

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS  
ORGÂNICOS DO MUNICÍPIO DE BRUMADINHO - MG**

Jessica Gatti Silva (\*), Rodrigo de Almeida Oliveira Peixoto 2

\*Universidade Federal de Uberlândia; E-mail: jessicagatti16@gmail.com

**RESUMO**

O crescente consumo de materiais descartáveis e de difícil degradação é um dos principais fatores que afetam a dificuldade da disposição final destes. No Brasil políticas públicas como a Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Política Nacional de Saneamento Básico (Leis n. 12.305/2010 e n. 11.445/2007, respectivamente) visam proteger e conservar o meio ambiente, bem como melhorar a qualidade de vida da população. Os aterros sanitários são importantes empreendimentos que auxiliam a minimizar a degradação ambiental intensificada por ações antrópicas, porém ainda existem cerca de 3 mil lixões disseminados pelo território nacional, recebendo cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos sólidos anualmente. Como uma forma viável de reduzir o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos, os aterros sanitários impedem a contaminação do solo e do ar, dispõem a possibilidade de produção de biogás, e não comprometem a saúde da população. Além da utilização como gerador de energia elétrica, o biogás pode ser utilizado para diversas finalidades, como para aquecimento e para combustíveis veiculares. O presente trabalho visa analisar a viabilidade de produção de biogás no município de Brumadinho – MG, que possui aterro sanitário desde 2012, unindo a correta disposição dos resíduos sólidos e o reaproveitamento da fração orgânica para produção de energia elétrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biogás, Resíduos Sólidos Urbanos, Aterro Sanitário.

**ABSTRACT**

The increasing consumption of disposable materials and of difficult degradation is one of the main factors that affect the difficulty of the final disposal of these. In Brazil, public policies such as the National Solid Waste Policy and the National Basic Sanitation Policy (Laws No. 12,305 / 2010 and No. 11,445 / 2007, respectively) aim to protect and conserve the environment, as well as to improve the quality of life of the population. Landfills are important enterprises that help to minimize environmental degradation intensified by anthropic actions, but there are still about 3,000 dumps spread throughout the national territory, receiving about 30 million tons of solid waste annually. As a viable way of reducing the environmental impact generated by solid waste, landfills prevent contamination of soil and air, have the possibility of producing biogas, and do not compromise the health of the population. In addition to the use as an electric power generator, biogas can be used for various purposes, such as for heating and for vehicular fuels. The present work aims to analyze the viability of biogas production in the municipality of Brumadinho - MG, which has landfill since 2012, joining the correct disposal of solid waste and the reuse of the organic fraction for the production of electric energy.

**KEY WORDS:** Biogas, Urban Solid Waste, Landfill.

**INTRODUÇÃO**

O consumo de produtos nos últimos séculos aumenta de forma exagerada, o que contribui para o aumento da quantidade de resíduos gerada diariamente. A disposição final de resíduos sólidos tem se mostrado um dos grandes desafios atuais, e deve ser realizada da forma correta para evitar a degradação ambiental e não comprometer a saúde pública. Como nas décadas passadas a educação ambiental não era amplamente disseminada, esta falta de conhecimento ainda impacta na forma como resíduos são descartados de maneira não adequada atualmente. Com a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei No 9.795, de 27 de abril de 1999), as atividades para proteção e conservação do meio ambiente já são mais conhecidas, facilitando o entendimento da próxima geração da importância de medidas ambientais necessárias.

Hoje, no Brasil, já estão consolidadas políticas públicas como as Políticas Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos (Leis n. 12.305/2010 e n. 12.300/2006, respectivamente), bem como a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei n. 11.445/2007), dentre outras, que preconizam parâmetros de tratamento e disposição final e ambientalmente adequados de resíduos sólidos e efluentes, além da promoção de pilares na redução de resíduos: não geração; redução; reutilização; reciclagem; recuperação de energia etc.



Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2012), a principal forma de destinação final vigente brasileira consiste em ser lançamento a céu aberto, ou seja; lixões, sendo trivialmente descarregados sobre o solo, com a ausência de medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública, torna-se provável a proliferação de vetores, geração de maus odores, poluição das águas superficiais e subterrâneas, além da falta de controle da composição dos resíduos descarregados.

Segundo determinação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, os lixões a céu aberto poderiam existir até 2014, devendo ser substituídos por aterros sanitários, que contam com incrementos como impermeabilização do solo e tratamento dos rejeitos gerados no processo de tratamento dos resíduos sólidos (SÃO PAULO, 2014). Mesmo havendo a legislação, sabe-se que a maioria das cidades brasileiras ainda não possuem aterros sanitários. Apesar do prazo oficial para encerramento dos lixões ser em 2014, o prazo foi postergado para ocorrer de forma escalonada até 2021, e ainda encontra-se em tramitação na Câmara. No Brasil, o maior número de lixões ainda se encontra no Nordeste, seguido pelo Norte, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Já os aterros controlados, a maior incidência ocorre no Sudeste, seguido pelo Sul, Nordeste, Centro-Oeste e Norte, e acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no Diagnóstico de Manejo de Resíduos Sólidos de 2015.

Exemplo deste momento de transição no País, ainda existem cerca de 3 mil lixões espalhados pelo território nacional em 3.331 municípios, recebendo cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos sólidos anualmente. Estes dados fazem parte do Panorama de Resíduos Sólidos de 2016, da associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública. (Abrelpe). Assim trabalhadores ainda têm contato com chorume, gases tóxicos e solo contaminado também. Os aterros sanitários são uma forma viável de reduzir o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos, uma vez que impede a contaminação do solo e do ar, além de não comprometer a saúde da população. Com eles também é possível produzir biogás, um biocombustível cada vez mais utilizado.

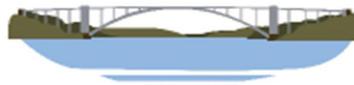
O constante crescimento da população mundial, aliado ao consumo excessivo de recursos naturais e ao crescimento desordenado, provoca incremento na demanda por alimentos e produtos industrializados e, conseqüentemente, por energia. Nesse contexto, pressupõe-se que os resíduos das atividades humanas e industriais possuem uma parcela significativa de matéria orgânica passível de conduzir a um descontrole ambiental quando gerenciados de maneira incorreta (HARRIS & ROACH, 2013).

Desde a chegada da energia elétrica no século XX, ela se tornou essencial tanto para as atividades humanas quanto para o desenvolvimento econômico. Começando pelo marco mundial que foi a Revolução Industrial, o consumo de combustíveis fósseis se tornou o grande aliado da industrialização e também do cotidiano da população. Porém, como são fontes não renováveis, estas vêm perdendo espaço nas pesquisas para os biocombustíveis, fontes renováveis de energia. A utilização intensiva e pouco eficiente dos combustíveis fósseis para o suprimento das necessidades energéticas da humanidade nas últimas décadas, levou a uma diminuição considerável das suas reservas mundiais e a prognósticos do seu esgotamento nas próximas décadas (LORA & VENTURINI, 2012).

A distribuição das reservas mundiais de petróleo é extremamente irregular, somando a América do Sul o terceiro continente que menos possui tal recurso natural, se igualando à América Central. De acordo com a British Petroleum (2006), somando a América Central e a América do Sul, juntas elas possuem o terceiro menor estoque de petróleo mundial, com aproximadamente 8,6 %. O biogás é uma fonte de energia renovável, que é a energia obtida a partir de fontes renováveis, ou seja, fontes que podem se recompor num ritmo capaz de suportar sua utilização sem restrições ou risco de esgotamento. Pela sua forma relativamente simples de ser produzida, sendo um dos produtos finais de aterros sanitários, caracteriza-se como uma forma muito viável para a produção de energia elétrica com base em outro processo benéfico para o meio ambiente. Assim, os aterros sanitários aliado com a produção de biogás, suprem dois problemas frequentes, a disposição correta de resíduos sólidos e a produção de energia de forma limpa.

Estima-se que 1,5 bilhão de toneladas de lixo são despejadas em lixões anualmente no mundo, o que corresponde a uma geração de 75 bilhões de Nm<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>. Atualmente, menos de 10 % deste potencial é utilizado (THEMELIS e ULLOA, 2007). Aproximadamente 38,6% dos resíduos sólidos urbanos produzidos no Brasil são encaminhados para aterros sanitários, em sua maioria em cidade grandes do país. Como segunda alternativa, 31,8 % é enviado a aterros controlados e os 29,6 % restante é despejado em lixões, presentes na maior parte das pequenas e média cidades brasileiras (SNIS, 2009).

Antes o biogás era visto apenas como subproduto da degradação anaeróbia de resíduos de origem orgânica, seja ele gerado por aterros de resíduos, estações de tratamento de efluentes (ETEs), digestão anaeróbia de biomassa residual, biodigestão de resíduos provenientes de cultivos (SALOMON & LORA et al., 2009). Composto por aproximadamente 50% de metano, 49% de dióxido de carbono, gases de efeito estufa, e traços de outros componentes, como óxido



nitroso, amônia entre outros, ele é resultado da decomposição anaeróbica dos materiais orgânicos presentes nos resíduos sólidos.

Para que todas etapas do processo de degradação da matéria orgânica ocorram de forma eficiente, favorecendo a manutenção da condição ótima para a produção de biogás, é necessário que alguns fatores essenciais sejam observados. Os fatores de maior relevância são temperatura, pH, quantidade de nutrientes, tempo de detenção hidráulica, relação Carbono/Nitrogênio (C/N) e concentração de sólidos (SANT'ANNA et al., 2010). O metano (CH<sub>4</sub>) é o principal constituinte do biogás e, é responsável pela determinação do seu potencial energético (KONRAD et al., 2010). Dentre as finalidades do biogás, as mais comuns são a queima direta e a utilização como combustível em motogeradores a combustão (DIAZ et al., 2006). Tratando-se de energia elétrica, o biogás pode ser aproveitado, através da aplicação de módulos geradores que são implementados de acordo com o potencial energético do biodigestor ou do aterro (LORA & VENTURINI, 2012).

Além da utilização como gerador de energia elétrica, o biogás pode ser utilizado para diversas finalidades, como exemplo: aquecimento; secagem em geral; aquecimento e iluminação de granjas; combustíveis veiculares. Sendo como fonte de energia elétrica a partir de resíduos, o biogás não deve ser visto como uma maneira de solucionar os problemas energéticos do país, mas sim como uma melhora na questão do gerenciamento dos resíduos. Um ponto negativo do biogás é a densidade baixa do metano, que dificulta sua liquefação, fazendo com que ocupe volumes elevados, dificultando o armazenamento e transporte (RORATTO et al., 2014).

O metano contido no biogás, quando queimado, libera uma energia útil ao homem, seja pelo uso direto do calor (aquecimento, geração de vapor, secagem em geral) ou da luz para iluminação de ambientes. Também pode ser empregado para ser convertido em outra forma de energia, como elétrica, através do uso em geradores ou turbinas, ou energia cinética, através da utilização do gás em motores ou motobombas adaptados (ICLEI, 2010).

Para que a produção de biogás seja viável, é necessário que a população conheça os benefícios de contribuir com a coleta seletiva de sua cidade. Diante disto o presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade da produção de biogás a partir de resíduos sólidos urbanos gerados na cidade de Brumadinho – MG. Serão utilizadas equações empíricas da literatura para estimar o potencial energético a partir do biogás que a cidade de estudo teria caso se construa um aterro sanitário no município, uma vez que esta ainda não possui um.

## OBJETIVO

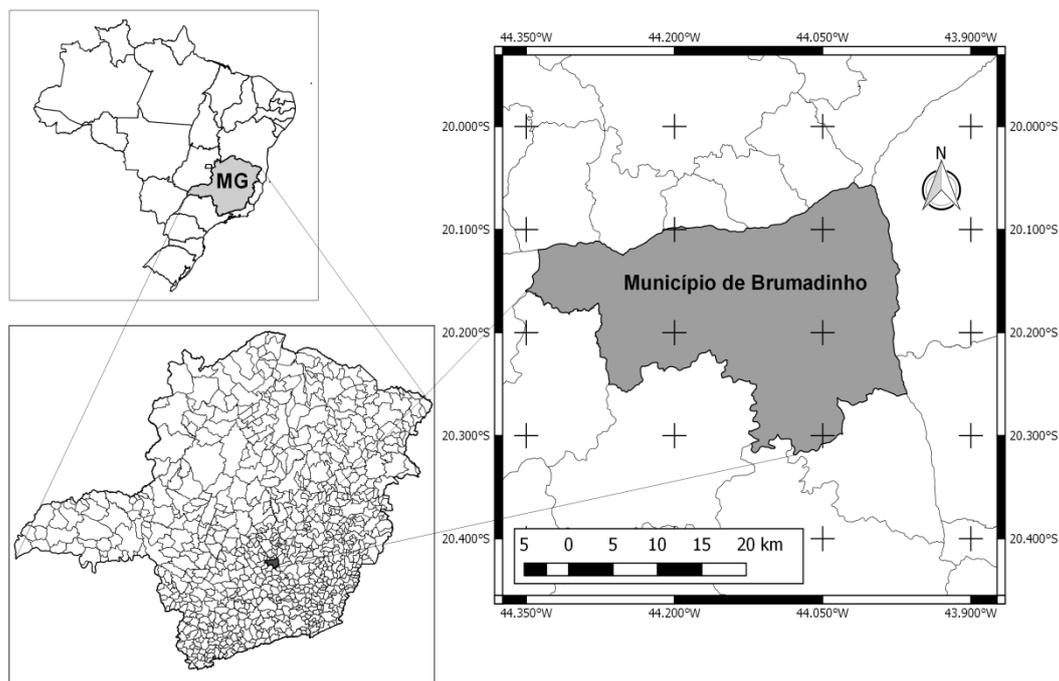
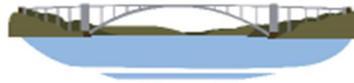
Avaliar o potencial na produção de biogás, utilizando a parte orgânica dos resíduos sólidos da cidade de Brumadinho – MG, a partir de equações empíricas encontradas na literatura.

## METODOLOGIA

Compondo um dos 34 municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte, Brumadinho encontra-se a 60,4 km da capital de seu estado. A cidade se apresenta em constante pressão e influência do Município de Belo Horizonte, tanto em questões ambientais quanto em nível social, por ser considerado refúgio de parcela da sociedade que desejam tranquilidade e qualidade de vida, situação que aumenta a procura imobiliária no local. É importante evidenciar que o presente estudo foi realizado em dezembro de 2018, menos de um mês antes do rompimento da barragem da mineradora Vale na cidade de Brumadinho, e, portanto, as atuais circunstâncias são distintas dos dados apurados.

As principais atividades econômicas são mineração de ferro, turismo e agropecuária. A sede do Município, a 772 metros de altitude, tem a sua posição determinada pelas coordenadas geográficas de 20°8'34" de latitude sul e 44°12'0" de longitude oeste. De acordo com o senso demográfico do IBGE 2010, a população total de Brumadinho é de 33.973 habitantes, sendo 5.326 correspondentes à população rural, a qual representa 15% da população total, e 28.687 correspondentes à população urbana, apresentando, pois, uma densidade demográfica de 53,13 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

Na questão ambiental, Brumadinho possui uma das maiores preciosidades culturais e naturais do país: o Instituto Inhotim, belíssima combinação de museu de arte contemporânea com jardim botânico. Apesar de acolher tal maravilha ambiental, a cidade também tem a presença de mineradores que encontraram lá não só uma geologia favorável, mas também a proximidade de um grande centro que serve de base logística e infraestrutura para este setor, contribuindo para a potencialização de impactos ambientais em média e grandes escalas.



**Figura 1: Município de Brumadinho no contexto da Região Metropolitana de Belo Horizonte.**

**Fonte: Autores.**

Na questão ambiental, Brumadinho possui uma das maiores preciosidades culturais e naturais do país: o Instituto Inhotim, belíssima combinação de museu de arte contemporânea com jardim botânico. Apesar de acolher tal maravilha ambiental, a cidade também tem a presença de mineradores que encontraram lá não só uma geologia favorável, mas também a proximidade de um grande centro urbano que serve como base de logística e de infraestrutura, contribuindo para a potencialização de impactos ambientais em média e grande escalas.

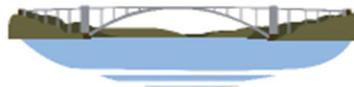
O município de Brumadinho possui a coleta seletiva implantada desde 1998, realizada pela Associação de Catadores de Materiais Recicláveis do Vale do Paraopeba (ASCAVAP), que originalmente tinha o aspecto social de inclusão de pessoas nas atividades produtivas como o principal foco, e secundariamente a questão ambiental. Em fins de 2012 a coleta seletiva continua sendo realizada pela associação, com subsídios da Prefeitura de Brumadinho e do Programa Bolsa Reciclagem do Governo Estadual. Contudo, ainda carece de melhorias (COSTA, 2013).

Os grandes geradores presentes no município (mais de 100 l de resíduos/dia) são os supermercados e as empresas do ramo industrial, comercial ou de serviços. Segundo o Código de Posturas do Município de Brumadinho, Lei No. 1.359/2003, os grandes geradores podem ser responsabilizados por seus resíduos, devendo levá-los devidamente armazenados para destinação indicada pela administração pública. Esse dispositivo confere à Prefeitura 44 Municipal o poder de tomar medidas de racionalização da forma de acondicionamento e recolhimento dos resíduos das atividades dos grandes geradores (BRUMADINHO, 2010b).

Em março de 2015, a prefeitura implantou a Coleta Seletiva Inteligente no município, com a distribuição de sacos de coleta seletiva à população. De acordo com a prefeitura de Brumadinho, a adoção do saco integra o projeto de implantação da Coleta Seletiva Inteligente no município, proposta que inclui a instalação de containers coletores em Postos de Entrega Voluntária.

A coleta convencional de resíduo domiciliar e comercial é executada por empresa terceirizada contratada pela prefeitura e é realizada na sede, nos distritos e nos condomínios, por meio de caminhões compactadores e nas comunidades rurais realizadas por caminhões caçamba. A população total atendida é de 92,13% (SEMA, 2012). O aterro sanitário de Brumadinho iniciou suas operações em janeiro de 2012, e a Associação de Catadores de Materiais Recicláveis do Vale do Paraopeba (ASCAVAP) é responsável pela coleta seletiva do município.

A partir do trabalho de Mello e colaboradores em 2015, foi possível utilizar equações empíricas (Equações 1 a 3) para calcular a quantidade de biogás. Sabendo a demanda química de oxigênio (DQO) e o volume de metano produzido,



avaliou-se o potencial de produção de biogás proveniente das frações de matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos de Brumadinho.

$$\text{DQO} = \text{Vdd} * 0,33 \quad (\text{equação 1})$$

$$\text{Metano} = \text{DQO} * 0,35 \quad (\text{equação 2})$$

$$\text{Biogás} = \text{Metano} / 0,60 \quad (\text{equação 3})$$

Os dados referentes as quantidades de resíduos produzidos em Brumadinho foram retiradas de trabalhos anteriormente presentes na literatura feitos na cidade, juntamente com o Diagnóstico do Sistema de Limpeza Urbana do Município de Brumadinho realizado em 2010 pela prefeitura local.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o Diagnóstico do Sistema de Limpeza Urbana do Município de Brumadinho (2010), a ASCAVAP coleta em média 6170 quilogramas de resíduo por dia, ou seja, em 22 dias de coleta tem-se 1357400 quilogramas por mês. Utilizando as fórmulas empíricas conhecidas, estimou-se a possível quantidade de gás biogás a ser produzido, através do cálculo da DQO da matéria orgânica utilizada  $\text{DQO} = \text{Vdd} * 0,33$ , onde 0,33 corresponde a demanda química de oxigênio por quilograma.

Após encontrar o valor da DQO, a quantidade de metano foi calculada a partir da equação 2, e então este valor serviu como dado de entrada para a Equação 3, que considera a eficiência do biodigestor em 60%. Obteve-se um valor 1.187,72 m<sup>3</sup> de biogás produzido. Segundo Nogueira (2005), 1m<sup>3</sup> de biogás equivale a 5,815 kWh, temos então de acordo com os cálculos anteriormente efetuados, uma quantidade de 263,50 m<sup>3</sup>, o que equivale a uma quantidade de 6.906,62 kWh/dia.

## CONCLUSÕES

Após o estudo e caracterização dos resíduos sólidos urbanos de Brumadinho (MG), concluiu-se que o município tem significativo potencial para a produção de biogás para geração de energia elétrica. A produção de biogás a partir da matéria orgânica descartada em Brumadinho mostra-se importante ação na redução de emissão de poluente, sendo assim uma maneira de mitigar os impactos ambientais causados pela população.

Vale ressaltar que o presente estudo foi elaborado antes do rompimento das barragens contendo resíduos perigosos em Brumadinho, portanto a real situação dos resíduos sólidos no município certamente foi modificada. Orienta-se realizar novas pesquisas referentes ao caso, para avaliar as mudanças e prejuízos acometidos por este terrível acontecimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUMADINHO, Prefeitura Municipal de. **Diagnóstico do Sistema de Limpeza Urbana do Município de Brumadinho**. Brumadinho: Acervo da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho, 2010b. 79p.
- BRUMADINHO. Prefeitura Municipal. Terra Vision Geotecnologia e Geoinformação. **Plano Diretor Municipal de Brumadinho** – Diagnóstico do Município / Etapa Leitura da Cidade. 2011, 198 p.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. **Análise da coleta seletiva de resíduos sólidos do município de Brumadinho (MG)**. Salvador: Ibeas, 2013. 19 p. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/III-052.pdf>>. Acesso em: 7 de outubro de 2018.
- DIAZ, G. O. **Análise de Sistemas para o Resfriamento de Leite em Fazendas Leiteiras com o Uso do Biogás Gerado em Projetos MDL**. 2006. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade de São Paulo - USP. São Paulo/SP. 2006.
- HARRIS J. M.; ROACH B. **Environmental and Natural Resource Economics: A Contemporary Approach**, Tufts University, Medford, MA, USA, 2013.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2000. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27032002pnsb.shtm>. Acesso em 08/12/19.
- ICLEI – BRASIL. Manual para Aproveitamento do Biogás: Efluentes Urbanos. São Paulo: ICLEI BRASIL, 2010. Volume 2, 77 p.
- KONRAD, Odorico; HEBERLE, A. N. A.; CASARIL, C. E.; KAUFMANN, G. V.; LUMI, Marluce; DALL’OGLIO, Michel; SCHIMITZ, Michele. Avaliação da produção de biogás e geração de metano a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes e glicerina residual CETEC/UNIVATES. Revista destaques acadêmicos, ano 2 , n. 4 , 2010.



9. LORA, Electro Eduardo Silva; VENTURINI, Osvaldo José. Biocombustíveis. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 1.200 p.
10. MELO, R. A., BARBOSA, F. R., MELO, N. X. Análise da Implantação de Biodigestor para Produção de Energia Elétrica Utilizando Biogás Proveniente de Resíduos dos Restaurantes Universitários da UFPI. 10º Congresso Internacional de Bioenergia, São Paulo, 2015.
11. RORATTO, Lucas. Análise e Construção de um Biodigestor para Pequenas Propriedades Rurais. Trabalho de Final de Curso, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Horizontina. Horizontina, 2014. Disponível em: <[http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2014/Lucas\\_Roratto.pdf](http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2014/Lucas_Roratto.pdf)>. Acesso em: 17 abr. 2017.
12. SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. Estimate of the electric energy generating potencial for different sources of biogas on Brazil. Biomass and Bioenergy, n. 33, p. 1101-1107, 2009.
13. SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Energia e Mineração. Resíduos sólidos.
14. SNIS. Secretaria Nacional de Informações sobre Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre saneamento: Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2007. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: MCIDADES.SNSA, 262 p., 2009.
15. THEMELIS, N. J.; ULLOA, P.A. Methane generation in landfills. Renewable Energy, 32(7):1 243-1 257, 2007.