como inoculados e o número de micro-organismos sobreviventes ao tratamento. A 121°C houve recuperação de UFC após tratamento. A fração de ocupação não foi um fator delimitante para a inativação de endósporos, pois a temperatura se manteve a mesma independentemente da quantidade de resíduo submetido à autoclavagem. Um outro objetivo era avaliar experimentalmente a reprodução dos micro-organismos frente às condições operacionais de autoclavagem e do tempo de permanência do rejeito em condições ambientais. Esse estudo comprovou que a inativação nessas condições otimizadas esteriliza o resíduo, sendo que nenhum micro-organismo voltou a se reproduzir após dias expostos em temperatura ambiente, ou seja, não haveria riscos de contaminação em aterro sanitário quando depositados os rejeitos. Ter encontrado essas condições ideais e avaliado o processo de autoclavagem pode significar um grande avanço nas próprias unidades de tratamento, que terão um parâmetro estabelecido para trabalho.

**Palavras-chave:** Desinfecção e esterilização de resíduos; *Geobacillus stearothermophilus*; Inativação microbiana; Resíduos de Serviços de Saúde; Tratamento de resíduos por autoclave



**Análise de substratos e parâmetros de controle para vermicompostagem de resíduos sólidos urbanos**

Sartori, Hiram Jackson Ferreira  
(1998)

A técnica de vermicompostagem foi aplicada, de forma experimental, para escolha de matérias-primas e parâmetros de controle que possibilitem o seu aprimoramento e a sua apropriação como técnica de tratamento de resíduos sólidos. A investigação foi conduzida a partir da aplicação do processo em canteiros idênticos, preenchidos com diferentes substratos. Os substratos utilizados foram obtidos pela mistura, em diferentes proporções, entre fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, composto orgânico de resíduos sólidos urbanos, serragem, palhada e esterco de gado bovino. Os materiais foram analisados, quanto às suas características granulométricas, nutricionais e microbiológicas, antes e depois de serem submetidos ao processo de vermicompostagem. O processo de vermicompostagem das misturas empregadas, comportou-se em parte como o processo de minhocultura, e em parte como o processo de compostagem, demonstrando poder ser controlado pela interpretação da variação dos valores dos parâmetros de controle, normalmente empregados nos dois processos citados.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos.



# CAPÍTULO 04

| DISSERTAÇÕES DE MESTRADO



Caracterização da comunidade procarionte presente no tratamento anaeróbio da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos em conjunto com serragem e lodo de esgoto

Bianco, Carolina Ibelli  
(2015)

Na presente pesquisa, utilizou-se a técnica molecular de Eletroforese em Gel de Gradiente Desnaturante (DGGE) e microscopia óptica (contraste de fase e fluorescência) para caracterizar a comunidade procarionte estabelecida em quatro biometanizadores de 50 L e em três biometanizadores de 5 L, cujo substrato principal foi a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU) acrescida de serragem (12% nos biometanizadores de 50 L e 20% nos de 5 L) e lodo de esgoto (9% e 18% nos biometanizadores de 50 L; 40% e 60% nos de 5L). Pela análise do perfil das bandas de DGGE, verificou-se uma alteração na estrutura da comunidade de bactérias presentes no chorume dos biometanizadores de 50 L entre 60 e 120 dias de operação, período caracterizado pelo acúmulo de ácidos graxos voláteis, consumo crescente de alcalinidade, queda de pH e aumento da demanda química de oxigênio, resultando na baixa remoção de sólidos totais voláteis e na ausência de metano no biogás. Pela análise de microscopia de fluorescência, não foram detectadas metanogênicas em nenhuma das amostras de chorume dos biometanizadores de 50 L, sendo que as principais morfologias e formas de agrupamento visualizadas foram: bacilo, diplobacilos, vibrião, espirilo, diplococos e cocos em cadeia. Os biometanizadores de 5 L, por serem inoculados com maiores proporções de lodo de esgoto do que os biometanizadores de 50 L, apresentaram um processo mais equilibrado. Um dos tratamentos de 5 L (ETE 2) obteve a maior similaridade para o domínio Archaea entre o digestato e o respectivo inóculo, demonstrando a adaptação das arqueas exógenas ao substrato principal (FORSU), sendo esse o único tratamento para o qual detectou-se metano no biogás. Os resultados sugeriram que monitorar a comunidade microbiana que se desenvolve e atua no processo de biometanização pode trazer maior sensibilidade e especificidade na detecção e confirmação de instabilidades do sistema, garantindo intervenções somente quando necessário.

**Palavras-chave:** Biometanização mesofílica; Diversidade microbiana; Inoculação.

**Reaproveitamento do resíduo Terra da Shredder através da técnica de solidificação/estabilização em matrizes de cimento Portland para aplicação na construção civil**

Caetano, Juliana Agento  
(2016)

A Shredder é o equipamento para a trituração da sucata ferrosa que permite a reciclagem do aço nas siderúrgicas. A sucata é em sua maioria procedente da reciclagem de veículos de fim de vida. Por isso, esse resíduo é conhecido como ASR (Automotive Shredder Residue). A Terra da Shredder é a fração do ASR de pequena granulometria (<2mm) apresentando o aspecto de solo. Esse resíduo é tratado como rejeito e em sua totalidade destinado aos aterros industriais. O grande volume de resíduo gerado contribui para a saturação dos aterros, provoca impactos ambientais, despense um alto custo de disposição e assim exige o desenvolvimento de tecnologias para seu reaproveitamento. Este trabalho propõe utilizar a Terra da Shredder, resíduo sólido gerado na Shredder localizada em Iracemápolis-SP-BR, em peças de concreto para pavimentação através da técnica de solidificação/estabilização (S/S) em matrizes de cimento Portland. Na primeira etapa do experimento, o resíduo foi classificado como Classe IIA. A segunda etapa consistiu na produção de matrizes compostas com cimento, agregados e água, foram produzidos corpos de prova com os seguintes teores de substituição, em massa, da areia natural pelo resíduo: 5%,10%,15% e 20%. A matriz com o teor de substituição de 20% apresentou uma resistência mecânica compatível com a norma ABNT NBR 9781, por isso foram fabricadas peças de concreto com esse teor de substituição. As peças de concreto apresentaram bom desempenho mecânico, físico e, com exceção do alumínio, fênóis totais e cádmio, as outras substâncias que ultrapassaram os limites de solubilização (ferro total, fluoretos, manganês, selênio, surfactantes) foram encapsuladas pelo cimento, sendo que o cádmio também estava presente em peças de concreto para pavimentação fabricadas apenas com os materiais convencionais, sem o resíduo. Dessa forma, conclui-se que os blocos podem ser utilizados na construção civil.

**Palavras-chave:** Estabilização/Solidificação; Peças de concreto para pavimentação; Resíduos industriais; Terra da Shredder.

Avaliação da eficiência das operações unitárias de uma usina de reciclagem e compostagem na recuperação dos materiais recicláveis e na transformação da matéria orgânica em composto

Castro, Marcus Cesar Avezum Alves de  
(1996)

A crescente conscientização da população sobre os riscos à saúde e ao meio ambiente, em decorrência da disposição inadequada dos resíduos sólidos domiciliares, aliada ao discurso ecológico, tem levado as administrações municipais a reformularem um antigo conceito, ou seja, o de que apenas os serviços de varrição e de coleta têm sido considerados suficientes para a satisfação do poder público. Atualmente, portanto, o gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares constitui-se num dos maiores desafios a serem equacionados pelas administrações públicas. Deste modo, a reciclagem dos materiais, resultantes da coleta seletiva e das usinas de reciclagem e compostagem, assim como a disposição final, são pontos fundamentais na avaliação da gestão administrativa. Neste sentido, o presente trabalho apresenta informações a respeito do sistema DANO, o mais utilizado em nosso país dentre as usinas mecanizadas, fornecendo assim subsídios para sua integração no sistema de limpeza pública brasileiro. O trabalho mostra as caracterizações físicas (composição gravimétrica) dos resíduos sólidos domiciliares destinados à usina e, também, dos rejeitos destinados ao aterro sanitário, identificando, em cada caso, os materiais que apresentam um potencial de reciclagem no mercado atual. Finalmente, avaliam-se as eficiências das etapas do processo de uma usina de reciclagem e compostagem do sistema DANO na recuperação dos materiais recicláveis presentes nos resíduos sólidos domiciliares e, também, na transformação da matéria orgânica em composto, mediante a realização de um balanço de massa em todo processo.

**Palavras-chave:** Avaliação da eficiência; Resíduos Sólidos domiciliares; Usinas de reciclagem e compostagem.

**Comparação entre os processos mesofílico e termofílico para digestão anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU)**

Conte, Gabriela Guerrize  
(2019)

O aumento da geração de resíduos sólidos associado ao processo de urbanização intensificou a preocupação mundial em relação à escassez de áreas para disposição final e a busca por novas tecnologias de tratamento. A digestão anaeróbia, também conhecida como biometanização, é uma alternativa ambientalmente adequada de tratamento para a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU), produzindo biogás e digestato, que pode ser utilizado como fertilizante. Esse processo é influenciado por diversos fatores ambientais, sendo a temperatura uma das variáveis mais importantes, pois determina o balanço econômico e a performance do sistema. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar e comparar a produção de biogás utilizando diferentes temperaturas, sendo elas: mesofílica a temperatura ambiente sem aquecimento, com temperatura média diária de  $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $T_{amb}$ ), mesofílica aquecida a  $35 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $T_{35}$ ) e termofílica aquecida a  $55 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $T_{55}$ ). Os experimentos foram realizados em sistema de batelada em digestores de 5 L utilizando como substrato FORSU padrão (FORSUp) e lodo granular de avícola na proporção de 1:2 gSTVsubstrato/gSTVinóculo. O inóculo avícola foi testado juntamente com outros três candidatos a inóculo em teste de Atividade Metanogênica Específica (AME), no qual obteve o melhor resultado de  $0,5838 \pm 0,0026 \text{ gDQOCH}_4\text{.g STV}^{-1} \text{ .d}^{-1}$ . O inóculo passou por uma estratégia de aclimação e adaptação para se adequar às temperaturas de operação e ao substrato utilizado, que foram fundamentais para a estabilidade do processo. O substrato, inóculo e meios reacionais foram caracterizados a partir de análises físico-químicas, e o inóculo e digestatos quanto a morfologia dos microrganismos através de análises de microscopia óptica de contraste de fase e fluorescência. O biogás foi medido e caracterizado quanto aos teores de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$ . Foram encontrados valores de produção específica de metano de 65,49; 80,34 e 150,70  $\text{NmLCH}_4\text{/gSTV}$  para os reatores  $T_{amb}$ ,  $T_{35}$  e  $T_{55}$ , respectivamente. O digestato de todos os reatores possui potencial para aplicação na agricultura, se combinado com um pós-tratamento para a estabilização completa do material

**Palavras-chave:** Biogás; Digestão anaeróbia; FORSU

Análise de viabilidade da utilização de lodo de ETA coagulado com cloreto de polialumínio (PAC) composto com areia como agregado miúdo em concreto para recomposição de calçadas: estudo de caso na ETA do município de Mirassol-SP

Costa, Álvaro José Calheiros  
(2011)

O presente trabalho foi elaborado com o intuito de equacionar dois problemas: redução do impacto ambiental do lançamento do lodo da ETA Mirassol in naturanos córregos e a redução de custos através da redução na quantidade de lodo enviada para o aterro sanitário e da redução no volume do agregado miúdo o qual, apesar de não representar o maior custo entre os materiais necessários para a confecção do concreto, representa uma redução de custos para a empresa concessionária que precisa recompor diariamente as calçadas que são quebradas para a execução de seus serviços de manutenção nos sistemas de água e esgoto. Devido ao fato de a ETA Mirassol ainda não dispor de um plano de gerenciamento dos resíduos de seu tratamento, como metodologia de secagem das amostras de lodo, optou-se pela simulação de lagoa de lodo fora de escala em que o lodo ficou exposto ao sol durante períodos diferentes de 15 e 30 dias. A primeira amostra, mais seca, foi utilizada nos ensaios de lixiviação e solubilização e a segunda nos ensaios envolvendo o concreto. Foram realizados ensaios de lixiviação e solubilização com o objetivo de classificar o lodo de acordo com a ABNT NBR 10.004/2004 os quais, resultaram em excesso nos teores de cádmio, chumbo e, principalmente, de manganês, cerca de 400 vezes maior que o permitido. Por conta disto, o lodo pôde ser classificado como um resíduo classe II A, ou seja, não perigoso e não inerte. Vale destacar que apesar de coagulado com policloreto de alumínio, o lodo não apresentou teores deste metal que superassem os limites da norma. Voltando a atenção para o concreto de calçada, verificou-se que não existem normas ou padrões que determinem a maneira adequada de executá-lo. Desta forma, optou-se por simular a confecção do concreto realizada no dia-a-dia pelos pedreiros, compreendendo o traço 1:2:3 (cimento:areia:brita) em massa e com o acompanhamento visual da sua trabalhabilidade. A análise de viabilidade da utilização do lodo como agregado foi realizada com base nos ensaios de compressão axial e compressão diametral, também conhecido como ensaio brasileiro (tração). Estes ensaios demonstraram que para os traços que utilizam 5%, 10% e 20% de lodo, foram obtidas resistências à compressão axial superiores à meta de 15 MPa o que foi considerado bastante satisfatório uma vez que são recomendados para calçadas valores de 10 MPa. Já para os ensaios de tração, não há referências, mas pôde-se constatar que a utilização do lodo como composto com areia como agregado miúdo interfere sensivelmente nos resultados, sendo recomendada a utilização de porcentagens próximas a 10%. Portanto, concluiu-se que a utilização do lodo da ETA Mirassol em concretos para recomposição de calçadas é viável nas porcentagens até 10%.

**Palavras-chave:** Agregados miúdo; Calçadas; Concreto; Lodo de ETA.

Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletada em estabelecimentos alimentícios de São Carlos/SP

Guermandi, Júlia Inforzato  
(2015)

Apesar dos elevados teores de matéria orgânica nos resíduos domiciliares e da implantação da compostagem para os resíduos sólidos orgânicos ser prevista pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10), a adoção da prática como forma de tratamento ainda apresenta ações incipientes no país. Este trabalho teve como proposta a coleta seletiva da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU) produzida em 19 estabelecimentos comerciais de São Carlos para a realização da compostagem e vermicompostagem. A primeira etapa do trabalho consistiu na verificação da adaptação dos proprietários dos estabelecimentos em relação ao sistema de segregação proposto e na avaliação da percepção dos mesmos em relação à separação dos resíduos orgânicos e da compostagem, sendo esta análise realizada através da aplicação de questionários. Na segunda etapa, foi realizada a compostagem em quatro leiras cilíndricas de alambrado de 1,2 m de diâmetro e 1 m de altura. Testou-se os seguintes tratamentos em cada leira: trituração e revolvimento, não trituração e revolvimento, não trituração e não revolvimento (controle) e não trituração e não revolvimento com tubos de PVC. Verificou-se, através do monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos e de análises estatísticas, as diferenças e similaridades entre os tratamentos. A terceira etapa iniciou-se após a estabilização dos compostos. Foram inoculadas 500 minhocas da espécie *Eisenia foetida* em uma quantia entre 20-25 kg de composto retirado das leiras revolvidas e os mesmos parâmetros da etapa anterior foram monitorados na vermicompostagem. Os resultados encontrados na etapa 1 indicaram que: os estabelecimentos realizaram a correta segregação dos resíduos, mostrando-se bem adaptados; quase a metade dos entrevistados desconheciam a técnica de compostagem; e, embora a maioria realizasse a separação da FORSU, a mesma era coletada de forma não diferenciada e encaminhada diretamente ao aterro. Na etapa 2, constatou-se que: o revolvimento influenciou na manutenção da temperatura termofílica por períodos mais prolongados, na correção da umidade, nos valores de pH, nitrogênio, relação C/N, CRA, metais, macro e micro nutrientes e granulometria; em relação à trituração, com exceção da granulometria, os demais parâmetros monitorados foram similares a leira não triturada, demonstrando pouca influência de sua adoção no processo de compostagem; na leira composta por tubos de PVC, os registros de temperatura foram menores que as demais, de forma que o dispositivo ocasionou um resfriamento excessivo. Concluiu-se que somente a etapa 2 foi suficiente para o atingimento dos limites legais estabelecidos para os fertilizantes orgânicos, sendo os benefícios da adoção da vermicompostagem na etapa 3 relacionados aos incrementos das propriedades agronômicas de fertilidade de solo.

**Palavras-chave:** *Eisenia foetida*; Leiras de alambrado; Política nacional de resíduos sólidos; Resíduos sólidos orgânicos; Revolvimento; Trituração.



Usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares: uma análise do processo de produção, com considerações sobre suas operações unitárias e os riscos existentes à saúde dos trabalhadores – estudos e casos

Machado, Lilian de Assis  
(1998)

Os municípios brasileiros passam por sérios problemas referentes ao gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares, agravados pela falta de recursos técnicos e financeiros. Em muitos casos a técnica tem sucumbido ao improviso e a preservação do meio ambiente não tem sido considerada como um fator relevante ao desenvolvimento social. As usinas de reciclagem e compostagem são parte dos sistemas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares utilizados no Brasil. Existiam até 1994, cerca de 71 usinas instaladas de 10 sistemas diferentes. Este trabalho apresenta um estudo sobre processamento de resíduos sólidos domiciliares em uma usina do sistema Dano, com dados reais de produção e verificação do processo nos principais pontos, por meio da caracterização física dos resíduos sólidos. São apresentadas descrições dos sistemas visitados, e observações referentes aos aspectos de saúde e segurança do trabalhador.

**Palavras-chave:** Saneamento; Resíduos Sólidos.

**Avaliação da viabilidade da compostagem de resíduos sólidos urbanos e de lodo de esgoto para a produção de fertilizantes orgânicos no município de São Carlos**

Marques, Jonatas Fernandes  
(2022)

Todos os dias, dezenas de milhões de toneladas de resíduos sólidos são enterrados em aterros e lixões por todo o Brasil. Sendo que a maior parte desse montante é constituído de resíduos orgânicos que tem potencial para serem aproveitados através da compostagem na produção de fertilizantes orgânicos e, assim, minimizar os impactos ambientais negativos da sua disposição em aterros sanitários. Nessa perspectiva, foi realizado um estudo com o objetivo de avaliar a viabilidade da produção de fertilizante orgânico por meio da compostagem do lodo proveniente das estações de tratamento de esgoto doméstico e da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos, um município de médio porte no interior do Estado de São Paulo. Para isso foi realizada a compostagem em laboratório utilizando essas matérias primas, avaliado os parâmetros físico-químicos do composto obtido e foi também elaborada uma proposta de uma usina de compostagem a ser operada no município visando o cumprimento de metas e objetivos do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) de São Carlos, elaborado em 2020. De acordo com os resultados, a compostagem com revolvimento mecânico apresentou boas condições de temperatura e umidade que atendem aos processos mínimos de redução de patógenos especificados na CONAMA 375/06. Foi possível obter um fertilizante orgânico com os teores mínimos de nitrogênio e carbono especificados na IN SDA nº 25/2009, do MAPA, com uma porcentagem em torno de 3% (base seca) para nitrogênio. Para a produção desse fertilizante, a proposta indica a necessidade de uma área mínima de 1,1 a 1,9 hectares, dependendo do tipo de equipamento de revolvimento, com capacidade para processar de 20,4 toneladas de resíduos por dia, nos primeiros anos da implementação da usina, até 60,5 toneladas, no final do planejamento, de acordo com as metas do PMGIRS. Reconhece-se as limitações e complexidades dos estudos sobre a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, por isso, diretrizes e sugestões são apontadas para novos estudos que buscam avançar no tema.

**Palavras-chave:** Windrow; Composto orgânico; Dimensionamento; Reciclagem; Sistema centralizado.

Proposta de minimização de resíduos sólidos industriais : estudo de caso com areia de fundição.

Matos, Stelvia Vigolvinio  
(1997)

A procura de soluções para o aumento dos custos de disposição final e a crescente preocupação com a qualidade do meio ambiente têm impulsionado o desenvolvimento e aplicação de soluções mais efetivas. A minimização de resíduos constitui-se num novo conceito de gerenciamento fundamentado na prevenção da geração de poluentes, reduzindo, ao máximo possível, a quantidade de resíduos a serem tratados ou dispostos. Utilizando uma sistemática de avaliação de oportunidades de minimização de poluentes na aplicação das etapas - planejamento, levantamento de dados, bem como considerações ambientais, técnicas e econômicas, este trabalho apresenta, dentre técnicas de redução na fonte e reciclagem, alternativas para a minimização do resíduo de areia de moldagem resultante do processo de fundição da indústria Tecumseh do Brasil Ltda, localizada na cidade de São Carlos, São Paulo.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos, Saneamento.

## Gerenciamento dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares de São Carlos-SP: análise do potencial de aproveitamento energético de biogás oriundo de aterro sanitário e biometanizadores

Melo, Dayane Oliveira Santos  
(2022)

O manejo inadequado dos resíduos sólidos urbanos caracteriza um risco para a saúde da população e para o meio ambiente. Embora o uso destes resíduos para geração de energia seja incentivado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, o aproveitamento energético por meio destes ainda é incipiente no Brasil. Neste contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de aproveitamento do biogás advindo da digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos domiciliares de São Carlos no aterro sanitário e em biometanizadores, em termos energéticos e econômicos. Desta forma, foi realizado um diagnóstico da situação atual do gerenciamento destes resíduos na cidade. Em seguida, realizou-se projeções referentes ao crescimento populacional, através dos métodos Geométrico e Decreasing Growth Rate, e geração de resíduos domiciliares para cidade durante 16 anos (2022-2038). De posse de tais informações, foi levantado o potencial de produção de energia elétrica para o aterro sanitário da cidade através do software LandGEM®, e para biometanizadores por meio da metodologia proposta por Cassini et al. (2003). Posteriormente, fez-se uma análise da viabilidade econômica destes projetos, considerando o sistema de compensação na Geração Distribuída e, como análise ambiental, foi utilizado o software WARM®, para avaliar a emissão de gases de efeito estufa para cenários alternativos de gerenciamento destes resíduos. Os resultados de projeção populacional por meio dos dois métodos escolhidos mostraram-se equivalentes. A projeção geométrica apresentou um crescimento populacional na cidade de 48,06%, entre 2010 e 2038, e a geração de resíduos mostrou a um aumento de 38,14% entre o período analisado (2022- 2038). Os resultados energéticos foram positivos para o cenário da cidade, visto que a potência ótima estimada para o aterro, baseada na metodologia de Silva et al. (2021), foi de 675 kW e para os cenários propostos nos biometanizadores, a potência máxima estimada foi de 604 kW e 2.002,15 kW. Os resultados econômicos foram satisfatórios para o aterro sanitário e para uma parcela considerável da análise para os biometanizadores. A análise ambiental mostrou que cenários alternativos de gerenciamento de resíduos domiciliares, como reciclagem e digestão anaeróbia, apresentam impactos positivos na redução de emissão de gases de efeito estufa, em cerca de 138,2%, além de uma economia de energia de aproximadamente 2.097 GWh. Neste sentido, os resultados do trabalho mostraram que o aproveitamento energético do biogás oriundo destes resíduos mitiga os impactos ambientais e possibilita a expansão do uso de energias sustentáveis no Brasil. A expectativa é de que os resultados expostos incentivem o uso destes resíduos para geração de energia na cidade de São Carlos, contribuindo com a gerenciamento de resíduos sólidos no município, envolvendo fins lucrativos de geração de energia e destinação ambientalmente adequada.

**Palavras-chave:** Biogás; Digestão anaeróbia; Energia; Resíduos sólidos urbanos.

**O tratamento dos resíduos orgânicos como cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos:  
análise dos planos municipais da bacia do Alto Tietê**

Pires, Caio Souza  
(2013)

A pesquisa teve como objetivo estudar as possibilidades de tratamento, aeróbio e anaeróbio, da fração orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de forma a atender ao disposto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Além de ser previsto em lei, o tratamento da fração orgânica se faz necessário já que no Brasil são gerados quase 100 mil toneladas por dia de resíduos orgânicos. A maioria desses resíduos é atualmente disposta em aterros sanitários. Porém, a PNRS determina que a partir de agosto de 2014 apenas sejam dispostos em Aterros Sanitários os rejeitos, resíduos os quais já se esgotaram as possibilidades técnicas e econômicas de tratamento. Verificou-se que os resíduos orgânicos podem ser tratados através da compostagem e biodigestão. Outro objetivo da pesquisa foi analisar os objetivos relacionados ao tratamento da fração orgânica dos RSU dos Planos Municipais de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PMGIRS) dos municípios da bacia hidrográfica do Alto Tietê. Esses planos são outra obrigatoriedade prevista na PNRS. Essa lei determinou um prazo (Agosto de 2012) para que os municípios tivessem apresentado seus planos e, assim, tivessem acesso aos recursos da União destinados a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos. A Bacia em estudo está localizada na região sudeste e possui 34 municípios. Juntos, esses municípios geram mais de 12 mil toneladas por dia de resíduos orgânicos. De todos os municípios da bacia apenas sete, aproximadamente 20%, apresentaram o PMGIRS. As metas relacionadas ao tratamento de resíduos orgânicos dos PMGIRS estudados foram avaliadas e, dos sete municípios que apresentaram o plano municipal, apenas dois apresentaram metas favoráveis, dois apresentaram metas intermediárias e dois apresentaram metas desfavoráveis, segundo critério de classificação apresentado pela prévia do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Apenas um município não apresentou nenhuma meta relacionada ao tratamento de resíduos orgânicos. Após análise dos PMGIRS foi proposto um modelo de gestão da fração orgânica dos RSU para os municípios da bacia do Alto Tietê.

**Palavras-chave:** Compostagem; Digestão anaeróbia; Gerenciamento de resíduos sólidos; Resíduos orgânicos; Resíduos sólidos urbanos.

Subsídios para o desenvolvimento de alternativas tecnológicas de aproveitamento de resíduos orgânicos em comunidades rurais e periurbanas

Pucci, Felipe Guedes  
(2016)

O modo de vida da humanidade demanda novas alternativas às fontes energéticas fósseis, precisa garantir a produção de alimentos e energia para uma população que já ultrapassa 7 bilhões, além de ter de gerir seus Resíduos Sólidos (RS) e efluentes (esgoto), em que grande parte dos primeiros, são enterrados em aterros sanitários e/ou lixões, gerando problemas sanitários e ambientais e desperdício de nutrientes para a agricultura. Parte dessa tripla solução energética/alimentar/sanitária pode vir dos recursos contidos nos Resíduos Biodegradáveis (RB), ou como dito na Lei Brasileira Nº 12.305 - "Resíduos Orgânicos" (RO), que podem ser biometanizados para gerar gás combustível, metano, CH<sub>4</sub> e/ou gás hidrogênio, H<sub>2</sub> e posterior uso do sólido e líquido resultante na forma de substrato para a agricultura, ou processos fotossintéticos aquáticos mediados por microalgas e macrófitas. Paralelamente ao tratamento anaeróbio, se os RO forem tratados aerobicamente, via compostagem e/ou vermicompostagem, não se gera nenhum gás combustível que possa ser usado em outro momento e local, apenas calor. Diante desse quadro, se propõe uma alternativa para o tratamento de resíduos biodegradáveis e efluentes domésticos em zonas rurais e periurbanas, por meio da proposta de uma pequena central de tratamento de resíduos orgânicos composta por uma lagoa facultativa com geração e coleta de biogás, associada com um sistema de hidrolisação de resíduos sólidos orgânicos e de tratamento de biogás, havendo a separação do CO<sub>2</sub> em fase aquosa para alimentação de carbono e alcalinidade ao sistema de bacia de fotossíntese de microalgas e macrófitas do gênero *lemna*. Foram realizados balanços de água, nutrientes, eletricidade e monetário para aferir a consistência teórica para futura aplicação dos projetos e suprir as três demandas/soluções citadas. Foi possível aferir que o custo do metro cúbico de gás metano gerado ficou em torno de 0,5- 4 R\$.m<sup>-3</sup> de gás metano. Foi possível propor um projeto para se caminhar no sentido de poder dar base a trabalhos futuros, que desenvolvam métodos inovadores de gestão de resíduos para serem aplicados no Brasil, com o fim de descentralizadamente adequar os municípios ao PNRS, ao mesmo tempo em que se cria na nação o conceito de biorrefinaria, integrando-a ao saneamento básico e ambiente, em prol da soberania individual energética/alimentar/hidrológica dos brasileiros

**Palavras-chave:** Biogás; Biometanização; Lagoa Facultativa; Lagoas integradas Resíduos orgânicos; Saneamento rural.

## Estudo de viabilidade técnica para incorporação de resíduos de lodo de estação de tratamento de esgoto em peças de concreto para pavimentação

Rigolin, Fernando Rocha  
(2022)

Os lodos de estações de tratamento de esgoto (LETES) são frequentemente dispostos de maneira inadequada, e no futuro a sua disposição ambientalmente adequada será cada vez mais complicada, devido à falta de disponibilidade de área para o seu recebimento e a grande geração deste resíduo, cerca de 1,5 milhões de toneladas por ano no Brasil, ocasionando danos socioambientais. Desta maneira o presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica da incorporação do lodo da Estação de Tratamento de Esgoto Vila Pureza localizada na cidade de São Carlos, em peças de concreto para pavimentação. Na primeira etapa do experimento o lodo foi classificado como Classe II A (não perigoso, não inerte) segundo os ensaios de lixiviação e solubilização, logo em seguida recebeu beneficiamento para ser incorporado em matriz cimentícia substituindo-o pela areia, em concentrações de 3, 6 e 12% em massa; após a realização das matrizes foi fabricado corpos de prova com as referidas concentrações, onde foram realizados testes mecânicos e optou-se pela substituição de 6% de lodo pela areia na fabricação das peças de concreto, devido aos testes obterem um resultado médio de 34,8 MPa, ficando apenas 0,2 MPa abaixo da norma ABNT NBR 9781:2013. Após a fabricação das peças de concreto para pavimentação foram realizados ensaios mecânicos, dimensionais, ambientais e de absorção a água; os ensaios de absorção a água e dimensionais obtiveram resultados aceitáveis para a fabricação e utilização das peças, segundo a norma ABNT NBR 9781:2013. Os ensaios mecânicos obtiveram resultados abaixo da referida norma, impossibilitando a fabricação e utilização das peças de concreto para pavimentação. Os ensaios ambientais demonstraram uma boa eficiência no encapsulamento dos elementos químicos nocivos, apenas os elementos alumínio, cobre, fluoretos, sódio e surfactantes não foram encapsulados; os elementos, cobre e fluoretos ficaram abaixo do limite exigido no ensaio de solubilidade mesmo não sendo encapsulados, já alguns elementos que foram encapsulados (cádmio e fenóis) ainda assim ficaram acima dos limites de solubilização. Dessa forma conclui-se que os blocos não podem ser utilizados em pavimentos para o tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, devido ao seu desempenho mecânico insatisfatório, sugere-se então algumas melhorias como: o aumento da altura da peça, diminuição do percentual de lodo incorporado, e uso de cimento resistente a sulfato, para que o requisito mecânico seja sanado, já que as outras variáveis se mostraram adequadas para a utilização da peça.

**Palavras-chave:** Destinação final; Incorporação; Lodo de esgoto; Peças de concreto para pavimentação.

**Utilização de lodo de lagoa de estabilização na cultura de sorgo granífero (*Sorghum bicolor*, L. Moench) em condições de casa de vegetação**

Silva, Nelson Luiz da  
(2001)

O presente trabalho teve como objeto avaliar os efeitos da aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto de lagoas anaeróbias sobre a fertilidade do solo, disponibilidade de metais pesados no solo e produção de matéria seca, acúmulo de nutrientes e metais pesados em plantas de *Sorghum bicolor* L. (Moench). Os tratamentos testados foram: 1) Testemunha; 2) Fertilização Mineral; 3) L100 - Lodo de esgoto em quantidade suficiente para fornecer o nitrogênio exigido pela cultura; 4) L200 - O dobro da quantidade de lodo aplicada no tratamento 3; 5) L300 - O triplo da quantidade de lodo aplicada no tratamento 3. O experimento foi conduzido por 124 dias, em condições de casa de vegetação, sendo que o delineamento estatístico foi o bloco casualizados com 5 tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste F) e, nos casos pertinentes as médias foram comparadas pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. Procedeu-se à realização da análise de regressão linear entre as variáveis estudadas e as doses de lodo de esgoto. Considerando-se os resultados obtidos no presente trabalho, foi possível elaborar as seguintes conclusões: - A incorporação do lodo de esgoto no solo proporcionou melhorias de algumas variáveis consideradas na avaliação da fertilidade do solo, podendo-se citar: teor de Matéria Orgânica, teor de fósforo disponível, potássio disponível e capacidade de troca de cátions. - Por outro lado, algumas variáveis, também relacionadas a fertilidade do solo, sofreram prejuízos, podendo-se citar: pH, teores de cálcio disponível, magnésio disponível e saturação por bases. Todos os elementos metálicos pesados, presentes no lodo de esgoto tiveram suas disponibilidades aumentadas no solo. - O lodo de esgoto promoveu maior produção de biomassa vegetal de ramos e folhas, panículas e raízes. - O aumento da dose de lodo proporcionou decréscimo no acúmulo de P nas ) nas folhas e ramos das plantas de sorgo granífero. Porém, nas outras partes analisadas houve aumento do acúmulo de P. Os totais acumulados de Ca e Mg não foram influenciados pelas dose de lodo de esgoto. Para os demais macronutrientes, o aumento da dose de lodo de esgoto resultou em maior acúmulo nas plantas. - Todos os metais presentes no lodo de esgoto tiveram seus acúmulos aumentados nas diferentes partes das plantas de sorgo granífero , com o aumento das doses de lodo incorporadas nos solos. Entretanto, nenhum teor encontrado foi alto o suficiente para proporcionar o surgimento de sintomas de toxicidade nas plantas. - O lodo de esgoto apresentou bom desempenho como fonte de micronutrientes para as plantas de sorgo granífero.

**Palavras-chave:** Lagoa anaeróbia; Lodo de esgoto; Metais pesados; Nutrientes; Produção de matéria seca; Sorgo.



## Estudo da aclimação de lodos anaeróbios como estratégia de inoculação para partida de biometanizadores alimentados com fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos

Simões, André Luis Gomes  
(2017)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Federal 12.305 em agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto 7.404, em 23 de dezembro de 2010, estabeleceu um novo paradigma na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil. Entre as mudanças apresentadas, uma das mais relevantes é a que prioriza o não aterramento da fração orgânica e a recuperação energética dos resíduos. Por esse motivo, a busca por novas tecnologias para o tratamento desses resíduos tem sido intensificada nos últimos anos. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho busca avaliar o potencial de se realizar estratégias para aclimação de lodos anaeróbios em possíveis inoculações de biometanizadores alimentados com fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU). Foram analisados dois diferentes lodos, esses em função da decomposição e estabilização da FORSU por meio de ensaios de biodegradabilidade anaeróbia. O primeiro, lodo ETE (LE), foi coletado de um reator UASB, utilizado para tratamento de esgoto sanitário doméstico, já o segundo, lodo Aterro (LA), foi coletado de uma lagoa de acúmulo de lixiviados em um aterro sanitário desativado. Para os ensaios, utilizaram-se frascos Duran® de 250 mL, incubados a 35°C, considerando-se a co-digestão nas seguintes relações resíduo/inóculo (R0/I0): 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 e 1/1 gSTVresíduo.gSTVinóculo-1. As estratégias de aclimação consistiram em manter o inóculo para as próximas bateladas, bem como, dobrar as relações (R0/I0) com sucessivas alimentações realizadas em três bateladas sequenciais. Para que fossem possíveis o controle e a verificação do processo ao longo das bateladas, foram realizadas análises físico-químicas, microbiológicas, cinéticas e de atividade metanogênica específica (AME). Os inóculos adaptaram-se de imediato à FORSU, tendo sido verificada produção crescente de metano já nos primeiros dias dos testes. Os melhores resultados do potencial bioquímico de metano foram obtidos pelas menores relações (R0/I0) para ambos os inóculos. As maiores relações (R0/I0) influenciaram negativamente o desempenho do processo de biometanização para o inóculo LE, verificada pelas menores taxas máximas de rendimento de metano e maiores fase lag. Para o inóculo LA, ao final do processo de aclimação foi verificado maior índice de diversidade para o Domínio Archaea, corroborando com os resultados obtidos pela quantidade de microorganismos metanogênicos. Essas verificações se deram por meio de análises de microscopia óptica e pelos maiores valores obtidos nos testes de AME. Destarte, conclui-se que a estratégia de aclimação se utilizando das menores relações (R0/I0): 1/16, 1/8 e 1/4 para o inóculo LA, possui o maior potencial, sendo esse na inoculação em maiores relações (R0/I0) na partida de biometanizadores alimentados com fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, logo, garantindo-se efetividade no processo

**Palavras-chave:** Atividade metanogênica específica; Biodegradabilidade; Biogás; Co-digestão; Digestão anaeróbia; Diversidade microbiana; Lodo de esgoto; Resíduos domiciliares.

**Biometanização: estudo da influência do lodo e da serragem no tratamento anaeróbio da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU)**

Vilela, Fernanda Resende  
(2015)

A grande evolução no tratamento dos resíduos sólidos orgânicos foi obtida com a Biometanização ou, simplesmente, Digestão Anaeróbia, que ao tratar a fração orgânica produz um composto que pode ser utilizado como condicionador do solo e propicia a recuperação da energia com a utilização do metano produzido no biogás. Esta pesquisa se propôs a analisar a técnica de biometanização, avaliando a influência do lodo e da serragem no tratamento anaeróbio da FORSU em biometanizadores de 50 L e 5 L, operados sob regime batelada e temperatura mesofílica por 150 e 78 dias, respectivamente. Foram analisadas amostras de chorume, do biogás e do digestato (material sólido obtido pós-tratamento, com a abertura dos biometanizadores). Na primeira etapa, quatro reatores de 50 L foram operados com alto teor de sólidos, sob condições distintas: reator 1 - controle (preenchido somente com FORSU); reator 2 (preenchido com FORSU, 5% de lodo e serragem); reator 3 (preenchido com FORSU, 10% de lodo e serragem); reator 4 (preenchido com FORSU e serragem). Com o monitoramento do processo foi possível concluir que a manutenção de um pH ácido, mesmo nos biometanizadores com adição de lodo, propiciou uma condição ácida que foi responsável por inibir a biometanização em todos os tratamentos, que apresentaram baixa remoção de matéria orgânica e ausência de produção de metano. Com isso, iniciou-se a segunda etapa da pesquisa, onde foram operados três reatores de 5 L com baixo teor de sólidos, com o intuito de testar dois tipos de lodos e elevar a porcentagem de inoculação, nas seguintes configurações: reator ETE 1 - preenchido com FORSU, lodo de esgoto e serragem (proporção 3:1:1); ETE 2 preenchido com FORSU, lodo de esgoto e serragem (proporção 2:2:1) e DACAR preenchido com FORSU, lodo do tratamento anaeróbio de efluente de avícula e serragem (proporção 2:2:1). Após 78 dias de operação, constatou-se que maiores proporções de inóculo e uma temperatura mais elevada (30 a 35°C) favoreceram o pH, a alcalinidade, a umidade, a degradação da matéria orgânica e a produção de metano, observada no reator ETE 2. Contudo, as condições operacionais adotadas e os fatores ambientais não foram adequadas para o sucesso da biometanização. Não houve uma redução significativa de matéria orgânica e a produção de metano foi constatada somente em um dos reatores da segunda etapa.

**Palavras-chave:** Biogás; Digestão anaeróbia; Resíduos sólidos orgânicos.

# CAPÍTULO 05

## TRABALHOS DE GRADUAÇÃO



**Estudo do tratamento biológico para a fração orgânica de resíduos sólidos urbanos e suas perspectivas para o Brasil.**

Alvares, Bruno Augusto  
(2014)

A geração de resíduos sólidos está atrelada a quase todas as atividades humanas diárias. Com o crescimento populacional constante e o consumismo exagerado, a quantidade de resíduos sólidos gerados aumenta. A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída em 2010, e seu decreto regulamentador, define os aterros sanitários como locais sujeitos à disposição apenas de rejeitos. Dessa maneira, qualquer material com algum potencial de reutilização que é encaminhado para aterros sanitários diminui sua vida útil e provoca danos ao meio ambiente. É o caso da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos, que é a maior fração da gravimetria dos resíduos na maior parte dos municípios. A matéria orgânica pode ser degradada aerobicamente ou anaerobicamente, na primeira o processo que pode ser utilizado para essa degradação é a compostagem e a vermicompostagem que tem como produto final compostos orgânicos e podem ser utilizados como fertilizantes de solo para cultivos agrícolas, na segunda a matéria pode ser degradada por um processo que vem sendo chamado de biometanização e tem como produtos finais, além do composto orgânico, o biogás, um gás que tem sua maior parte composta de metano e é capaz de produzir energia térmica e/ou elétrica que pode ser um grande incremento na porção de energias renováveis e práticas sustentáveis brasileiras. O Brasil ultrapassou o prazo definido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos de erradicar totalmente os lixões existentes, para isso, as tecnologias de tratamento biológico para a fração orgânica de resíduos sólidos urbanos são uma importante ferramenta para lidar com a problemática da destinação ambientalmente inadequada de resíduos, que apesar de ser proibida atualmente, ainda é realidade.

**Palavras-chave:** Resíduos urbanos; Resíduos sólidos; Compostagem ; Resíduos sólidos urbanos; Biometanização; Biogás; Energia renovável .

## Reconectando agricultura e resíduos orgânicos: em busca de uma Agricultura Urbana Sintópica

Baleeiro, André Vinícius Freire  
(2015)

A Agroecologia é uma ciência que, além de integrar os conhecimentos tradicionais, traz uma multiplicidade de elementos em sua construção. Essa multiplicidade não é contemplada pelo Paradigma Cartesiano-Newntoniano que ainda embasa boa parte da produção científica. Por isso, a partir do Paradigma Sistêmico este trabalho busca reconstruir conhecimentos das ciências naturais que acarretam em distorções diante da postura do ser humano na Terra. Dentre estas: A Termodinâmica Clássica, que pela postulação de suas três leis, não representa o comportamento dos organismos vivos em sua totalidade; A Agronomia Clássica, que, por sua construção científica ter origem nos países de clima temperado, não compreende a dinâmica dos solos tropicais; e a Gestão de Resíduos Sólidos, que, acompanhando o desenvolvimento das cidades, buscou no Brasil soluções técnicas para esconder os resíduos ao invés de reinseri-los à ciclagem de nutrientes. Diante da crise ambiental vivida atualmente, a produção científica deve repensar o reducionismo para tratar do ecossistema terrestre, aproveitando os resíduos como fonte de nutrientes e não mais como fonte de gastos e problemas. O termo sintropia pode explicar de forma mais completa o comportamento termodinâmico das teias ecológicas e endossar a busca pela sustentabilidade, termo este que muitas vezes é utilizado de forma dúbia. Por fim relata-se uma experiência de 4 anos de manejo de um quintal agroecológico de 200 m<sup>2</sup>, com mais de 60 espécies e intensa entrada de matéria orgânica e aporte de biomassa, para reconstituição da fertilidade do solo ao mesmo tempo que funciona como Unidade Descentralizada de Compostagem e horta urbana

**Palavras-chave:** Agroecologia, Sintropia, Resíduos Sólidos, Crise ambiental, Permacultura.

## Co-compostagem de resíduos sólidos orgânicos com lodo de fossa séptica

Coltro, Daniel Zonneveld  
(2009)

O presente projeto surge da grande demanda de fossas sépticas existentes no país, cuja limpeza se deve por caminhões limpa fossa, os quais lançam tal lodo em Aterros, Estações de Tratamento de Esgotos de outros municípios, ou simplesmente liberam-no ao ambiente. Isso devido à falta de controle sobre os caminhões e a respectiva limpeza dos tanques sépticos. Na busca de sanar tal situação, o programa FINEP-PROSAB-5, Edital 6, financiou o presente projeto, que teve por objetivo a verificação da influência da incorporação de lodo de fossa séptica aos resíduos sólidos orgânicos facilmente degradáveis com recirculação do percolado, dentro do processo de co-compostagem de leito fixo, por aeração forçada, via sucção de ar. Variando-se as concentrações de lodo, buscou-se encontrar a razão ótima, entre lodo e resíduos sólidos orgânicos facilmente degradáveis, a fim de se obter temperaturas suficientes e tempo adequado visando à eliminação de patógenos, tornando possível a utilização futura do composto gerado para diversos fins. Para tanto, foi necessária, com o financiamento da FINEP- PROSAB, a construção de um laboratório específico, bem como a elaboração de equipamentos adequados para acomodar tal forma de compostagem. Neste laboratório foram alocadas quatro baias de compostagem simultâneas, permitindo um processo de compostagem 'branco', e três processos com razões diferentes de lodo com resíduos sólidos orgânicos facilmente degradáveis. Para acompanhar cada processo, foram realizadas periodicamente análises, para as 4(quatro) baias, de pH, Nitrogênio Kjeldahl, teor de Umidade, teor de Matéria Orgânica, e Sólidos Suspensos e Totais. Os resultados obtidos indicaram a viabilidade do tratamento de lodo por compostagem, sendo essencial o controle de certos aspectos físicos e químicos da evolução do processo de compostagem.

**Palavras-chave:** Compostagem de resíduos sólidos; Compostagem lodo; Tratamento lodo; Lodo de fossa; Tanque séptico; Resíduos sólidos urbanos; Co-compostagem.

Análise das metas para o tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos em relação aos planos de gestão: estudo de caso de Sorocaba – SP

Couto, Matheus Ribeiro  
(2014)

O aumento da geração de resíduos sólidos vem se tornando um problema para os municípios brasileiros fazerem a gestão e o gerenciamento dos mesmos. Desta geração, a fração orgânica representa 51,4% dos resíduos sólidos urbanos. Neste trabalho foram apresentadas duas formas de tratamento da matéria orgânica, uma aeróbia, compostagem, e a digestão anaeróbia respectivamente. Na Lei 12.305/2010, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos, na qual os aterros sanitários serão apenas rota tecnológica de disposição final de rejeitos sendo o tratamento da fração orgânica, necessário, entretanto os municípios brasileiros vêm tendo como prática a disposição final desta fração em aterros sanitários. Os estados e municípios brasileiros tinham até o dia 02 de agosto de 2012 para a entrega dos seus planos de resíduos sólidos, estes que devem apresentar metas relacionadas à gestão e ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Portanto neste estudo foram analisadas as metas, diretrizes e ações do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, no que diz respeito, à gestão e ao gerenciamento da matéria orgânica, além do conteúdo mínimo dos mesmos. Feito isso se comparou estas metas com as do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Sorocaba – SP. Conclui-se que o plano de Sorocaba apresentou os conteúdos mínimos necessários em relação a fração orgânica dos resíduos sólidos, porém ao se analisar as metas, verificou-se a falta de metas quantitativas a respeito desta fração.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos urbanos; Resíduos orgânicos; Compostagem; Digestão anaeróbia; Política nacional de resíduos sólidos; Resíduos sólidos; Resíduos urbanos.

Subsídios para Uso de Gases Gerados pela Digestão Anaeróbia da Fração Orgânica de Resíduos Sólidos Urbanos para Geração de Energia Elétrica

Di Tullio, Julia Saito  
(2014)

Diante do intenso desenvolvimento tecnológico e econômico provido mundialmente nas últimas décadas, a administração pública tem enfrentado diversos desafios para elaborar e adequar modelos de gestão de resíduos sólidos, cuja geração tem aumentado significativamente. Além da preocupação com sistemas de limpeza urbana, coleta de resíduos nos municípios, implantação de unidades ambientalmente adequadas para disposição final de rejeitos, é necessário investir no aproveitamento e na valoração dos resíduos. Os programas de coleta seletiva de materiais recicláveis já apresentam grande difusão nas diversas regiões brasileiras, contudo o destino da matéria orgânica ainda é majoritariamente a mesma que os rejeitos, ou seja, lixões, aterros controlados ou aterros sanitários. Frente à necessidade de promover o desenvolvimento sustentável e a mitigação de impactos ambientais, estão sendo desenvolvidas tecnologias que visam o aproveitamento energético da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos urbanos. Em aterros sanitários já existem projetos em operação que captam o biogás proveniente da degradação anaeróbia dos resíduos sólidos orgânicos, que contém alta concentração de metano, em busca de usá-lo como combustível para geração de energia elétrica. Contudo, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída em 2010, e seu decreto regulamentador, os aterros sanitários devem ser a unidade final apenas de rejeitos. Estão sendo estudadas, portanto, tecnologias de aproveitamento energético do biogás a partir de biodigestores que recebem a matéria orgânica e controlam a degradação anaeróbia. Estes sistemas são conhecidos como biometanizadores e, além de promoverem uma fonte renovável de energia, reduzem os impactos ambientais oriundos da disposição de matéria orgânica em aterro sanitário, principalmente a geração de chorume. Portanto, se apresentam como uma melhor alternativa para o aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos urbanos; Aterro sanitário; Biometanização; Resíduos urbanos; Resíduos Sólidos, Biogás; Energia Elétrica.



## Iniciativas de compostagem no município de São Carlos-SP: panorama entre o presente e o futuro (2020)

Fecchio, Lucas Stivanin  
(2020)

É perceptível o crescimento de buscas por estratégias integradas para o gerenciamento dos resíduos sólidos. Dentre os resíduos sólidos gerados pelas atividades humanas, têm-se os resíduos sólidos urbanos, onde cerca de 51% da massa desses resíduos coletados é composta por resíduos sólidos orgânicos. A disposição de resíduos sólidos orgânicos em solo, caso não seja disposto em aterros sanitários licenciados tem a possibilidade de poluição do solo através da formação do chorume e do ar através da geração de metano. A compostagem surge como alternativa para o tratamento e destinação ambientalmente adequada desse tipo de resíduo. O presente trabalho se propôs a identificar as iniciativas de compostagem existentes no município de São Carlos- SP tal como seu funcionamento e a percepção da população sobre a temática. A identificação das iniciativas existentes no município se deu de duas formas, sendo uma delas através do questionário aplicado para identificação da percepção da população sobre a temática e a outra através de um formulário que foi disponibilizado em redes sociais. Para o melhor entendimento da atuação das iniciativas citadas, foi aplicado um questionário subdividido em três tópicos, sendo eles: Estrutura organizacional; Histórico e financiamento; e Programas e comunidade. Com os resultados dos questionários aplicados a cada iniciativa, foi possível compará-las, tendo maior atuação e abrangência as iniciativas privadas quando comparadas com as do setor público. No que diz respeito a percepção da população sobre a temática, tem-se que 14% da amostra analisada da população são-carlense realiza compostagem, e apenas 11% da amostra analisada conhece ou já ouviu falar de algum tipo de iniciativa de compostagem no município, esse fato pode estar diretamente relacionado ao município não possuir programas de educação ambiental.

**Palavras-chave:** Políticas Nacional de Resíduos Sólidos

Estudo prévio de viabilidade econômica e energética para implantação de usina de incineração para resíduos sólidos urbanos no Brasil.

Freire, Marcelo Lopes  
(2013)

No Brasil, o PNRS aponta que a aplicabilidade da incineração seja considerada nos modelos de gestão e gerenciamento de resíduos. Após o governo ter ratificado através do Plano Nacional de Resíduos Sólidos que, após o dia 2 de agosto de 2014, o Brasil não poderá ter mais lixões, cidades em todo o país estão buscando soluções ambientalmente corretas para a gestão de seus resíduos. Este trabalho tem por objetivo mostrar a incineração como alternativa para tratamento de resíduos sólidos urbanos em grandes cidades do país, explanar as etapas e processos de uma usina de incineração, esboçar as fases do plano governamental para implantação de novas usinas para resíduos urbanos e também apresentar um estudo prévio de viabilidade para a aplicação em cidades brasileiras.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos urbanos; Incineração; Recuperação de energia; Gestão e Gerenciamento de resíduos sólidos; Resíduos urbanos; Resíduos (gerenciamento).

## Geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos urbanos

Itô, Leandro Cesar Mazer  
(2014)

O crescimento na geração de resíduos sólidos urbanos fez com que o mundo adotasse providências para reduzir os impactos ambientais. Além de leis e normas regulamentadoras, o desenvolvimento de novas tecnologias para incineração de resíduos sólidos em usinas termoelétricas se mostrou eficaz na diminuição do volume de resíduos em aterros e lixões e também na geração de energia elétrica. O presente trabalho apresenta o funcionamento da Caldeira, equipamento responsável pela incineração, bem como dados de tratamento e geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos em usinas no mundo.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos urbanos; Gestão de resíduos sólidos; Geração de energia elétrica; Reaproveitamento energético; Caldeira aquatubular; Resíduos sólidos; Energia elétrica (reaproveitamento); Caldeiras.



## Avaliação da incineração como alternativa para destinação final dos resíduos domiciliares no Brasil

Martello, Bruno Corrêa Alonso  
Carmo, José Sergio Ivamoto do  
(2018)

O consumo desenfreado coloca em risco a oferta de recursos naturais para as próximas gerações, e dentre outros impactos negativos, provoca a produção de muitos resíduos sólidos. Faz-se necessário usufruir de forma mais eficiente dos materiais, prolongar o seu uso e aproveitar inclusive a energia contida neles, evitando a disposição em aterros sanitários, ou ainda, no pior dos casos, em locais inadequados. Incineração é uma alternativa para aproveitar a energia dos resíduos que não puderam ser reciclados e seriam destinados a aterros sanitários. O presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sistemática sobre a situação atual da incineração de resíduos sólidos domiciliares com recuperação energética como alternativa ao aterro sanitário no Brasil, à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Os aterros sanitários tornam-se passivos ambientais, devido à produção de metano por longos períodos mesmo após seu esgotamento, à contaminação de lençóis freáticos e demanda por extensas áreas e implicam em custo para o transporte e disposição. Este estudo constata que a implantação da incineração com recuperação energética tem um enorme potencial para crescimento no Brasil, trazendo diversificação da matriz energética, redução do volume, massa e periculosidade dos resíduos, tornando-se uma aliada na proteção do meio ambiente. A revisão bibliográfica apontou que o Brasil não empreende a recuperação energética dos resíduos sólidos em grande escala, e a incineração é uma tecnologia que ainda enfrenta resistência para ser difundida e aplicada como uma alternativa de destinação de resíduos muito mais benéfica que os aterros sanitários, nas esferas econômica, social e ambiental. Entretanto, é preciso considerar em projetos de recuperação energética que o Brasil tem pessoas em situação de alta vulnerabilidade social trabalhando como catadores de resíduos, e também que a PNRS define uma hierarquização Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS).

**Palavras-chave:** Incineração; Resíduos sólidos; Resíduos sólidos domiciliares; Resíduos sólidos urbanos; Aproveitamento energético.

Estratégias para medição de biogás e degradabilidade da matéria orgânica em reatores anaeróbios

Merege, Victor Rosa  
(2011)

A presente pesquisa teve com principal objetivo estudar a produção de biogás e a degradabilidade da matéria orgânica em reatores anaeróbios. Além disso, procurou-se analisar as características do biossólido e do lixiviado resultante do processo. O estudo foi realizado na fábrica de motores da Volkswagen do Brasil, site de São Carlos – SP, com a utilização de quatro reatores com capacidade de 50L cada, projetados para o monitoramento de temperatura e pressão e coleta de biogás e lixiviado. Cada reator recebeu uma mistura de matéria orgânica úmida (MOU) e matéria orgânica seca (MOS) em quatro diferentes proporções volumétricas, sendo o material proveniente, respectivamente, do refeitório e da área verde de onde foi realizado o estudo. O experimento durou seis meses, mas devido a alguns problemas operacionais não foi obtido nenhum resultado prático. Porém, o estudo traz uma valiosa contribuição sobre as dificuldades que este tipo de trabalho pode apresentar.

**Palavras-chave:** Reator anaeróbio; Biogás; Matéria orgânica.

Ativação de lodo anaeróbio para a inoculação de biometanizadores visando o tratamento de resíduos sólidos orgânicos

Miyazaki, Caroline Kimie  
(2016)

Uma das tecnologias que vêm sendo estudada é o uso do lodo, como inóculo para digestão anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU). A biometanização utiliza produtos que antes não possuíam valores comerciais e também eram vistos como um problema social, econômico e ambiental, para ao final do processo, gerar um subproduto estabilizado e de valor energético. Para tanto, a digestão anaeróbia enfrenta alguns problemas operacionais por ser uma tecnologia recente. A partida do reator é considerada etapa crucial para um equilíbrio e manutenção dos microrganismos, nesse sentido, é necessário dar ao meio condições favoráveis para o estabelecimento e desenvolvimento dos microrganismos. No presente trabalho será avaliado a ativação do inóculo antes de introduzi-lo no biometanizador, com a intenção de se obter uma biomassa ativa. A ativação foi feita a partir do uso de diferentes substratos como fonte de alimentação, solução estoque (ácido acético, adicionada foi determinada a partir da realização de um teste atividade metanogênicas específica (AME). O inóculo utilizado é o lodo do reator UASB da ETE Monjolinho, localizado na cidade de São Carlos. A temperatura de operação foi mantida na faixa mesofílica ( $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) através de uma estufa. Foi testado diferentes concentrações de substrato e avaliado o pH, STV, DQO e volume do biogás (medição direta do volume do biogás e cromatografia). O teste com ácido acético e etanol, utilizou a relação A/M de 0,6, e o tratamento com melhor desempenho foi o de etanol, enquanto o teste com solução estoque, ácido acético e etanol, foi utilizado relação A/M de 1,2, o tratamento de etanol obteve o pior desempenho. O tratamento controle evidenciou que os tratamentos com substrato obtiveram uma ativação mais rapidamente. A cromatografia gasosa indicou que alguns tratamentos não produziram metano ou se produziu, não foi significativo, e que, portanto, o volume deslocado pelo Mariotte não representava unicamente o metano. A microscopia óptica, por sua vez, indicou presença de arqueas metanogênicas no lodo inicial e após o teste, sendo a maioria células com formas de bacilos

**Palavras-chave:** Substrato; Biomassa ativa; Lodo do reator UASB.

Estudo de alternativas para reuso, tratamento e destinação final de cinzas de fundo geradas no processo de incineração de resíduos sólidos urbanos.

Nitsch, João Guilherme  
(2014)

Este estudo prevê uma revisão bibliográfica sistemática sobre a situação atual das possíveis alternativas de tratamento, reutilização e disposição final das cinzas de fundo provenientes do processo de incineração dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Atualmente o Brasil ainda aposta, em quase cem por cento dos casos, no uso de aterros sanitários como disposição final, e direta, dos RSU. Entretanto, diversos países do mundo, como o Japão, França, Estados Unidos e outros, vêm mostrando o potencial do uso de incineração como uma etapa de valorização dos resíduos dentro da gestão dos RSU. A partir do processo da queima dos RSU é possível produzir energia, calor e produtos que podem ser reutilizados em diversos setores, como o da construção civil. Entretanto, pela alta concentração de substâncias tóxicas, principalmente metais pesados, diversos cuidados devem ser tomados para ter um processo limpo e seguro. Dentro das alternativas apresentadas, tentou-se apresentar opções sempre viáveis e sustentáveis, visto que atualmente duas grandes preocupações presentes nos empreendimentos são a questão econômica e a redução do uso dos recursos naturais finitos. Além disso, dentro das alternativas para as cinzas de fundo, o presente trabalho hierarquiza as alternativas para as cinzas de fundo da seguinte maneira: reutilização, tratamento seguido de reutilização e tratamento seguido de disposição final.

**Palavras-chave:** Incinerador de resíduos; Resíduos Sólidos; Cinzas de fundo; Reúso cinzas; Tratamento cinzas.

Análise do processo de implantação de uma Unidade Descentralizada de Compostagem no  
Campus II da USP São Carlos

Oliveira, Renato Arruda Vaz de  
(2013)

A composição física dos resíduos domiciliares no Brasil apresenta predominância de materiais orgânicos, os quais representam 51% do total de resíduos gerados no país. Essa grande quantidade de matéria orgânica influi diretamente nos impactos ambientais associados à disposição final desses resíduos em aterros sanitários. Uma das alternativas que se apresenta como solução para a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos orgânicos é a compostagem. Este trabalho se propõe a fazer uma análise do processo de desenvolvimento e construção de uma Unidade Descentralizada de Compostagem (UDC) para atender a demanda do restaurante universitário do campus II da USP São Carlos de forma a adequar o gerenciamento integrado de resíduos sólidos da universidade à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Analisou-se o potencial da UDC de promover a conscientização e aproximação dos cidadãos sobre a questão do resíduo orgânico, fomentar a educação ambiental, o engajamento e capacidade organizativa da comunidade para que a mesma seja protagonista da gestão do próprio resíduo sólido. Realizou-se uma oficina de compostagem com alunos da Escola Estadual Prof. Bento da Silva Cesar. Coletaram-se dados do RU para estimar a produção de resíduos orgânicos, dimensionou-se a estrutura e área necessária para realizar a compostagem. Além disso, realizaram-se análises físico-químicas e granulométricas e avaliaram-se outras experiências de compostagem descentralizada quanto às dificuldades enfrentadas e quanto aos aspectos importantes para a implantação de UDCs comunitárias. Os resultados mostraram um aproveitamento de toneladas compostadas por área (ton./m<sup>2</sup>) abaixo de outras iniciativas. A abordagem da educação ambiental aliada ao pátio de compostagem demonstrou ser eficiente para tratar a questão dos resíduos orgânicos com os alunos da escola. Em relação às análises físico-químicas concluiu-se que as mesmas devem ser repetidas para fornecer resultados mais conclusivos.

**Palavras-chave:** Educação ambiental; Compostagem; Adubos orgânicos; Unidade descentralizada de compostagem; Compostagem e resíduos orgânicos.



## Tratamento de tabaco de cigarros contrabandeados a partir da compostagem em baias

Pauletti, Lucas Ornelas  
(2022)

Somente no ano de 2021 foram destruídos o equivalente a mais de 1,5 bilhão de reais em cigarros apreendidos pela receita federal. Considerando o passivo ambiental gerado pela incineração dos cigarros além do grande tamanho da fração orgânica na média gravimétrica nacional, o presente trabalho teve como objetivo realizar a compostagem do tabaco dos cigarros utilizando composteiras (baias) de concreto de 1 m<sup>3</sup> cada, em um total de 3 repetições. O tabaco foi adicionado substituindo parte dos resíduos orgânicos. Para avaliar o processo de compostagem foi realizado monitoramento da temperatura e da umidade. Após o fim do processo foram realizadas, em amostras, análises de parâmetros de macro e micronutrientes e de metais tóxicos para verificar o enquadramento do composto final na legislação. Por meio do resultado das análises e do monitoramento, observou-se que a composteira foi funcional e conseguiu atingir temperaturas adequadas para atividade dos microrganismos termófilos. As diferenças nos parâmetros das amostras do composto com tabaco foram próximas ao composto controle, em geral. O pH de 5,5 foi o único parâmetro não enquadrado dentro da legislação. Os metais tóxicos presentes no composto com tabaco não foram maiores do que os teores permitidos pela legislação vigente, apesar de que elevada concentração de Ni e Ba foi observada. O pH de 5,5 foi o único parâmetro não enquadrado dentro da legislação. Conclui-se que o tratamento de tabaco de cigarros contrabandeados a partir da compostagem em baias é viável, porém são necessárias mais pesquisas na área, além da busca de métodos eficientes de separação das diferentes partes do cigarro.

**Palavras-chave:** Cigarros contrabandeados.

## Sistema eletrônico microcontrolado para medição de temperatura na compostagem

Phillips, Dennis Wayne  
(2010)

Este trabalho apresenta um sistema microcontrolado para medição e aquisição da temperatura na compostagem, ou vermicompostagem, usando sensores integrados e contando ainda com comunicação com um microcomputador. O sistema faz a aquisição automática em data e horário programados, registro da temperatura e transmissão dos dados registrados, por comunicação serial. A compostagem consiste, em linhas gerais, na transformação da matéria orgânica grosseira em material utilizável na agricultura, o composto orgânico. O composto é resultado da degradação biológica sob condições controladas. A análise dos dados da distribuição vertical da temperatura do composto é necessária, pois a temperatura é um importante parâmetro na determinação do avanço e desempenho da compostagem. O trabalho abrange o estudo da melhor forma de realizar a aquisição e a transmissão dos dados registrados da temperatura ao computador e possibilitar o controle deste importante parâmetro do processo

**Palavras-chave:** Microprocessador; Sensor; Eventos; Temperatura-controle; Sensor de temperatura ; compostagem.

### Diminuição do tempo de compostagem através da trituração dos resíduos orgânicos

Pires, Caio Souza  
(2009)

Com o aumento da industrialização, a geração de Resíduos Sólidos Domiciliares tem aumentado muito e uma forma adequada de disposição e tratamento desses resíduos não está sendo utilizada pelas cidades brasileiras. A fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares quando disposta inadequadamente, gera metano e gás carbônico ambos gases de efeito estufa, e chorume, de difícil tratamento. A compostagem é uma forma de tratamento da fração orgânica dos Resíduos Sólidos Domiciliares que pode evitar a geração de produtos indesejados no processo de estabilização da matéria orgânica, mas é preciso encontrar uma forma de se otimizá-la de modo a se obter um composto de boa qualidade em menos tempo. Este trabalho teve como objetivo verificar se o controle granulométrico da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares influenciaria no processo de compostagem. Através do acompanhamento da relação C/N, temperatura, pH e Granulometria, analisou-se a interferência da trituração dos resíduos triturados e uma leira testemunha sem trituração. Os resíduos são originários da coleta diferenciada da fração orgânica dos Resíduos Sólidos Domiciliares, realizada pela Prefeitura Municipal de São Carlos. As leiras trituradas se tornaram bioestabilizadas em menor tempo se comparadas com a literatura e com a leira testemunha.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos orgânicos; Compostagem.

Estudo de alternativas de tratamento e disposição final dos resíduos de poda e capina gerados no município de São Carlos/SP

Ramella, Rafael Moura  
(2009)

A geração de resíduos sólidos no meio urbano e a necessidade de sua disposição final fazem parte dos maiores problemas ambientais defrontados pela humanidade atualmente. Os resíduos de poda e capina também fazem parte de tal problemática. O presente trabalho realizou uma quantificação dos resíduos de poda de árvores e capinas destinados ao aterro de RCD do município de São Carlos e o seu destino final, vinculado principalmente ao potencial de tratamento desse resíduo em processo de compostagem, haja vista que depositá-lo em lixões ou aterros sanitários, além da poluição gerada a partir da degradação, comprometem o espaço dos mesmos, diminuindo seu tempo de vida útil. Através do estudo de caso do aterro de resíduos de construção e demolição (RCD) do município de São Carlos pôde-se verificar a dimensão da problemática ocasionada pelos resíduos de poda e capina em um município e, principalmente, em um aterro de RCD, ressaltando a importância de tratamento dos resíduos de poda e capina. A quantificação dos resíduos de poda e capina foi realizada através de um cruzamento de dados obtidos por Córdoba (2009) (em fase de elaboração) e pelo Relatório de Material Coletado, ambos obtidos no aterro de RCD do município de São Carlos, SP. O volume médio mensal obtido foi de 1.000 m<sup>3</sup>. Através de uma análise bibliográfica detalhada foi possível identificar que a compostagem é uma excelente alternativa ao tratamento dos resíduos de poda e capina. Os 280m<sup>3</sup> de composto produzidos mensalmente podem ser totalmente utilizados por instituições municipais (Horto Florestal, Horta Municipal e Prefeitura Municipal) e pelo mercado regional.

**Palavras-chave:** Resíduos de poda e capina; Compostagem de resíduos urbanos; Composto; São Carlos-SP; Aterro de resíduos da construção civil; Resíduos urbanos; Aterros; construção civil.

Estudo da Viabilidade de Alternativas ao Aterro Sanitário e Aproveitamento da Matéria Orgânica dos Resíduos Domiciliares.

Recco, Daniel Molina  
(2014)

Visto a grande quantidade de resíduos sólidos gerados nos municípios, um tratamento da matéria orgânica se faz necessário, já que o material inerte geralmente é reciclado. A proibição da disposição final em aterros sanitários e uma legislação, como a Política Nacional do Meio Ambiente, que cria diversos incentivos políticos ao uso de tecnologias de recuperação energética e compostagem dos resíduos orgânicos. A partir de uma caracterização dos resíduos sólidos domiciliares, pode-se afirmar que o Brasil tem uma produção muito alta de restos orgânicos, e muita energia e produtos de valor comercial são desperdiçados com a disposição final em aterros sanitários. Para isso, foram estudadas sete alternativas diferentes para o tratamento da matéria orgânica, sendo eles a compostagem aeróbia; a biometanização; a incineração; a fermentação; a extração de óleo; a pirólise; e a gaseificação. Para cada técnica, foram avaliados os produtos gerados, os aspectos econômicos, os impactos no meio ambiente, as tecnologias disponíveis e o panorama mundial de uso delas. A partir disso, chegou-se na conclusão de que o Brasil deveria investir mais nas tecnologias de compostagem e biometanização, enquanto as alternativas que envolvem calor e queima ainda não são comercialmente viáveis ou necessárias, já que a matriz energética brasileira é basicamente hídrica e a curto prazo não há planejamento para mudança. Também se faz necessário mais estudos com algumas técnicas, que carecem de exemplos em operação e pesquisas mais voltadas para a área de resíduos sólidos no geral.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos domiciliares; Tratamento; Reaproveitamento energético; Fração orgânica; Resíduos sólidos domésticos; Tratamento de resíduos.

Estudo da qualidade do vermicomposto produzido a partir do composto proveniente da unidade descentralizada de compostagem de São Carlos/SP

Silva, Katia Cristina da Cruz  
(2008)

O presente trabalho de graduação teve como objetivo descrever os procedimentos realizados para avaliar a qualidade do vermicomposto produzido em escala laboratorial. Para tanto, foi realizado o pós-tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) via vermicompostagem, utilizando-se como matéria prima, o composto produzido na Unidade Descentralizada de Compostagem (UDC) de São Carlos/SP. O experimento foi montado no Laboratório de Resíduos Sólidos do Departamento de Hidráulica e Saneamento (EESC/USP). Foram construídas 10 caixas de madeira (0,45 x 0,45 x 0,45), as quais foram preenchidas com a mistura de composto de lixo e areia. As minhocas utilizadas foram as da espécie *Eisenia foetida*. A vermicompostagem, em caixas, foi realizada em duplicatas para compostos com 30 e 60 dias e em triplicata para os compostos com 45 e 90 dias. Análises físico-químicas e bacteriológicas foram realizadas a fim de avaliar a qualidade do vermicomposto em função das legislações vigentes. Os resultados indicaram a importância do estabelecimento de um tempo mínimo de pré-compostagem para eficiência do processo de vermicompostagem (pH, temperatura, e granulometria adequadas para o desenvolvimento das minhocas, etc.). Outro aspecto importante é definir adaptações quanto ao número de minhocas utilizadas ou ao tempo destinado ao processo de vermicompostagem. Neste experimento, o vermicomposto produzido a partir do composto de lixo com 90 dias apresentou os resultados mais satisfatórios frente aos parâmetros físico-químicos e biológicos avaliados.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos urbanos; Resíduos orgânicos; Compostagem; Vermicompostagem; Minhocas; Compostagem de resíduos urbanos.

## Análise de aplicação de uma usina de compostagem no município de Matão-SP

Souza, José Mateus Curado de  
(2018)

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais somente dos resíduos de origem urbana no Brasil foram gerados 78,4 milhões de toneladas de resíduos em 2017, sendo que destes resíduos cerca de 50% representam a fração orgânica. Esta fração pode ser encaminhada para um processo de reciclagem que a transforma em um material nutritivo para o solo. O presente trabalho visa a análise comparativa da proposta atual de usina de compostagem para o município de Matão/SP com outros modelos de usina de compostagem, dando correta destinação a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, como definido na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Para a realização deste trabalho foram levantados dados de solo e material rochoso, um levantamento de características do município como população e por fim foi realizada a comparação entre métodos de compostagem aplicáveis para o município através do dimensionamento do pátio de compostagem e verificando os investimentos iniciais de cada método. O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Matão já tem em vista a criação de uma usina de compostagem pelo método de leira revolvida até 2020 e foi comparado este método com o método de leiras estáticas aerada. Ambos os métodos apresentam baixo custo de investimento sendo que o método proposto no PMGIRS possui maior facilidade de produção de um composto de alta qualidade, porém o método de leira estática aerada garante maior controle do processo evitando emissão de odores e controle sobre a temperatura e a aeração. Conclui-se que o método por leira estática garantiria menor ocupação na área e mais vantagens para o município, porém este não seria a melhor opção econômica já que possui maior investimento por conta das bombas de aeração.

**Palavras-chave:** Compostagem; Resíduos sólidos urbanos ; PMGIRS; Resíduos sólidos; Resíduos sólidos domiciliares.

Compostagem dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do Campus 2 da USP SãoCarlos

Zanette, Pedro Henrique de Oliveira  
(2015)

Em 2010 foi regulamentada a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que instituiu uma série de instrumentos e estratégias com a intenção de alterar a situação dos impactos provocados pelos resíduos sólidos e seu mal gerenciamento, elencando também a hierarquia na gestão de resíduos a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos compõe aproximadamente 50% de toda a massa de resíduos produzida no Brasil. Desta forma desviar dos aterros sanitários esta fração se mostra uma importante e sábia alternativa para cumprir esta hierarquia, evitar impactos gerados nos aterros e também aumentar sua vida útil, além de outros benefícios. Este trabalho teve o intuito de analisar e registrar as experiências ocorridas no pátio de compostagem do Campus 2 da USP São Carlos durante 2013 a 2015. Traz um balanço deste período inicial, seguido de propostas de melhorias em sua metodologia e organização do espaço de trabalho de forma a avançar na adequação do gerenciamento de resíduos sólidos da USP em relação a Política Nacional. Traz também a quantificação de massa de resíduos que foram coletados durante um período que permite a extrapolação de dados para dimensionamento e futuros estudos. Os resultados mostraram que as mudanças na montagem das composteiras trouxeram maior eficiência no trabalho, melhoria na ergonomia, indicaram uma maior eficiência na produção de composto e que este pátio ainda possibilita receber um maior aporte de resíduos. Observou-se também, que a existência desta unidade descentralizada de compostagem dentro de uma instituição de ensino, além de promover correta destinação dos resíduos orgânicos gerados, constitui um importante espaço de aprendizagem, fomentando a educação ambiental da comunidade universitária, assim como das escolas visitantes do projeto. Permite uma melhor formação do profissional de engenharia ambiental por conta da vivência no trabalho prático, onde trata-se mais de 13 toneladas de resíduos em um ano, tendo como produto final o composto.

**Palavras-chave:** Compostagem; Resíduos orgânicos; Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos.



## Reaproveitamento energético dos refugos industriais do processo de rotomoldagem a partir da gaseificação

Zuim, Bruno Brandino  
(2013)

O desenvolvimento do sistema capitalista, o crescimento populacional e o aumento da produção de bens de consumo são alguns dos fatores que contribuem para a geração crescente e, por vezes, desordenada dos resíduos sólidos no planeta. Contudo, em muitos casos não há a prática de destinação e disposição ambientalmente adequada para tais materiais. Possíveis tratamentos para os resíduos englobam processos termoquímicos de reaproveitamento energético, os quais convertem materiais de baixo valor agregado em produtos de interesse, tal como a eletricidade. Este trabalho consistiu, particularmente, na avaliação da instalação de um sistema de gaseificação em uma indústria de médio porte. A partir de um estudo de caso, foram obtidos os dados do processo de transformação de polímeros por seu processo produtivo de rotomoldagem, segundo os quais foi estimada a quantidade de energia possível de ser gerada a partir do poder calorífico da resina polimérica proveniente dos refugos industriais, sendo estes o combustível para o processo de gaseificação. A estratégia metodológica compreendeu a determinação das rotas produtivas e dos equipamentos constituintes do sistema gaseificador. Dessa forma, foram discutidas, primeiramente, as vantagens e as desvantagens da eventual utilização de tal sistema para a empresa do estudo de caso. Por fim, foi considerada tal hipótese para outros possíveis tipos de indústrias presentes no mercado, principalmente no que se refere às diferentes capacidades produtivas. Os resultados destacam, em relação à indústria alvo, que o sistema ainda não é viável, em razão de seu baixo consumo de resina polimérica. No entanto, a discussão aponta uma série de vantagens para esta aplicação em empresas de grande porte. Nestas, além de assegurarem-se demandas poliméricas satisfatórias para a geração de energia elétrica em escalas tangíveis, outros inconvenientes intrínsecos à aquisição do sistema gaseificador são também minimizados. A análise dos resultados permitiu concluir, ainda, que um processo de tratamento de resíduos, tal como a gaseificação, não propicia apenas o benefício energético, mas integra uma das possíveis medidas capazes de desenvolver plenamente um sistema de gestão ambiental empresarial. Este sistema, ao considerar a destinação correta dos resíduos em vez da simples disposição final, contemplaria aspectos econômicos e ambientais. Ao mesmo tempo, a organização fortaleceria sua imagem e projetar-se-ia competitivamente no mercado, minimizando o risco de eventuais prejuízos financeiros.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos; Reaproveitamento energético; Gaseificação; Refugos industriais; Rotomoldagem; Energia elétrica (reaproveitamento); Termoplásticos ( transformação); Gestão ambiental.



# eper

---

Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos

USP



SHS

Departamento de Hidráulica e Saneamento