



## PANORAMA BRASILEIRO DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA A GERAÇÃO DE BIOGÁS EM ÁREAS DE ATERRO SANITÁRIO

### BRAZILIAN PANORAMA OF THE ENERGY USE OF MUNICIPAL SOLID WASTE FOR THE GENERATION OF BIOGAS IN LANDFILL AREAS

Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno<sup>1</sup>  
<https://orcid.org/0000-0003-3291-4221>

Edimar Lia Pontarolo<sup>2</sup>  
<https://orcid.org/0000-0003-2538-7080>

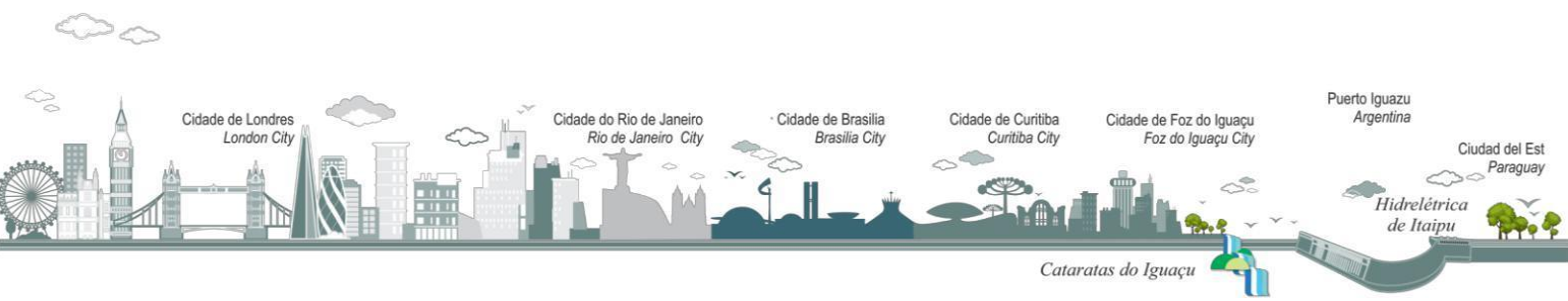
**Resumo:** O consumismo é uma das consequências do capitalismo, que em conjunto com o aumento populacional tem contribuído com o crescimento desordenado de resíduos gerados diariamente. O biogás pode ser gerado por diversas fontes, inclusive por resíduos presentes em aterros sanitários, assim ele tem se apresentado como uma possibilidade de atenuar as necessidades energéticas da sociedade atual. O principal objetivo deste estudo é apresentar e discutir o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos para a produção de biogás em áreas de aterro sanitário. Constatou-se que os aterros sanitários representam uma tecnologia de tratamento dos resíduos sólidos urbanos, que possuem grandes possibilidades de aproveitamento, a partir da gestão eficiente dos materiais. Portanto, o aproveitamento energético do biogás pode ser caracterizado como uma fonte para a geração de energia e possibilidade de utilização do gás metano, que é um poluente de alto potencial de aquecimento global. Logo, o aproveitamento energético do biogás oferece vantagens tanto para a saúde pública quanto para o equilíbrio do meio ambiente. No entanto, é preciso um estudo e projeto detalhado, para que se identifique a viabilidade do investimento, possíveis entraves na adoção dessa prática e expectativas futuras em relação ao aproveitamento energético do biogás.

**Palavras-chave:** Energias renováveis. Impactos ambientais. Potencial energético.

**Abstract:** Consumerism is one of the consequences of capitalism, which together with population growth has contributed to the disorderly growth of waste generated daily. Biogas can be generated by several sources, including waste present in landfills, so it has been presented as a possibility to mitigate the energy needs of today's society. The main objective of this study is to present and discuss the energy use of solid urban waste for the production of biogas in landfill areas. It was found that sanitary landfills represent a technology for the treatment of urban solid waste, which has great possibilities for use, based on the efficient management of materials. Therefore, the energy use of biogas can be characterized as a source for the generation of energy and the possibility of using methane gas, which

<sup>1</sup> Mestra em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil. [taiane\\_nep@hotmail.com](mailto:taiane_nep@hotmail.com)

<sup>2</sup> Mestra em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil. [edimarlia@hotmail.com](mailto:edimarlia@hotmail.com)





is a pollutant with a high global warming potential. Therefore, the use of biogas energy offers advantages both for public health and for the balance of the environment. However, a detailed study and project is needed, in order to identify the feasibility of the investment, possible obstacles in the adoption of this practice and future expectations regarding the energy use of biogas.

**Key Words:** Renewable energy. Environmental impacts. Energy potential.

## INTRODUÇÃO

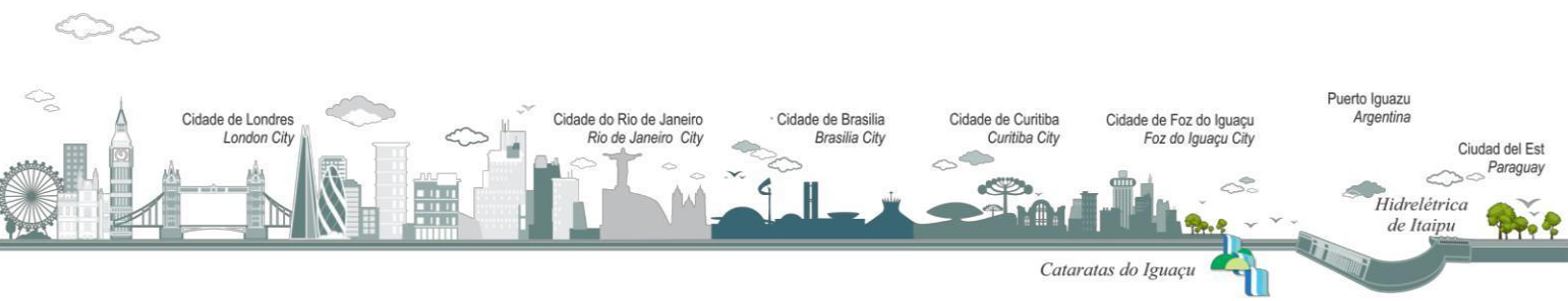
Em todo o mundo, estima-se que sejam coletados por ano cerca de 1,3 bilhões de toneladas de resíduos sólidos (PNUMA, 2011). Em 2018, no Brasil foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos, sendo que desse montante 72,7 milhões foi coletado. Contudo, 40,5% desses resíduos foram enviados para lixões ou aterros controlados, que não apresentam sistemas fundamentais à proteção do meio ambiente e a saúde das pessoas (ABRELPE, 2019).

Nesse contexto, o desenvolvimento tecnológico, o individualismo e o sistema capitalista favorecem o modo de vida consumista. Hoje, principalmente, nota-se que as pessoas consomem de modo exagerado, o que demanda uma maior produção e, conseqüentemente, corrobora com a geração residual desenfreada.

Como é sabido, toda atividade produtiva gera impactos ambientais, principalmente quando se extrai matéria-prima em grande quantidade e se produz elevado montante de materiais descartados. No entanto, tendo em vista que as destinações atuais não dão conta de solucionar os problemas ambientais relacionados aos resíduos sólidos, recorrem-se a alternativas que atendam as demandas ambientais, sociais e econômicas da sociedade atual.

Com a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, o Brasil estabeleceu princípios, instrumentos e propósitos inerentes à gestão de resíduos sólidos em conjunto com toda sociedade, tendo em vista a reutilização, diminuição, reaproveitamento, tratamento correto dos resíduos e, além disso, a condição final dos restos residuais de forma ambientalmente apropriada, como um imperativo de desenvolvimento integral (BRASIL, 2010).

Nos últimos anos, setores públicos e privados estão investindo em energias renováveis, portanto, observa-se um aumento no número de aterros sanitários, em virtude da





obrigatoriedade da destinação dos resíduos, e de modo consequente, a expansão na produção do biogás nessas áreas. O biogás gerado em aterros surge, portanto, como uma possibilidade de aproveitamento e fornecimento de energia, em razão da quantidade de matéria-prima e de sua alta capacidade energética (IEA, 2015; LOSS *et al.*, 2016).

O principal objetivo deste estudo é apresentar e discutir o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos (RSU) para a produção de biogás em áreas de aterro sanitário.

## ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

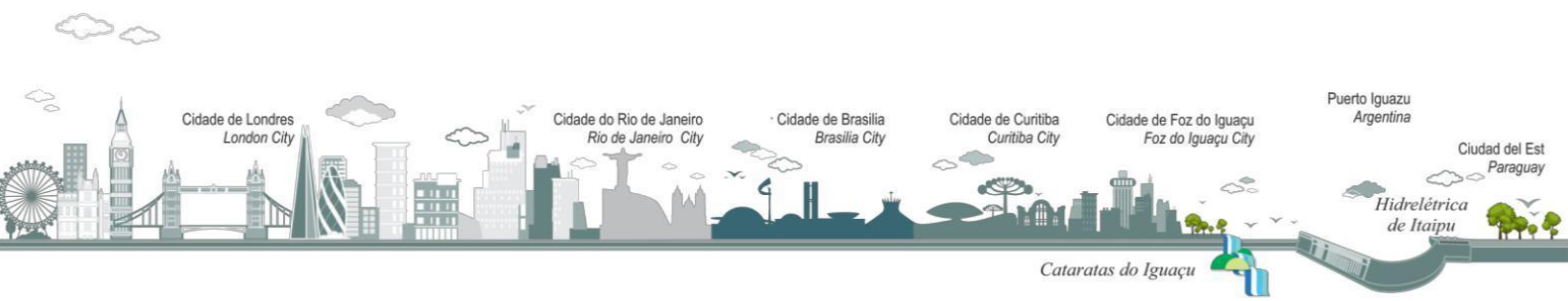
Esta pesquisa de caráter exploratório, foi desenvolvida a partir de uma revisão integrativa de literatura. Foram consultados artigos científicos, legislações e documentos oficiais. Os elementos qualitativos foram organizados segundo o objetivo do artigo e os quantitativos organizados por estatística simples, com o auxílio do *software* Microsoft excel. Inicialmente, os materiais foram selecionados e organizados por grandes temas, em seguida realizadas leituras e, posteriormente, fichamentos com os dados mais relevantes.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Resíduos sólidos: definição e panorama geral no Brasil

O consumismo é uma das principais fontes de geração de resíduos. No entanto, em diversas situações e contextos, não há um programa de descarte adequado e isso intensifica seus prejuízos socioambientais. Segundo a NBR 10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os resíduos sólidos são aqueles que:

[...] resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções, técnica e economicamente, inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p. 1).







A Agenda 21 destaca que os resíduos de categoria sólida “[...] compreendem todos os restos domésticos e resíduos não perigosos, tais como os resíduos comerciais e institucionais, o lixo da rua e os entulhos de construção” (CNUMAD, 1992, p. 280). Nota-se, que essas definições remetem a origem dos resíduos sólidos na atividade humana.

Para enfrentar problemas relacionados à geração de resíduos, a Lei nº 12.305/10 instituiu a PNRS. Em seu artigo 9º, tem como prioridade a não geração de resíduos, e quando isso não for possível, realizar (propondo a prática de hábitos de consumo sustentável) a reutilização daquilo que economicamente é viável, posteriormente, o tratamento e em último caso, a disposição final adequada daquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado.

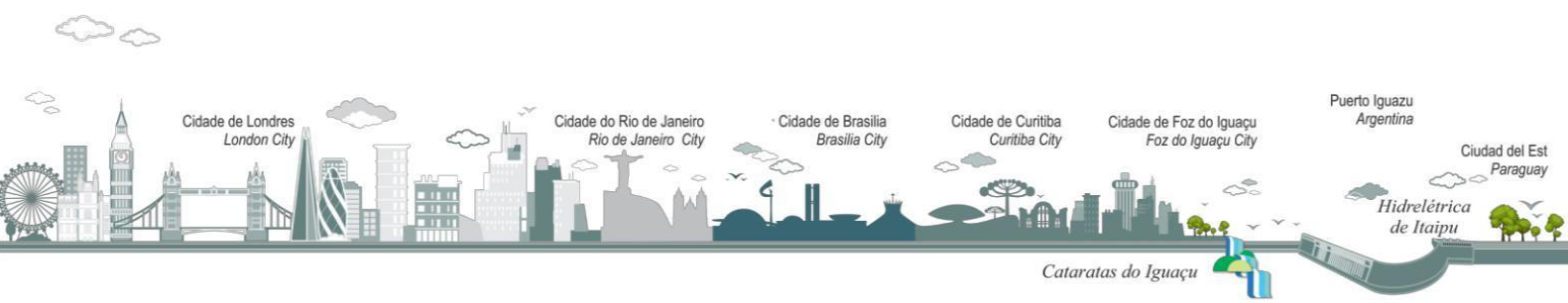
Com a criação da PNRS, o Brasil projetou seu olhar para a temática ambiental, mostrando um posicionamento teórico moderno se comparado a outros países, pois, a legislação brasileira, mostra-se como:

participativa e democrática na resolução dessa problemática, principalmente dando oportunidade de discussão e participação política de toda a sociedade civil, governantes e empresários, principalmente garantindo a participação dos catadores de resíduos sólidos nessa discussão, que representa a base desse processo. [...] reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (NUNES, 2012, p. 35)

A partir da aprovação da PNRS, deu-se início a uma nova forma de gestão, especialmente a medida em que projeta as responsabilidades para todos os envolvidos no processo, inclusive as fontes geradoras. Contudo, apesar de esta Lei estar prevendo modificações, diversas recomendações ainda não saíram do papel.

Nessa perspectiva, a PNRS, previa o encerramento das atividades dos lixões e aterros controlados pelas administrações municipais, que deveria substituí-los por aterros sanitários ou industriais. Conforme pesquisa realizada por Canto (2014), 60,7% dos municípios brasileiros não haviam efetivado o que estava previsto na Lei.

O destino dado aos resíduos sólidos, como coleta, destinação final e limpeza pública, levou quase uma década para ser estendido a todos os municípios do país (IBGE, 2010). E,

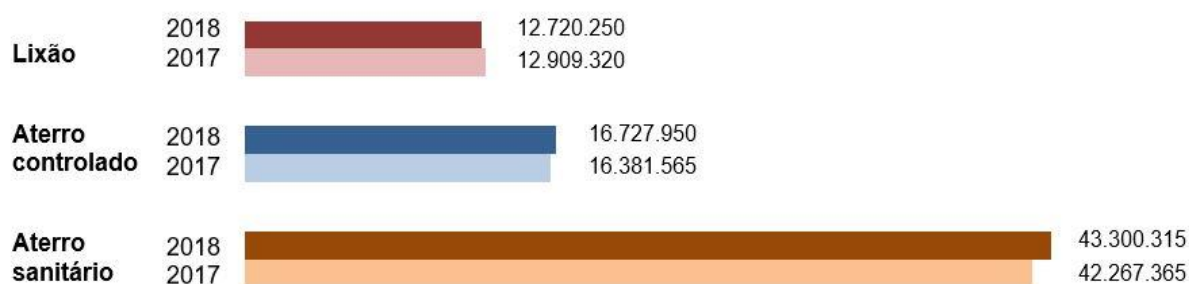




apesar disso, a geração de RSU no ano de 2018, no Brasil, apresentou um aumento de pouco menos de 1%, em relação à 2017, produzindo 79 milhões de toneladas. A partir do montante coletado (92%), nota-se que 6,3 milhões de toneladas, não coletadas, tiveram um destino impróprio. Outro dado importante mostra que o volume coletado diariamente cresceu 1,66% de 2017 para 2018, ratificando assim o aumento na produção de resíduos (ABRELPE, 2019).

A quantidade de RSU enviados para aterros sanitários em 2018 no Brasil cresceu 2,44% (ABRELPE, 2019). Em consequência disso, os aterros controlados também tiveram seus números de recebimento de RSU aumentados, enquanto os lixões tiveram seu percentual de recebimento minimizado, conforme o Gráfico 1.

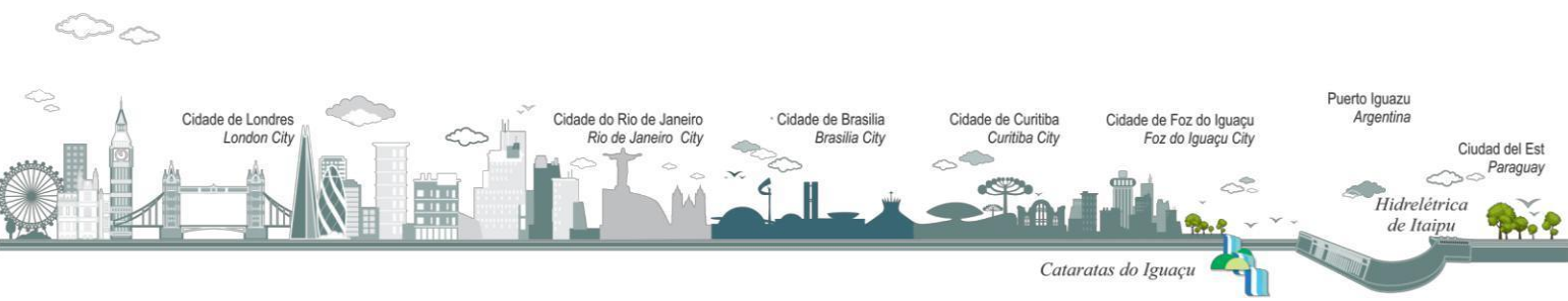
Gráfico 1 – Destinação final de RSU no Brasil (toneladas/ano)



Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2019.

De forma geral, os aterros sanitários constituem-se locais de destinação final dos resíduos sólidos de uma sociedade capitalista, que tem seus modos de consumo influenciados por uma mídia pautada em publicidade de produtos, que acaba fazendo as pessoas perceberem o consumismo exagerado como uma atividade inerente a eles próprios.

Logo, a grande produção de resíduos gera prejuízos muitas vezes irreversíveis ao planeta, se não forem dispostos de forma técnica e ambientalmente apropriada (ABREU, 2014). Portanto, com a obrigatoriedade de destinação dos resíduos em aterros, pode-se inferir um crescimento sobre o número de empreendimentos dessa natureza, junto a crescente produção de biogás.





## Biogás: aspectos gerais e potencial

O biogás é classificado como um biocombustível, e representa, portanto, uma fonte de energia renovável que pode ser adquirido de forma natural ou artificial, podendo ser usado para a geração de energia térmica, mecânica, elétrica ou biometano. É um gás que pode ser obtido a partir de esgoto, esterco, resíduos, compostos orgânicos e alimentos (ABREU, 2014).

Esse gás é produto da decomposição da matéria orgânica, realizado por micro-organismos anaeróbicos, na privação de oxigênio. É um composto de gases com predominância em metano, que pode representar até 75% da composição, variando de acordo com a fonte geradora (DIAS; SOARES, 2014). Além disso, ele é composto por diferentes gases, como dióxido de carbono, nitrogênio, amônia e outros. A composição média do biogás pode ser verificada na Tabela 1:

Tabela 1 – Composição média do biogás procedente de diferentes resíduos orgânicos.

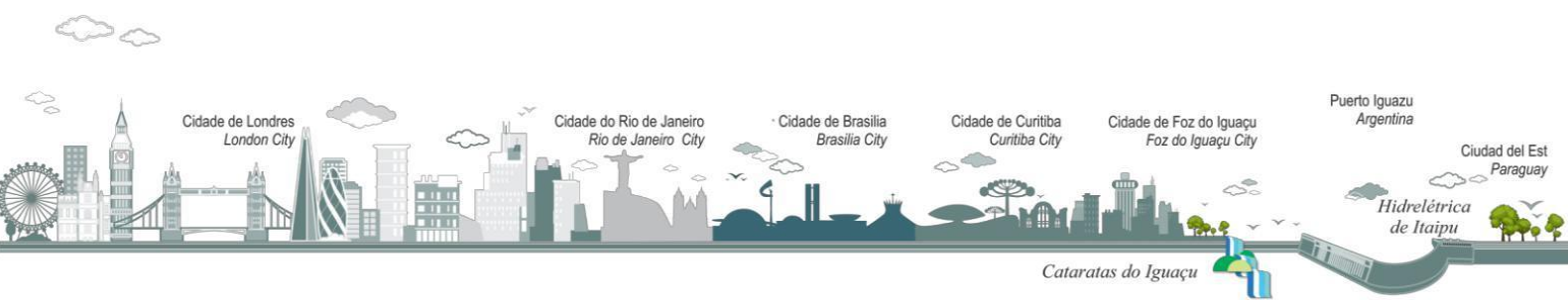
Tipos de gás	Porcentagem (%)
Metano (CH <sub>4</sub> )	40 a 75
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	25 a 40
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	0,5 a 2,5
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	0 a 1,1
Sulfeto de Hidrogênio (H <sub>2</sub> S)	0,1 a 0,5
Amônia (NH <sub>3</sub> )	0,1 a 0,5
Monóxido de Carbono (CO)	0,0 a 0,1
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	1 a 3

Fonte: Adaptado de Castañon, 2002.

A quantidade de gases presentes pode sofrer variações, pois, depende da matéria-prima utilizada. Além disso, sua qualidade recebe influências de inúmeros fatores, a citar: acidez, período de disposição dos resíduos, umidade e impermeabilidade do ar (ABREU, 2014).

A grande presença de metano no biogás e o aproveitamento deste, torna-se uma alternativa sustentável. Além da geração de energia, sua queima resulta em benefícios que podem colaborar com a conservação e manutenção do planeta, já que é considerado um gás com grande potencial de efeito estufa (VIEIRA *et al.*, 2015).

Nesse sentido, a utilização do biogás possui vantagens que englobam a preservação das águas superficiais e subterrâneas, a geração de empregos e o incentivo ao







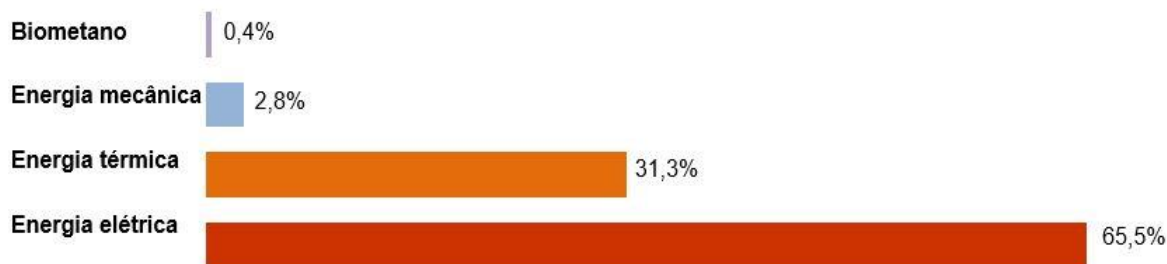
desenvolvimento tecnológico (SALOMON *et al.*, 2012). Isso torna o biogás uma ótima fonte energética para o Brasil, contudo sua viabilização depende de esforços coletivos e políticas públicas adequadas, pois, mesmo sendo um modo eficiente para a geração de energia e com grande potencial de crescimento, é uma tecnologia considerada cara.

Segundo o relatório de biogás e biometano do Mercosul, em 2015, o Brasil contava com 127 unidades produtoras de energia a partir de biogás, com uma produção média de 1,6 milhões de metros cúbicos de biogás por dia. Nesse mesmo período, havia 10 unidades em reforma e 22 em fase de instalação, o que totalizava 153 unidades cadastradas no Centro Internacional de Energias Renováveis – CIBiogás (GABH, 2017). Além disso, observa-se predominância das unidades produtoras de energia a partir de biogás, especialmente nas regiões sudeste, centro-oeste e sul do país.

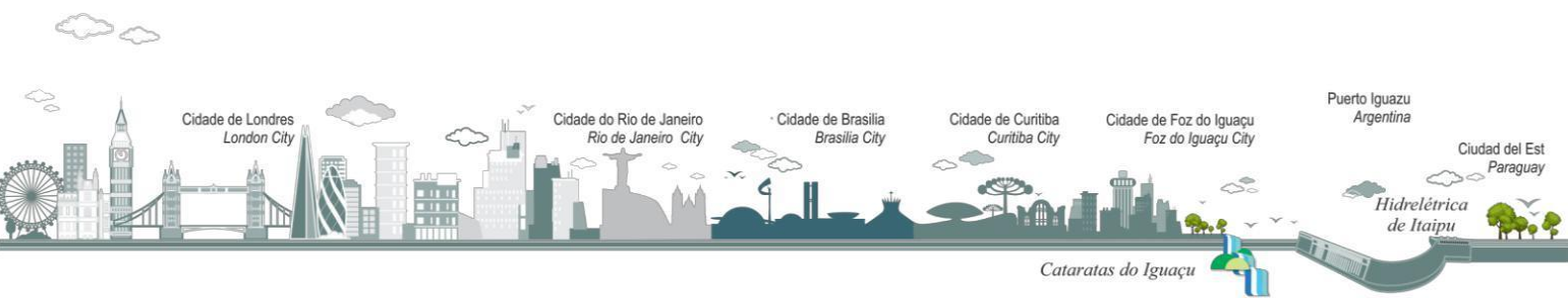
No que se trata da produção de biogás para fins de suprimento de energia elétrica no Brasil, a categoria que mais se destaca são os aterros sanitários (43%), seguido por agropecuária (29%), indústria (22%), estação de tratamento de esgoto (5%) e codigestão (1%). A produção total de biogás das categorias citadas foi de aproximadamente 1.641,391 m<sup>3</sup>/dia (GAHB, 2017). Vale destacar que esses valores são referentes ao ano de 2015.

Mais da metade do biogás produzido no Brasil é utilizado na geração de energia elétrica, enquanto o restante é aplicado para outros fins, como energia térmica, mecânica ou produção de biometano. As porcentagens da aplicação energética do biogás no Brasil, no ano de 2015, podem ser visualizadas no Gráfico 2:

Gráfico 2 – Aplicação energética do biogás no Brasil no ano de 2015



Fonte: Adaptado de GABH, 2017.





O Brasil possui todas as ferramentas para se destacar na produção de biogás, pois tem um grande potencial de resíduos de diversas fontes geradoras. Apesar das iniciativas para a produção do biogás continuarem amenas no país, a expectativa é de que o setor se fortaleça, e que, em curto ou longo prazo, venha a acarretar reflexos na matriz energética, favorecendo a utilização de energias renováveis.

## Aterros sanitários e o aproveitamento energético de biogás

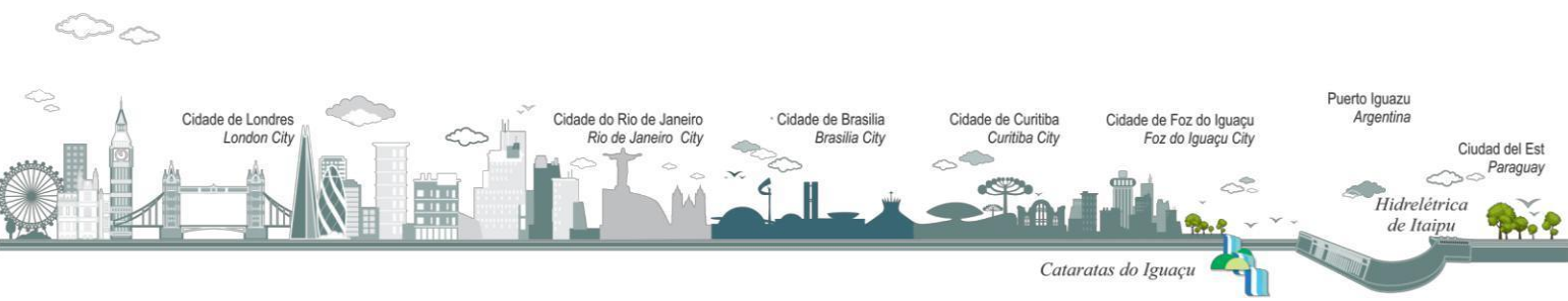
Processos como reciclagem, compostagem e tratamento térmico reduzem significativamente o volume de resíduos gerados, porém em todos esses métodos há sobras, as quais, em sua maioria, são destinadas a aterros sanitários. No Brasil, os aterros sanitários são a forma de tratamento mais utilizada, por apresentar o menor custo-benefício. Nesse contexto, condições de armazenamento e influências de agentes naturais são determinantes na formação de biogás (CASTILHOS *et al.*, 2009).

Os aterros sanitários podem ser considerados reatores bioquímicos, no qual acontecem diversos processos físicos, químicos e biológicos. As principais matérias-primas são as águas pluviais e os resíduos sólidos, que acabam gerando subprodutos como gases e lixiviados (como o chorume), que têm a necessidade de serem tratados, monitorados e aproveitados (ARAUJO; RITTER, 2016).

A destinação dos RSU para os aterros sanitários tornou-se imprescindível, já que os aterros são locais projetados por profissionais, com parâmetros técnicos e específicos, que preveem a minimização dos impactos ambientais e problemas sociais, causados pela disposição inadequada dos resíduos. Dessa forma:

Um aterro sanitário pode ser definido como uma forma de disposição de RSU no solo que, segundo critérios de engenharia e procedimentos operacionais, permite o confinamento seguro, assim como garante o controle da poluição ambiental e a proteção da saúde pública, com a finalidade de minimizar os impactos ambientais em relação aos causados pelos lixões e aterros controlados (SOARES *et al.*, 2017, p. 994).

É essencial que projetos de geração de energia por meio da combustão e recuperação de gás de aterro estejam atrelados a uma política de otimização de resíduos. Assim como em







outras formas de gestão de resíduos, a captação de gás de aterro para fins energéticos é muito positiva por advir de uma produção resultante de matéria-prima reciclada, economizando recursos naturais (IPEA, 2012).

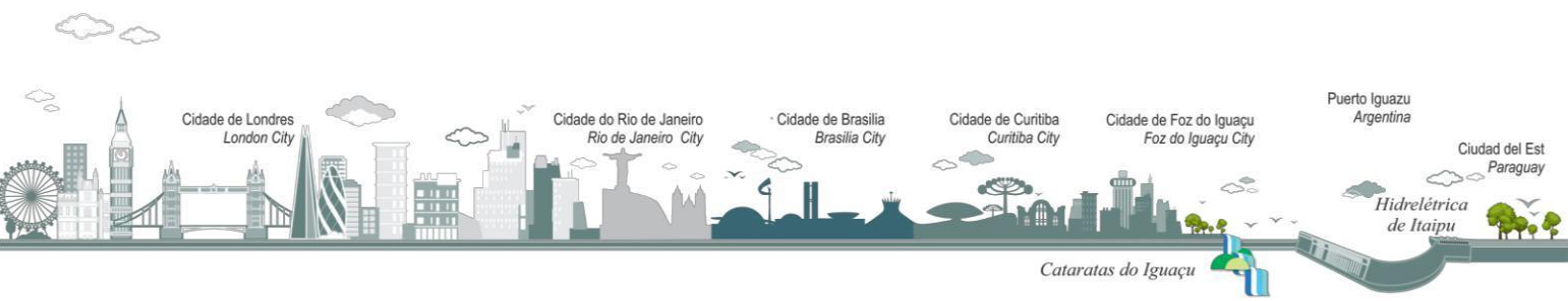
Em diversos aterros sanitários, nota-se um crescente aproveitamento do potencial energético do biogás proveniente dos resíduos, a partir da implementação de unidades para geração de energia. Alguns estados brasileiros, como Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, já têm adotado técnicas, por meio de usinas termelétricas, de aproveitamento do biogás em aterros sanitários. Estas usinas de recuperação de biogás apresentam um potencial de 117,76 MW (LIMA *et al.*, 2017; NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Segundo Garcez e Garcez (2011) são gerados aproximadamente 200 Nm<sup>33</sup> de biogás para cada tonelada de resíduo. Contudo, é indispensável que o aterro sanitário disponha de sistemas básicos para a recuperação energética, como: sistema de impermeabilização, para evitar a evasão do biogás para a atmosfera; reservatórios de drenagem verticais ou horizontais, escavados na massa de resíduos; rede de recolhimento; bombas de vácuo, para conduzir o biogás para a repartição de geração de energia elétrica; geradores ou turbinas com motores de combustão interna.

No Brasil, a grande dificuldade dos projetos de utilização do biogás em aterros sanitários reside no fato de essas áreas estarem instaladas distantes dos centros urbanos. Isso acaba dificultando a implementação do empreendimento, pelo alto custo de instalação da transmissão da energia para subestações de distribuição. Esse é um dos motivos pelo qual, em aterros de pequeno porte, a energia gerada é utilizada no próprio local ou entorno (PEDOTT; AGUIAR, 2014).

Assim, o aproveitamento energético de biogás em áreas de aterro sanitário, requer, sobretudo, um bom planejamento, que considere o contexto local e empregue metodologias adequadas e reconhecidas, capazes de mensurar o potencial de geração do biogás ao longo da vida útil do empreendimento (SANTOS, 2014). Essa etapa pode indicar a viabilidade do

<sup>3</sup> normal metro cúbico é uma unidade de medida que indica o volume que uma matéria sólida, líquida ou gasosa de massa constante ocupa num determinado espaço em condições padrões.





investimento, perspectivas futuras do aproveitamento energético, assim como dificuldades de adoção dessa prática.

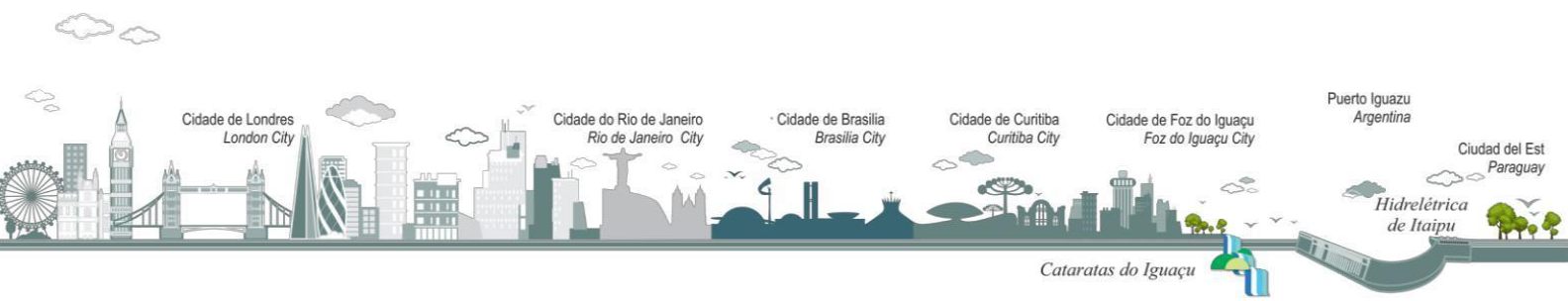
## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento diário de novas tecnologias, produtos e inovações, modificaram os padrões de consumo, hoje toda a sociedade é imensamente influenciada pelo modelo de desenvolvimento vigente. Sendo assim, as práticas de consumo exagerado e o individualismo estão conduzindo o meio ambiente ao aniquilamento, uma vez que o consumismo tem colaborado com o aumento da quantidade de resíduos diários gerados pelas sociedades humanas.

Nesse sentido, a gestão dos RSU tem se caracterizado como um dos impasses encontrados pela administração pública, já que a produção residual se expande pela acentuação das atividades humanas, o que complica a disposição e manejo ambientalmente adequado dos mesmos. Portanto, a criação dos aterros sanitários demonstra-se como uma alternativa adequada de tratamento e disposição dos RSU, com alta taxa de aproveitamento, a partir da gestão apropriada dos resíduos.

O aproveitamento energético do biogás proveniente de aterro sanitário pode ser definido como uma fonte rica de geração de energia e utilização do gás metano. A utilização do biogás é claramente vantajosa, pois quando se utiliza dessa energia renovável deixa-se de utilizar outras fontes de combustíveis, principalmente fósseis.

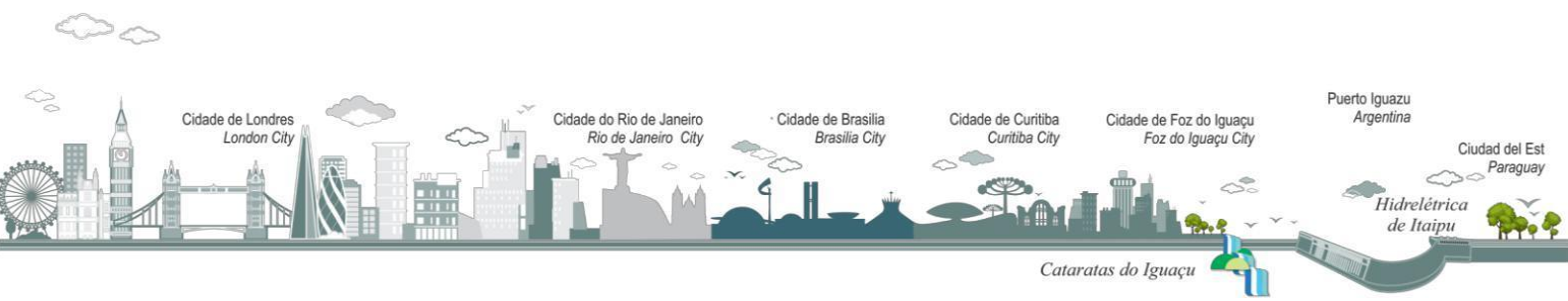
As alternativas utilizadas para a geração de energia limpa e sustentável, como a produção do biogás a partir de aterros sanitários, contribui com a melhoria da disposição dos RSU e de incentivo à utilização de fontes de energia renováveis. A projeção e utilização do biogás advindo de aterro sanitário, precisa ser prévia e constantemente avaliada, visto que cada situação possui características específicas, que podem ser influenciadas por particularidades locais inerentes.





## REFERÊNCIAS

- ABNT NBR. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos Sólidos**: classificação – NBR 10004. São Paulo: ABNT/NBR, 2004.
- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo: Empresas associadas, 2019. 68p.
- ABREU, F. V. **Biogás**: economia, regulação e sustentabilidade. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.
- ARAUJO, T. T.; RITTER, E. Avaliação de emissões de biogás em camadas de cobertura de um aterro sanitário. **Perspectivas online**, v. 16, n. 6, p. 34-49, 2016.
- BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Diário Oficial, Brasília, DF, 2 agosto 2010.
- CANTO, R. **Lei de resíduos sólidos não foi cumprida**: E agora? São Paulo: Confiança, 2014.
- CASTAÑON, N. J. B. **Biogás, originado a partir dos rejeitos rurais**. São Paulo: CENBIO, 2002.
- CASTILHOS, A. B.; MEDEIROS, A. P.; FIRTA, I. N.; LUPATINI, G.; SILVA, J. D. Principais Processos de Degradação de Resíduos Sólidos Urbanos. In: ALMEIDA, P. S. **Resíduos sólidos urbanos**: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Florianópolis: RiMa, 2009. p. 12-20.
- CNUMAD. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Agenda 21**. Rio de Janeiro: Centro de Informações das Nações Unidas, 1992.
- DIAS, C. A.; SOARES, S. **Direito das Energias Renováveis**. São Paulo: Almedina, 2014.
- GABH. Grupo Ad Hoc de Biocombustíveis do Mercosul. **Relatório de Biogás e Biometano do Mercosul**. Foz do Iguaçu: CIBiogás, 2017. 60p.
- GARCEZ, L.; GARCEZ, C. **Energia**. São Paulo: Callis, 2011.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de saneamento**: manejo de resíduos sólidos. Brasília: IBGE, 2010.
- IEA. International Energy Agency. **Energy efficiency market report 2015**: Market trend and medium-term prospects. Paris: OECD/IEA, 2015. 250p.
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**: relatório de pesquisa. Brasília: IPEA, 2012.
- LIMA, A.; BORBA, E. O. R.; OLIVEIRA, I. C. B.; GONZAGA, N. V. M.; MARTINS, P. F.; SANTOS, R. M.; CAMPOS, F. Análise da recuperação energética do biogás de aterros sanitários, **InterfaceHS**, v. 12, n. 1, p. 68-81, 2017.
- LOSS, G.; MULLER, G.; VERISSIMO, J. V.; LOMABARDO, R. Análise sobre os impactos dos aterros sanitários e estratégias de mitigação. In: IV Salão de iniciação científica júnior. 4., 2016. Canoas. **Anais...** Canoas: ULBRA, 2016. p.1-1.
- NASCIMENTO, M. C. B.; FREIRE, E. P.; DANTAS, F. A. S.; GIANANTE, M. B. Estado da arte dos aterros de resíduos sólidos urbanos que aproveitam o biogás para geração de energia elétrica e biometano no Brasil. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 24, n. 1, p. 143-155, 2019.







NUNES, J. C. **A gestão dos resíduos sólidos e a percepção sobre riscos ambientais em área do aterro sanitário no município de Salinópolis (PA).** 2012. 84f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano) – Universidade da Amazônia, Belém, 2012.

PEDOTT, J. G. J.; AGUIAR, A. O. Biogás em aterros sanitários: comparando a geração estimada com a quantidade verificada em projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo. **HOLOS**, v. 4, n. 30, p. 195-211, 2014.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication.** Nairóbi: ONU, 2011.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S.; ROCHA, M. H.; LEME, M. M. V. Biocombustíveis de primeira geração: Biogás. In: LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J. **Biocombustíveis.** Rio de Janeiro: Interciência, 2012. p. 311-358.

SANTOS, M. M. O. **Geração de biogás em aterros sanitários:** uma análise sobre os modelos de previsão aplicados a projetos do mecanismo de desenvolvimento limpo. 2014. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2014.

SOARES, F. R.; MIYAMARU, E. S.; MARTINS, G. Desempenho ambiental da destinação e do tratamento de resíduos sólidos urbanos com reaproveitamento energético por meio da avaliação do ciclo de vida na Central de Tratamento de Resíduos – Caieiras. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 993-1003, 2017.

VIEIRA, A. S.; VENTURA, A. F. A.; JUNIOR, V. R. **Gestão ambiental:** uma visão multidisciplinar. Cajazeiras: Editora Real, 2015. 288p.

