

ANÁLISE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) NO BRASIL E A USINA DE WASTE-TO-ENERGY (WTE) COMO SUGESTÃO DE DESTINAÇÃO FINAL

Ravena Glicéria Noll Diniz¹

Selma Clara de Lima²

Verônica Viviane de Melo³

Hygor Aristides V. Rossoni⁴

Tecnologia Ambiental

Resumo

Um país onde os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são destinados em sua maioria em locais inadequados, este, ainda possui grandes desafios para a gestão desses resíduos, os impactos pela má gestão, não se limita apenas a saúde pública, por meio dos vetores de agentes químicos, físicos e biológicos, mas, também a não geração de renda e toda questão social negligenciada quando não é dado uma destinação ambiental ao resíduo. A política nacional de resíduos sólidos (PNRS) lei N.º12.305/2010 enfrenta desafios para a destinação ambientalmente adequada e disposição final dos resíduos, somando ao aumento na geração de resíduos advindo da industrialização e modelo econômico urbano instalado. Para reafirmar essa necessidade, o decreto N.º14.043/22 do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), orienta o encerramento dos lixões e aterros controlados até 2024. O potencial energético dos resíduos sólidos (RU) é enorme e pode reduzir drasticamente a área necessária para aterros sanitários, seja com uso de incineração e processamento biológico, no entanto, a incineração é um método que apresenta como desvantagem o alto custo, para implantação e precisa de adoção de políticas públicas e incentivos. No processo de reciclagem, os resíduos podem ser usados como fonte de energia térmica, utilizando tecnologias conhecidas mundialmente como *Waste-to-Energy* (WTE). O artigo teve como objetivo avaliar a geração de RSU no Brasil através da metodologia quali-quantitativo com caráter exploratório com levantamento bibliográfico e apresenta a tecnologia WTE como recuperação energética como um método para tratar resíduos e transformá-los em energia

Palavras-chave: Incineração; Recuperação Energética; Reciclagem; Aterro Sanitário

¹Mestranda em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental (MPSTA) do IFMG - Campus Bambuí/MG, ravena.diniz@ufv.br;

²Mestranda Profissional em Tecnologias Sustentáveis (PPGTECS) do IFES – Campus Vitória/ES, selmasclima@gmail.com;

³Especialista em Gestão Sustentável e Meio Ambiente PUC-PR, melo.veronicaviviane@gmail.com;

⁴Profº Drº. da UFV - Campus Florestal e do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental (MPSTA) do IFMG - Campus Bambuí/MG.

INTRODUÇÃO

A disposição em áreas inadequadas dos resíduos sólidos tem se tornado uma perturbação ao meio ambiente e à vida, especialmente em países em desenvolvimentos como o Brasil (HENRIQUES, 2004). A maioria dos RSU coletados no Brasil, continua tendo como destinação final os aterros sanitários, representando aproximadamente 61% do total dos resíduos coletados, enquanto 39% são destinados a locais inadequados, um número relevante para um país que já teve várias atualizações de leis e criação de novo de saneamento básico indicando prazos definidos para extinção dos lixões (ABRELPE, 2022). Os resíduos lançados, acarretam poluição do ar, contaminação do solo, poluição visual, além de se tornar vetores de agentes químicos, físicos e biológicos.

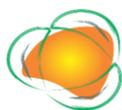
A recuperação energética é um método para tratar resíduos e transformá-los em algum tipo de energia. Após passar por um processo de reciclagem, os resíduos, tanto os urbanos como os demais (industriais, comerciais, do agronegócio, das estações de tratamento de lodos e os pneus usados), em sua maioria, podem ser usados como fonte de energia térmica, utilizando tecnologias conhecidas mundialmente como *Waste-to-Energy* (WTE). Desta forma, os resíduos substituem os recursos naturais não renováveis, com grandes ganhos ambientais e sociais.

A produção de energia térmica através da combustão de resíduos sólidos urbanos, e diversas tecnologias foram desenvolvidas nas últimas décadas para recuperar a fração energética não reciclável dos resíduos, com avanços nos países da Europa, nos Estados Unidos e no Oriente, principalmente na China e no Japão (LIMA, 2017).

O objetivo do artigo é avaliar a geração dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil e apresentar a usina WTE e a produção de energia através da incineração dos resíduos como solução para minimizar os impactos causados pela destinação final inadequada desses.

Realização

Apoio



METODOLOGIA

O método utilizado nas pesquisas foi quali-quantitativo com caráter exploratório com levantamento bibliográfico para buscar conhecimento que desse uma visão panorâmica sobre USINAS WTE e geração de Resíduos nas plataformas: CAPES, Google Acadêmico e sites de associações como ABRELPE, ABREN, SINIR entre outros e órgãos representativos. As palavras utilizadas nas plataforma e sites para pesquisas foram: resíduos sólidos, incineração de resíduos, usinas WTE, tecnologia para geração de energia, energia por meio de usinas, leis e normativas referente a resíduos. Foram utilizadas referências de autores já consolidados e associações de referência em resíduos no Brasil para entender e concluir o objetivo do trabalho. Foram ainda utilizados dados dos panoramas da Abrelpe para elaborar tabelas e gráficos e utilizaram-se ferramentas matemáticas e estatísticas, a saber: variação e média aritmética.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Panorama dos RSU no Brasil

Conforme Cunha (2001), a produção/consumo exagerados do mundo moderno convergem para a má gestão dos resíduos provenientes dos processos, além de causar impactos financeiros significativos e danos ambientais, colocando em xeque a viabilidade da sustentabilidade da gestão. É notável mencionar que a produção de resíduos sólidos não é uniforme e abrangente, pelo contrário, acontece mais especificamente onde as políticas públicas, leis e empresas são mais bem estruturadas, principalmente financeiramente.

Segundo a ABRELPE, no Brasil em 2022 foi gerado um total de 81.811.506 t/ano, cerca de 381 kg/hab/ano. Deste total, as regiões campeãs na geração de resíduos são sudeste 49,7% seguida pelo nordeste com 24,7%, sul 10,6% enquanto as regiões norte e centro oeste empatam representando 7,5% de geração de resíduos.

O gráfico 01, demonstra a geração de RSU dos últimos 10 anos.

Realização

Apoio

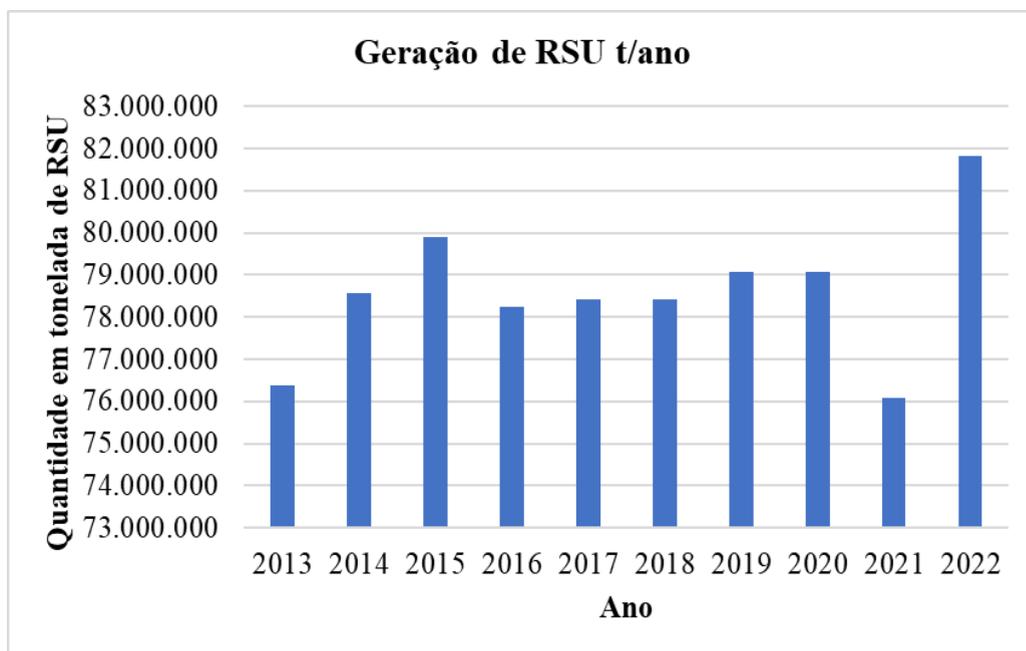
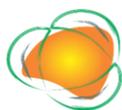


Figura 01 - Gráfico geração de RSU no período de 2013 a 2022.
Fonte: Abrelpe (2022)

Conforme pode ser observado de 2013 a 2015 houve um aumento considerável da geração dos RSU no Brasil, em 2016 a 2018 houve uma estabilização no patamar da geração, porém, em 2019 e 2020, houve um aumento, a partir dos dados registrados em 2021 observa-se que o RSU gerados no país teve queda e as possíveis razões podem estar relacionadas às novas dinâmicas sociais, e devido à variação no poder de compra de parte da população, e no ano de 2022 houve crescimento que também pode ser explicado pela retomada da economia (ABRELPE,2022).

A seguir, encontra-se a tabela 01 contendo a análise da diferença anual na geração nacional de resíduos.



Ano	Geração t/ano	Δ geração t/ano
2013	76,4	
2014	78,6	2,2
2015	79,9	1,3
2016	78,3	-1,6
2017	78,4	0,1
2018	78,4	0
2019	79,1	0,7
2020	79,1	0
2021	76,1	-3
2022	81,8	5,7

Tabela 01 - Geração anual de RSU e desvio por t/ano.

Fonte: Abrelpe (2022)

Observando a tabela 01, percebe-se que as variações na geração de RSU não são constantes.

Segundo a ABRELPE, 2014, em 2013 o Brasil gerou 76. 387, 200 toneladas de resíduos por ano, enquanto em 2022, o país gerou 81. 811, 506, um aumento de 8% em relação aos últimos 9 anos.

Considerando uma projeção de aumento de 8 por cento a cada 9 anos em 45 anos teremos 32% de aumento na geração dos resíduos conforme gráfico 2.

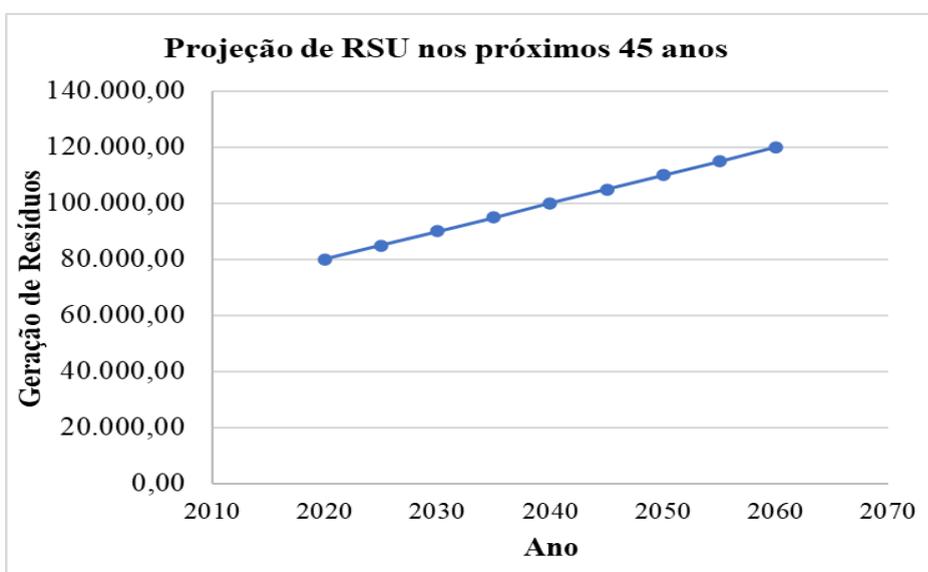


Figura 02 - Gráfico projeção da geração de resíduos

Fonte: Abrelpe (2022)

Realização

Apoio

Segundo a Abren 2021, o Brasil permanece em uma situação de ilegalidade depositando 96% dos resíduos em aterros sanitários sem nenhum tipo de tratamento, isso acarreta um prejuízo aos cofres públicos de R\$5,4 bilhões/ano em tratamento de saúde em função do contato inadequado com o lixo. Conforme o gráfico 2, essa geração, mantendo a proporção de geração dos últimos 10 anos, e continuando a incorreta disposição desses resíduos, o Brasil teria um prejuízo de R\$243 bilhões/ano em saúde.

O Sistema de informações sobre a gestão de resíduos sólidos (SINIR) traz em seu relatório 2019 que 2073 municípios representando 37% estão em situação adequada para disposição final de resíduos, enquanto 1807, um total de 32% dos municípios estão em situação irregular com disposição inadequada e os não declarantes são 1690 que corresponde aproximadamente 31%.

Ainda segundo o Sinir, somente 2181 municípios possuem aterro sanitário. Considerando o total de municípios, 5570 apenas 2181 municípios representando 39,15% possuem aterro sanitário. Conforme demonstrado no gráfico (SINIR, 2019).

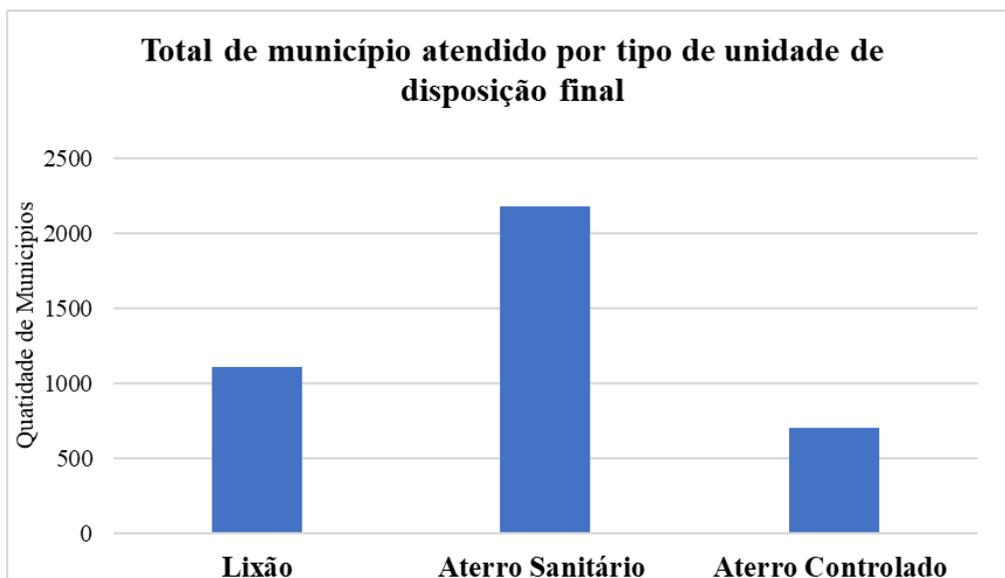
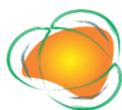


Figura 03 - Gráfico disposição final de RSU por municípios
Fonte: Sinir (2019)



A lei N.º 12.305/2010 determina que todas as prefeituras do país teriam que construir até 2014 os aterros sanitários ambientalmente adequados à disposição final dos resíduos. Para reafirmar essa necessidade, o decreto N.º 14.043/22 do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), orienta o encerramento dos lixões e aterros controlados até 2024. Pode-se observar no gráfico 02, ainda temos aproximadamente 1700 municípios dos 5570 municípios brasileiros, realizando sua disposição de forma incorreta e aproximadamente. Enquanto apenas 2000 municípios seguiram as determinações legais cumprindo o estabelecido (BRASIL, 2010)

É natural que os aterros sanitários sejam uma solução comum para disposição de resíduos sólidos em muitos lugares ao redor do mundo. No entanto, eles também têm alguns problemas ambientais significativos, que envolvem a ocupação de grandes áreas, emissão de gases tóxicos, produção de líquidos inflamáveis, vetores de doenças e contribuem para o aquecimento global e para a queda na qualidade de vida das pessoas. Além disso, as águas pluviais que entram em um aterro podem se misturar com os resíduos para formar um líquido chamado "lodo" que pode contaminar o solo e os recursos hídricos próximos ao aterro (PICCHIAI e SENIGALIA, 2019).

Segundo Gouveia 2012, uma vez acondicionados em aterros, os resíduos sólidos podem comprometer a qualidade do solo, da água e do ar, por serem fontes de compostos orgânicos voláteis, pesticidas, solventes e metais pesados, entre outros. Os Impactos causados por aterros sanitários são subdivididos por categorias, sendo eles: físico, biótico e socioeconômico.

Incineração dos Resíduos e Usinas WTE

A incineração dos RSU segundo Leme et al.,2014 é mais vantajosa do que a disposição em aterro, devido a isso a tecnologia vem sendo recomendada pela PNRS para recuperação de energia, pois são alternativas complementares para reduzir a quantidade de rejeitos disposta em aterros sanitários e colaboram com a destinação do resíduo gerado. A energia obtida no processo pode ser entendida como um produto de reciclagem, que poupa outras fontes e contribui para a economicidade da destinação.

Atualmente os tipos mais comuns de resíduos que são incinerados são os resíduos industriais não perigosos (Classe II), resíduos líquidos (Classe I e II), resíduos da saúde - RSS (Grupos A, B e E), resíduos e reagentes químicos. Embora a incineração ainda não seja uma realidade comum nos países, ela produz diversos efeitos positivos que envolvem a redução do número de aterros sanitários, produzem energia renovável, cria empregos e traz desenvolvimento socioeconômico à sociedade (BUONANO et al, 2011).

O avanço tecnológico está permitindo a alteração de práticas tradicionais, com diversas vantagens financeiras, sociais e ambientais ao redor do mundo e o Brasil está dando passos na utilização de resíduos para recuperação energética e geração de energia. Previsto para entrar em operação em 2025, situada na cidade de Barueri/SP a primeira usina da América Latina de WTE (UREbarueri, 2021). A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 16849:2020 que trata dos Resíduos Sólidos Urbanos para fins energéticos está referenciada na lei N.º 12.305/10 que trata da recuperação energética de RSU no país.

Os incineradores funcionam como as usinas térmicas onde o lixo incinerado substitui a queima de gás, carvão ou óleo para geração de energia elétrica. A energia é gerada através da produção de gases pela combustão de resíduos, esse processo de combustão, garante o tratamento sanitário e destruição de todos os componentes orgânicos. No processo os resíduos são segregados de acordo com seu potencial de energia, abaixo encontra-se o modelo de processo de tratamento térmico (VGResíduos, 2021).

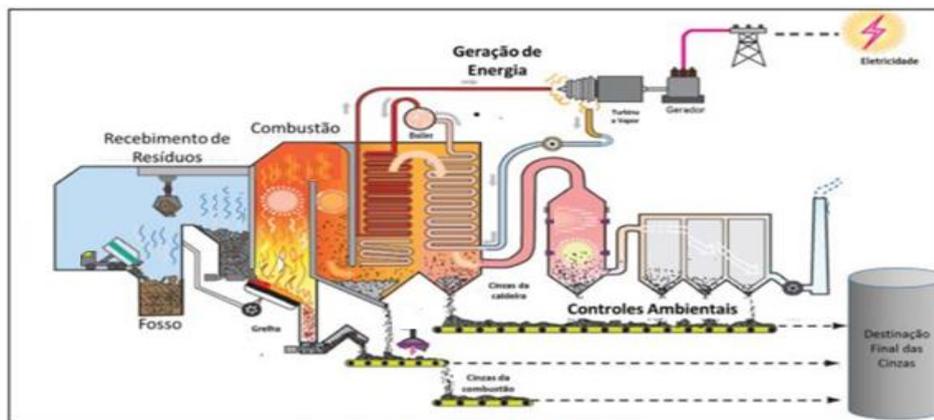
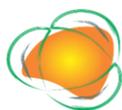


Figura 04 - Esquema de uma planta de incineração

Fonte: Delta Way Energy (2023)

Realização

Apoio



A incineração dos resíduos, por se tratar de uma vasta diversidade de produtos, precisa de um rigoroso controle de emissões, que podem ser controlados ambientalmente com o tratamento dos gases emitidos com sistemas de neutralização e filtração para materiais particulados e retenção de compostos (KUMAR e SAMADDER, 2017). O RSU também pode ser colocado junto à queima de carvão, a coqueima de carvão e à queima conjunta de dois ou mais combustíveis para geração de energia.

Considerando que os aterros possuem vida útil e a escassez de áreas licenciadas, a incineração através da tecnologia WTE para cogeração de energia, vem sendo uma alternativa para melhorar o gerenciamento dos RSU, a incineração é um importante meio de destinar resíduos e produzir coprodutos com viabilidade financeira. Trata-se da maneira mais eficiente de destinar os rejeitos que iriam para os aterros, causando dano ambiental irreversível (ABES, 2015).

O tratamento térmico de resíduos sólidos, conhecido como usinas WTE, é uma ferramenta de gestão sustentável dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), com muitos benefícios ambientais e energéticos. Refere-se a um grupo de tecnologias que visa produzir energia através da queima dos resíduos, que englobam a produção de gás, cimento e calor. Consideram-se vantagens das usinas WTE o fato de exigir menor área de implantação, maior vida útil em comparação aos aterros, produção de energia, não emissão de gases poluentes, viabilidade técnica de instalação, capacidade de reciclagem de até 99% dos RSU, produção contínua de energia.

Segundo a Abrelpe 2022, no Brasil, de todos os RSU coletados, apenas 4% são reciclados, ainda temos pouca educação ambiental e políticas públicas que facilite a gestão dos RSU ambientalmente adequados, sabemos que, a coleta seletiva, assim como a reciclagem e compostagem, são soluções que melhoram a vida útil dos aterros sanitários. Dito isso, para implantação do sistema de incineração é necessário que os municípios apresentem um Plano de Gestão de Resíduos Sólidos que enfatize a coleta seletiva e o transporte correto dos resíduos como condições primordiais para a existência do processo de incineração, garantindo assim a integração ao sistema de WTE.

É importante observar que ações estruturais tais como a recuperação energética poderá ser utilizada não só para resolver os problemas urgentes de eliminação de resíduos, mas também diversos outros desafios concomitantes: carência na geração de energia, falta de espaço para aterros e a emissão de gases de efeito estufa através da eliminação inadequada de resíduos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema moderno de gestão de resíduos busca não apenas a destinação correta, mas auxiliar no ciclo econômico, seja como matéria-prima secundária, ou na geração de energia, dessa forma a WTE é uma tecnologia que colabora com recuperação de energia a partir do resíduo, sempre em consonância com o PNRS, incentivando a redução de resíduos gerado a disposição ambientalmente adequada e por último a geração de energia.

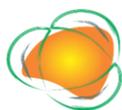
Em 2019 apenas 2181 municípios estavam com situação regular, enquanto o Novo Marco regulatório prevê a extinção de aterros controlados e lixões até 2024. Os lixões e aterros controlados estão presentes em 32% dos municípios brasileiros, enquanto 31% dos municípios não declararam ao SINIR a situação de disposição dos resíduos, dificultando a vida dos pesquisadores.

A geração de energia através da tecnologia WTE, pode além de resolver os problemas ambientais causados pela destinação dos RSU a aterros, aliviar a matriz energética brasileira colaborando com o desenvolvimento sustentável. No Brasil, a tecnologia WTE ainda se mostra como inovação, mas em países desenvolvidos casos de sucesso já foram declarados, o que pode ser uma referência para a adoção do método. São infinitos os benefícios da tecnologia WTE como diminuição da poluição do solo, da água e ar, porém, não existe uma lei estabelecendo diretrizes para o uso da tecnologia das usinas WTE. Faz-se necessário, incentivos financeiros e políticas públicas para implementação das WTEs nos municípios brasileiros.

REFERÊNCIAS

Realização

Apoio



Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABELPE). **Download Panorama**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 10 junho 2023.

Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos (ABREN). **Brasil pode ter 2,3 GW e solução de saneamento com usinas WTE (CanalEnergia)**. Disponível em: <https://abren.org.br/2021/05/13/brasil-pode-ter-23-gw-e-solucao-de-saneamento-com-usinas-wte-canalenergia/>. Acesso em: 10 junho 2023.

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). **URE – barueri (unidade de recuperação energética)**. Disponível em: <http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clipping/ler/5808/ure-barueri-unidade-de-recuperacao-energetica-de-residuos-solidos>. Acesso em: 10 julho 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 16849:2020 **trata dos Resíduos Sólidos Urbanos para fins energéticos – Requisitos, em recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos referenciados**.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. **Diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis**. Diário Oficial da União, p. 1, Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022. **O Plano Nacional de Resíduos Sólidos Diretrizes, estratégias, ações e metas para modernizar a gestão de resíduos sólidos no País, de forma a colocar em prática os objetivos previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da União, p. 1, Brasília, DF, 2022.

BUONANNO, G.; STABILE, L.; AVINO, P.; BELLUSO, E. Chemical, dimensional and morphological ultrafine particle characterization from a waste-to-energy plant. *Waste Management*, v. 31, n. 11, p. 2253-2262, 2011.

CUNHA, V. **Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas** Piracicaba, 2001. Dissertação (M. S.). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.

DELTA WAY ENERGY. **Waste-to-Energy: How It Works**. Disponível em: Acesso em: Acesso em: 10 maio 2023.

GOUVEIA, Neslson. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

HENRIQUE, Rachel Martins. Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: Uma abordagem tecnológica. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%20C3%A7%20B5es/mestrado/Rachel_Martins_Henriques.pdf. Acesso em: 10 julho 2023.

KUMAR, A.; SAMADDER, S. R. **A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste**. *Waste Management*. v. 69, p. 407- 422, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.046>.

LEME, M. M. V.; ROCHA, M. H.; LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J.; LOPES, B. M.; FERREIRA, C. H. **Techno-economic analysis and environmental impact assessment of energy recovery from Municipal Solid Waste (USW) in Brazil**. *Resour. Conserv. Recycl.*, v. 87 p. 8-20, 2014.

Realização

Apoio



LIMA, Fagner Michel de Andrade. **Panorama de geração de energia elétrica a partir de resíduo sólido urbano.** Disponível em:

<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/18747/1/FAGNER%20MICHEL%20DE%20ANDRADE%20LIMA%20-%20TCC%20ENG.%20EL%C3%89TRICA%202017.pdf>. Acesso em: 10 julho 2023.

MENDONÇA, Felipe Lima de. **Caracterização das cinzas de incineração de resíduos sólidos de serviços de saúde para inserção em ciclos produtivos e ambientais.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

PICCHIALI, Djair e SENIGALIA, Fabi. **Gestão de Resíduos Sólidos Integrada às Responsabilidades das Micro e Pequenas Empresas e do Poder Público Municipal.** Disponível em: <8433-Texto%20do%20artigo-41682-1-10-20191017.pdf>. Acesso em: 10 junho 2023.

Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR). **Painel de Destinação.** Disponível em: <https://sinir.gov.br/paineis/destinacao/> Acesso em: 25 maio 2023.

Realização

Apoio