

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/282156525>

# Geração de Energia e Biogás usando biodigestores: uma opção ambientalmente correta para Região Metropolitana do Recife...

Conference Paper · November 2015

---

CITATIONS

0

READS

122

10 authors, including:



[Emilia R. Kohlman-Rabbani](#)

Universidade de Pernambuco

19 PUBLICATIONS 72 CITATIONS

SEE PROFILE



## **Geração de Energia e Biogás usando biodigestores: uma opção ambientalmente correta para Região Metropolitana do Recife**

### **Power Generation and biogas digesters using: an environmentally friendly option for the metropolitan area of Recife**

Thúlio José Ferreira Ferreira Pimentel, Lizelda Maria de Mendonça Souto, Mara Luisa Barros de Sousa Brito Pereira, Ellen Carmelita Capelo Silva, Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani\*

\*Universidade de Pernambuco - UPE, Escola Politécnica de Pernambuco - POLI, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - PEC, emilialsht@poli.br

**Resumo:** No Brasil, a destinação dos resíduos sólidos produzidos diariamente é um problema crescente para os municípios do país, pois, quantidades significativas de matéria orgânica e inorgânica com potencial para produção de energia elétrica, biofertilizantes, biogás e reciclagem não recebem o acondicionamento adequado. O artigo apresenta a geração de energia elétrica e biogás, através da fermentação anaeróbica em biodigestores, como uma alternativa para o problema dos resíduos. Procedeu-se uma revisão bibliográfica sobre o tema em questão, a partir da relação entre os resíduos sólidos urbanos, geração de energia e biogás. Estudos de casos nacionais e internacionais do uso de biodigestores foram analisados e propõem-se que modelos sejam avaliados para aplicação na cidade do Recife em Pernambuco, geradora de quantidade significativa de resíduos que vem crescendo a taxa de 6% por ano principalmente por conta de sua função comercial e densidade demográfica crescente na região. Sugere-se que estudos futuros avaliem a viabilidade da implantação de biodigestores como ferramenta para saneamento básico de comunidades carentes em situação de vulnerabilidade social a fim de contribuir com a sustentabilidade ambiental das áreas urbanas

Palavras-chave: Biodigestores, Biogás, Energia Elétrica, Sustentabilidade Urbana.

#### **Title:**

**Abstract:** In Brazil, the disposal of solid waste generated daily is a growing problem for the country's municipalities therefore significant amounts of organic and inorganic matter with the potential to produce electricity, bio-fertilizers, biogas and recycling do not receive adequate conditioning. The article presents the generation of electricity and biogas through anaerobic fermentation in biodigesters, as an alternative to the waste problem. We conducted a literature review on the topic in question, from the relationship between municipal solid waste, power generation and biogas. Studies of national and international cases the use of biodigesters were analyzed and are proposed that models are evaluated for application in the city of Recife in Pernambuco, generating a significant amount of waste is growing at 6% a

year primarily because of its business function and increasing population density in the region. It is suggested that future studies assess the feasibility of biodigesters deployment as a tool for sanitation in poor communities in socially vulnerable situations in order to contribute to environmental sustainability in urban areas.

Key words: biodigesters, biogas, Electric Power, Sustainable Urban.

## **1. Introdução**

Os temas gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos são desafiadores no século atual, essa proposta vem sendo debatida em grandes conferências mundiais desde 1970 (MORAES, 2010). As mudança de padrões de consumo da sociedade influenciam diretamente a quantidade e características dos resíduos gerados, esse aumento mundial na produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e a sua destinação final são problemáticas que necessitam de um enfrentamento urgente por parte do governo e da sociedade. O acúmulo desses em áreas impróprias, pode ter como soluções a destinação em aterros sanitários, onde o resíduo é soterrado e compactado, diminuindo o impacto ambiental local. Mas, além dos custos de manutenção serem altos, os aterros não conseguem gerenciar o volume crescente de detritos produzidos. Sem os cuidados apropriados, o resíduo acaba por produzir o chorume, líquido com odor desagradável que polui o solo e lençóis freáticos, além de atrair vetores sinantrópicos também, eleva o risco de geração de chamas, pelo desprendimento de gás metano para a atmosfera.

Assim como o resíduo, a escassez do petróleo e as mudanças no clima também são focos de discussões. Fontes de energia alternativa e renovável voltada para o desenvolvimento sustentável tem sido desenvolvidas e utilizadas como combustível na produção de calor e de eletricidade, como a energia eólica, solar, da biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (PACHECO, 2006). Acredita-se que o uso da biomassa, conceituada por Gebler e Palhares (2007) como matéria orgânica, morta ou viva, existente nos organismos (animais ou vegetais), poderá contribuir para a produção de energia e ainda auxiliar no tratamento dos RSU produzidos nos grandes centros urbanos.

Tecnologias limpas, usando o RSU como matéria-prima na produção de energia e biogás, podem ser uma alternativa viável visto que, a destinação correta desses resíduos também auxiliariam ao saneamento básico, que na atualidade representam um problema para a sociedade. Segundo Nogueira e Lora (2003), “Os resíduos sólidos são uma fonte inesgotável de energia, pois, estão sendo gerados continuamente. Dessa forma, quanto maior for a cidade, maior será o seu potencial de geração de energia através destes resíduos, em virtude das suas características e da quantidade produzida”.

A instituição da nova Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da Lei 12.305/10, foi um marco no Brasil trazendo um caráter econômico, ambiental e social aos componentes vinculados a essa problemática. A PNRS estabelece diretrizes para o processo de gerenciamento de resíduos e influencia positivamente o desenvolvimento de novos projetos para captura de biogás em aterros, geração de energia e redução de emissões de gases que causam o Efeito Estufa.

De acordo com o Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético da ABRELPE publicado em 2013, “Os projetos de mitigação consistem basicamente na captura, queima e/ou aproveitamento do conteúdo energético do biogás, seja para gerar eletricidade e calor, ou para tratá-lo e utilizá-lo como gás natural, evitando assim sua liberação para a atmosfera” (ABRELPE, 2013, p. 13). O Relatório editado a partir de revisões e investigações em 2013, apontou para 46 projetos considerados como Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) distribuídos nas regiões Sul, Sudeste, Norte e Nordeste do Brasil, tendo como destaque a região Sudeste que na ocasião contava com 33 projetos em operação. De acordo com o Atlas Brasileiro o total da capacidade instalada para geração de eletricidade declarada nos documentos de concepção dos projetos correspondia a 254 MW.

Diante da possibilidade de reaproveitamento do resíduo para geração de energia, é necessário que pesquisas sejam realizadas para a aplicação de tecnologias que auxiliem o tratamento e disposição final dos RSU de forma que viabilizem o processo de geração de energia.

## **2. Metodologia**

O estudo proposto foi realizado através de uma revisão bibliográfica sobre o tema Geração de Energia Elétrica a partir da reutilização dos RSU e da análise dos estudos de caso em diversas regiões do Brasil e do mundo. O objeto de estudo deste trabalho foi à produção científica brasileira e internacional sobre o tema nos últimos 10 anos, existente em periódicos, normatizações vigentes e relatórios em empresas e órgãos responsáveis pela regulação, fiscalização, transmissão e comercialização da energia elétrica do País. Para iniciar a busca, foram pesquisados os seguintes descritores: Resíduos Sólidos Urbanos, Geração de Energia Elétrica, Métodos de Geração de Energia Elétrica a partir dos RSU, Potencial Energético dos RSU, biodigestores e biogás. De posse das referências, buscou-se analisar as formas de produção de energia elétrica e biogás usando biodigestores a partir dos RSUs como uma alternativa para solucionar os problemas que estes podem causar a sociedade.

### 3. Referencial Teórico

A produção de bioenergia a partir da biomassa ou de resíduos sólidos está cada vez mais ganhando o interesse de países desenvolvidos e em desenvolvimento, esse fato deve-se ao alto preço e escassez do combustível fóssil e do aquecimento global. A chave para os problemas vividos nos países do mundo hoje é o futuro da energia e a melhor forma de uso dos recursos naturais. Uma revisão feita por Okudoh et al. (2014) observa que no continente africano cerca de 10% dos países dependem de importação de energia. Em 2013, a África teve o mais baixo Produto Interno Bruto (PIB) no mundo, oito vezes menor que Ásia, cinco vezes menor que a América Latina e 26 vezes menor que economias desenvolvidas. Um dos motivos para isto é que uma grande parte do orçamento nacional dos países da África foi gasto com importação de energia. Diante disso, Okudoh et al. (2014) propõe o uso da mandioca como biomassa para produção de biogás alegando que ajudará a diminuir a dependência de importação de energia, reduzir os impactos ambientais e taxas de desemprego rural. A mandioca apresenta vantagens como a de poder ser cultivada em áreas degradadas, solos pouco férteis, tempos secos e ainda por requerer menos uso de agro-químicos. A maior parte da produção de mandioca na África é destinada ao consumo humano porém, existe bastante área inutilizada que poderia ser usada na cultura deste produto em larga escala para produção de biocombustível sem prejudicar a produção de alimentos, como acontece no continente asiático. Os três maiores produtores de mandioca no mundo são a Nigéria, Brasil e a Tailândia. Ainda de acordo com os autores apesar da Nigéria estar entre os maiores produtores, ela desempenha um papel insignificante no comércio mundial.

O biogás tem grande potencial de suprir as necessidades energéticas de países em desenvolvimento. Em um artigo elaborado por Olugasa, Odesola e Oyewola (2014), foi estudado a viabilidade de implantação de unidades de biogás na Nigéria. A produção de biogás é limpa pois não polui e não degrada o meio ambiente, ao mesmo tempo que diminui o volume de resíduos a serem depositados nos aterros sanitários e torna as fazendas mais limpas, por exemplo. Na Nigéria mais de 60% da população rural depende da madeira, carvão e querosene para produção de energia. Mais de 50 milhões de toneladas de lenha são consumidas anualmente. A quantidade de resíduos sólidos urbanos e rurais produzidos neste país tem potencial para abastecer unidades de biodigestores capazes de produzir energia em larga escala, principalmente nas áreas rurais. Porém as unidades existentes estão concentradas nas zonas rurais e a energia produzida é utilizada para cozinhar. Dentre as dificuldades de se

comercializar o biogás destacam-se a pequena quantidade que é produzida e a dificuldade na liquefação. O biogás para ser comercializado deve estar puro, ou seja, ausente de gases incombustíveis, e depois torná-lo transportável.

### **3.1 Gerenciamento de resíduos e utilização da Biomassa para geração de energia**

Atualmente, a palavra “lixo” adquiriu outro significado no literatura e vem sendo substituída pela expressão “resíduos sólidos”, visto que, segundo o dicionário Luft (2000), entende-se por lixo o “restos ou coisas inaproveitáveis”. Diferenciando-se da classificação dada pela NBR 10.004 da ABNT (2004) onde, resíduos sólidos são definidos como “aqueles no estado sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade, de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, de serviços, de varrição e agrícola”.

Os resíduos quando não gerenciados de forma adequada podem trazer prejuízos para sociedade, impactando na qualidade de vida e gerando tanto problemas de saúde para a população quanto degradação do meio ambiente; outro impacto observado é a desvalorização econômica imobiliária, visto que, existe uma grande rejeição da sociedade à deposição de qualquer resíduo próximo à sua residência, tanto pelos odores desagradáveis como pelos sedimentos que produz (HOLTZ; PIRES, 2011).

A contaminação do solo e das fontes de água são outros possíveis impactos da deposição inadequada dos resíduos, provocando alterações físicas, químicas e biológicas nestes. Para o solo, a deposição de resíduos sólidos, ricos em substâncias de alto teor energético, proporcionam alimento, abrigo e água para inúmeros organismos vivos, podendo levar ao aparecimento de pragas. Na água, o descarte de resíduos sólidos podem acarretar influências significativas na vida aquática (LIMA, 2010). Além das questões ambientais e de saúde pública “é fundamental ressaltar que os custos financeiros e ambientais para gerenciar o expressivo volume de RSU são enormes para as sociedades. A ONU estima que de 20% a 30% dos orçamentos das cidades são despendidos na coleta e disposição dos resíduos” (DIAS, 2012, p.3).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2015a), os RSU como fonte primária de energia e tendo o biogás como fonte secundária, contam com 10 usinas instaladas produzindo 62.317 KW, o que representa apenas 0,0428% da matriz energética brasileira. A energia elétrica através de RSU pode ser gerada a partir da incineração, gaseificação, utilização do gás do resíduo (GDL) e a tecnologia biomassa-energia-materiais (BEM), que podem reduzir o consumo de combustíveis fósseis – além de minimizar os

impactos globais causados pela sua queima, contribuindo para a sustentabilidade da matriz energética.

De acordo com o Banco de Informações de Geração (BIG), a capacidade de geração de energia no Brasil em 2015 é de 137.689.717 KW de potência instalada, considerando um total de 4.129 empreendimentos em operação. Esse potencial energético é constatado a partir de Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH), Centrais Geradoras Undi-elétrica (CGU), Centrais Geradoras Eólicas (EOL), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), Usinas Geradoras Solar fotovoltaica (UFV), Usinas Hidrelétricas (UHE), Usinas Termelétricas (UTE) e Usinas Termonucleares (UTN). A tabela abaixo demonstra a potência outorgada em Kilowatts (KW) das centrais e usinas geradoras em operação no País (ANEEL, 2015b).

TABELA 1 - Total de Empreendimentos em operação no Brasil por fonte de geração

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Outorgada (kW)</b>	<b>Potência Fiscalizada (kW)</b>	<b>%</b>
<a href="#">CGH</a>	506	338.353	340.031	0,25
<a href="#">EOL</a>	264	6.450.333	6.358.397	4,62
<a href="#">PCH</a>	474	4.820.644	4.798.550	3,49
<a href="#">UFV</a>	23	15.233	11.233	0,01
<a href="#">UHE</a>	200	87.726.065	85.078.338	61,79
<a href="#">UTE</a>	2.66	40.663.392	39.113.168	28,41
<a href="#">UTN</a>	2	1.990.000	1.990.000	1,45
<b>Total</b>	<b>4.129</b>	<b>142.004.020</b>	<b>137.689.717</b>	<b>100</b>

Fonte: Adaptado pelo autor com base na tabela 1 ANEEL (2015b).

De acordo com ANEEL (2015c), o Brasil na atualidade conta com investimentos para utilização de fontes de geração de: energia eólica, células fotovoltaica, usinas hidrelétrica, marés e por usinas termelétrica que utilizam a energia obtida pela combustão de combustível fóssil, biomassa ou pela energia térmica liberada em reações nucleares. Um total de 2.664 empreendimentos de fonte Termelétrica operam hoje no país e ainda existem 23 empreendimentos em construção e 129 a serem construídos. Como fontes para geração de energia nas termoelétricas pode-se utilizar o bagaço de cana de açúcar, biogás proveniente da agroindústria, capim elefante, casca de arroz, carvão, óleos vegetais, resíduos de madeira e biogás proveniente de resíduos de animais (RA) e de resíduos sólidos urbanos (RSU).

### **3.2 A O uso de Biodigestores e sua inserção na matriz energética**

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD e o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2010), biodigestor é uma câmara fechada que fornece condições adequadas para a fermentação da matéria orgânica realizada por bactérias

metanogênicas. Essas bactérias do metano, na ausência de oxigênio, realizam a fermentação alcalina da matéria orgânica putrescível, com a produção de gás metano. O Biodigestor é alimentado por biomassa, matéria orgânica animal ou vegetal, podendo também ser recuperada a partir dos resíduos florestais, agropecuários e urbanos, e utilizada como fertilizante dos solos para agricultura ou para produção de energia primária. Segundo Alcides et al. (2009), a biodigestão é dividida em três etapas: fase da hidrólise, fase ácida e a fase metanogênica, com produção do biogás somente na última fase. Na fase da hidrólise as bactérias liberam enzimas extracelulares que realizam a hidrólise das partículas, a transformação, ou quebra, das moléculas maiores (polissacarídeos) em ácidos orgânicos (ácido láctico e ácido butílico), alcoóis, H<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>; estas bactérias realizam também a fermentação de proteínas e lipídeos originando compostos semelhantes. Na fase ácida as bactérias que produzem os ácidos, transformam as moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em moléculas de ácidos orgânicos, etanol, amônia, hidrogênio, dióxido de carbono, dentre outros compostos. Na última fase, a metanogênica, as bactérias metanogênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono e os transformam em metano. É a fase de maior duração devido à formação de microbolhas de metano e dióxido de carbono em torno da bactéria que impedem o contato direto com a mistura. Para melhorar o processo é aconselhada uma agitação no biodigestor, com intuito de desfazer essas microbolhas.

O biogás é um subproduto da fermentação anaeróbia da matéria orgânica, constituído principalmente por metano e gás carbônico. Também conhecido como “gás de dejetos”, o biogás é considerado uma fonte de energia renovável, com conteúdo energético semelhante ao gás natural. Pode ser utilizado como combustível para a geração de energia elétrica, térmica ou mecânica, com poder calorífico variando de 5.000 a 7.000 kcal/m<sup>3</sup>. Em relação a fontes de energia, 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a: 0,61 litros de gasolina; 0,58 litros de querosene; 0,55 litros de óleo diesel; 0,45 litros de gás de cozinha; 1,50 quilos de lenha; e 0,79 litros de álcool hidratado (NEPPA, 2015).

A produção do biogás pode ocorrer naturalmente por meio da ação de bactérias em materiais orgânicos (resíduo doméstico orgânico, resíduos industriais de origem vegetal, esterco de animal) ou produzido “forçadamente” pela utilização do biodigestor. Ao contrário de outras fontes energéticas, a produção de biogás possui mínimos impactos ambientais e auxilia no saneamento ambiental por ser inteiramente produzido através dos resíduos orgânicos gerados em casa ou resíduos agrícolas de fazendas ou localidades rurais, ou mesmo dos excrementos de animais e pessoas.

### **3.2 A geração de energia como ferramenta de inclusão social e Saneamento Básico**

Um dos grandes desafios no mundo atual está na necessidade de consciencialização ambiental para uma sociedade mais sustentável. Mudanças comportamentais e posturais sejam na concepção de projetos sustentáveis, educação para o consumo, descarte de resíduos e na preservação do meio ambiente são necessárias para a perpetuação de espécies da fauna e flora e da sadia qualidade de vida das presentes e futuras gerações. Em grandes capitais brasileiras, inúmeras comunidades carentes necessitam de saneamento básico, segurança, transporte, moradias dignas e meios que possibilitem o desenvolvimento de infraestrutura para melhorar a qualidade de vida da população. Diante dessa problemática, vê-se a necessidade de aplicação de conhecimentos de engenharia que apoiem comunidades de baixa renda com projetos que tragam saneamento, lazer, educação, moradias sustentáveis e retorno energético para essa população.

Segundo a OMS (*apud* MINISTÉRIO PÚBLICO, 2010), “Água contaminada é um dos maiores causadores de doenças evitáveis em todo o mundo. Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), a cada R\$ 1 investido em saneamento, economiza-se R\$ 4 em remédios e atendimento hospitalar.” Além do tratamento da água e melhorias no saneamento básico, o uso de biodigestores ainda poderia possibilitar a geração de energia e de biogás para as populações de tais comunidades.

Estudos realizados por Farias e Silva Jr. (2009), para a região de Jardim da Conceição com 11 mil habitantes em, Osasco no estado de São Paulo, trouxeram a proposta de produção de biogás a partir de biodigestores. Os autores usaram os dados da produção de resíduo orgânico e o consumo de gás de cozinha (GLP) num determinado período de tempo/indivíduo. A produção do biogás, foi projetada apenas com a matéria prima de resíduos orgânicos. O resultado da pesquisa é que não houve viabilidade econômica para implantação visto que, o retorno do investimento só seria alcançado em 17 anos e o público alvo não se tornaria auto-suficiente na geração de GLP, conforme proposta inicial do projeto. No entanto, não houve pesquisa para produção de energia a partir do esgoto que escoar a céu aberto ou está canalizado para os canais drenagem, realidade, por exemplo, que acontece em muitas comunidades na Região Metropolitana do Recife.

Segundo Turdera e Yura (2015), a cidade de Dourados no Mato Grosso do Sul tem sua economia baseada no setor agropecuário, e as fábricas de abate de animais geram cerca de 141 toneladas dos resíduos orgânicos por semana. De acordo com os autores esse

material é totalmente destinado à fábricas de ração de animais, no entanto, o uso de biodigestores poderiam trazer benefícios para a região com a transformação de resíduos em biogás e biofertilizantes. Turdera e Yura (2015), ainda trazem uma simulação para uso caseiro, onde 8,93m<sup>3</sup>de biogás/dia produzido por esterco de 24 bovinos, poderiam proporcionar o cozimento de alimentos, iluminação de 4 lâmpadas por 3 horas, gelar alimentos e proporcionar banho quente para uma família com 5 pessoas durante o dia.

#### **4. Resultados e Discussões**

Quanto ao saneamento básico, a capital do estado de Pernambuco possui muitas ligações clandestinas de esgoto à rede de drenagem da cidade (MARKMAN, 2012). Por estar localizada ao nível do mar, o escoamento das águas das chuvas é outro fator problemático para a cidade. A capital Recife é apelidada por “Veneza Brasileira” devido a 96 canais, proximidade do mar, rios e manguezais que a circundam. De acordo com o Plano Diretor da cidade do Recife publicado em 2004, “Deverá ser assegurado à população o acesso a um sistema de coleta e tratamento adequado dos esgotos, que garanta a diminuição dos altos índices de doenças de veiculação hídrica, ou relacionadas ao saneamento e à salubridade do ambiente, e reduza os riscos ambientais” (PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE, 2015). No entanto, ao longo dos últimos 30 anos a capital Pernambucana, tem sofrido com a transformação dos ecossistemas frágeis, como mangues, matas, estuários e pela ocupação urbana desordenada, acarretando sérios problemas como o lançamento de esgoto e resíduos sólidos nos corpos d’água da cidade. Segundo o diagnóstico do plano diretor “O Recife possui apenas 30% de sua área coberta com rede pública de esgotos, restrita ao centro da cidade e a bairros de maior poder aquisitivo - abrangidos pelos sistemas convencionais de esgotamento sanitário de Cabanga e de Peixinhos.” (PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE, 2015). Segundo o MP (2010), “a falta de um plano de implantação do sistema de esgotamento sanitário no Recife causa danos incalculáveis ao meio ambiente, à saúde, ao consumidor e à ordem urbanística.”

A cidade do Recife, em 2012, possuía 1.559.305 habitantes e segundo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco – PERS-PE (2012), produzia cerca de 73.864,25 toneladas (t) de resíduos sólidos/mês. Desse total de resíduos/mês, 46.534.48 t (63%) correspondia à matéria orgânica. Levando-se em consideração o consumo diário, cerca de 300 m<sup>3</sup> de biogás/mês para uma família com cinco pessoas, seriam necessários a fermentação média de 1500 kg de matéria orgânica para geração auto-suficiente de biogás.

Dados do PERS-PE (2012) informaram que a produção per capita de matéria orgânica era de 0,99 kg (ou 149,31 kg/mês, para uma família com o perfil supracitado), ou seja, 10% do valor total ideal. Ainda assim, são informações animadoras, haja vista que haveria uma economia entre 10 a 11% de energia proveniente de outras fontes energéticas. (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE; INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO – ITEP, 2012)

Segundo dados da ABRELPE (2013), em 2013, o estado de Pernambuco gerou uma média de RSU de 7,4 toneladas/dia (0,3 toneladas a mais que em 2012), mostrando-se promissor à implantação de um biodigestor, seja em área rural ou urbana, já que esta média tende a crescer. A forma de abastecimento dos biodigestores os classifica em batelada, em que se armazena a máxima capacidade de carga, substituída somente após a digestão completa do material orgânico, e contínuos, construídos para que o abastecimento de carga seja diário, existindo uma saída para material processado com volume de descarga proporcional ao de carga. Os biodigestores utilizam todo tipo de material que se decompõe sob ação das bactérias anaeróbicas, mas os resíduos animais são considerados o melhor alimento para ele, por serem naturalmente carregados de bactérias anaeróbicas. Para a realidade da capital Pernambucana, o mais indicado seria o contínuo, já que cerca de 50% da destinação do lixo está em aterros controlados, segundo a ABRELPE (2013).

Toda a gestão de resíduos sólidos urbanos da cidade do Recife é executada com base em seu Plano Diretor e, percebe-se um cumprimento parcial do que está escrito. Grande parte da cidade foi construída sobre áreas estuarinas e, em tempos chuvosos, o nível da água subterrânea sobe com facilidade, complicando a vida dos moradores e do trânsito. Visando amenizar esta situação, a prefeitura vem construindo canais e aumentando a vazão dos já existentes, como vem acontecendo com grande parte da zona norte Recifense. Com a crescente população carente vivendo à margem destes canais, a falta de informação e costumes errados acarretam numa diminuição da vazão, já que resíduos de diferentes tipos, além de dejetos, também são jogados nos canais, onde proliferam vetores de doenças como dengue e leptospirose.

Propõe-se, portanto, que seja analisada a viabilidade para produção de energia, biogás e saneamento básico da cidade do Recife usando Biodigestores em comunidades de baixa renda que não possuam canalização adequada para a rede de esgotos. Uma alternativa para a mitigação seria a construção de pequenos dutos, onde levariam os dejetos e material orgânico provenientes destes canais para um reservatório, onde seria feita a compostagem e desprendimento do biogás para geração de energia elétrica em trechos da cidade que comportassem bairros pobres.

## 5. Considerações Finais

As pesquisas literárias sobre o tema produção de energia elétrica a partir de RSU destacam sua importância para as áreas econômica, ambiental e social. A produção dos resíduos sólidos, devido a demanda da população, é crescente e as áreas para destinação destes estão cada vez mais escassas. Os trabalhos de pesquisa realizados nos últimos anos apontam para o potencial energético significativo que os resíduos podem ter na matriz energética. Porém, necessita-se ainda de investimento em tecnologia para aprimorar o potencial energético e garantir que esta produção se torne representativa e viável. O presente artigo ressalta a importância dos biodigestores e resíduos sólidos urbanos na produção de energia elétrica, mostrando dados relevantes sobre quantidade de resíduos e o seu potencial energético, além de mostrar uma visão geral sobre os métodos de produção de energia a partir da reutilização destes.

Os benefícios advindos com a instalação dos biodigestores, não estão centrados apenas nas possíveis receitas com a venda de energia gerada e injeção na rede elétrica, pautam-se principalmente na redução dos gastos com concessionárias de energia e com a compra de gás para uso domiciliar. Além disso, o biogás produzido a partir de biodigestores não dependeriam da produção de cana-de-açúcar ou de alimentos que necessitem de terra para cultivo. Dessa forma, a implantação de biodigestores auxiliariam no saneamento ambiental, diminuindo a contaminação de bacias, rios e a emissão de gases de efeito estufa para atmosfera.

Acredita-se que mudanças na infraestrutura, gestão de resíduos sólidos urbanos, investimentos em pesquisas em novas alternativas para saneamento básico e geração de energia locais, trarão possíveis soluções para a disposição dos RSU, demonstrando assim, o real potencial energético da região que usem práticas ambientalmente corretas e sustentáveis.

### Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro, 2004.
- ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama do Resíduos Sólidos no Brasil 2013*. 11. Ed., 2014, Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2015.
- ALCIDES, R. A. et al. *Relatório do Projeto Integrado I: Biodigestor*. Barretos: Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos - UNIFEB, 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAa4YAL/biodigestor>>. Acesso em: 17 jul. 2015.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Matriz de Energia Elétrica*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 14 jul. 2015a.

\_\_\_\_\_*BIG - Banco de Informações de Geração*. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 14 jul. 2015b.

\_\_\_\_\_*Fontes de Energia Exploradas no Brasil*. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/FontesEnergia.asp?>> .Acesso em: 15 jul. 2015c.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União*, Brasília-DF 3 ago. 2010. Seção 1. Disponível em: < <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2010/lei-12305-2-agosto-2010-607598-publicacaooriginal-128609-pl.html>> .Acesso em: 18/03/2015.

DIAS, Sylmara Gonçalves. O desafio da gestão de resíduos sólidos urbanos. *Gvexecutivo*, São Paulo, v. 11, n. 1, p.16-20, jan/jun 2012. Disponível em:

<<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvexecutivo/article/viewFile/22776/21542>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

FARIAS D. F.; SILVA Jr. M. A. A. *Estudo para implementação de um Biodigestor Comunitário Em Comunidade de baixa renda*. São Paulo/SP. 2009. 78 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo Escola Politécnica, São Paulo, 2009. Disponível em:

<[http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2009/Trabalhos%20finais/TCC\\_023\\_2009.pdf](http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2009/Trabalhos%20finais/TCC_023_2009.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2015.

GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P. *Gestão Ambiental na Agropecuária*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 1. ed. 310 p. 2007.

HOLTZ, Abel; PIRES, Adriano. Geração de energia com resíduos sólidos. *O Estadão de São Paulo*, São Paulo, 25 ago. 2011. Disponível em: < <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,geracao-de-energia-com-residuos-solidos-imp-,762772>> Acesso em: 14 jul. 2015.

LIMA, M. P. J. *Geração de Energia Limpa a partir da Carbonização dos Resíduos Sólidos Urbanos: O Caso do Projeto Natureza Limpa - UNAI/MG*. 2010. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Faculdade José Augusto Vieira, Lagarto, 2010. Disponível em: <[http://railtonfaz.com.br/wp-content/uploads/2012/04/TCC\\_FJAV.pdf](http://railtonfaz.com.br/wp-content/uploads/2012/04/TCC_FJAV.pdf)>. Acesso em: 14 jul. 2015.

LUFT, C. P.. *Minidicionário Luft*. São Paulo: Átila, 2000.

MARKMAN L. Prefeituras devem coletar lixo, mas cidadão precisa ajudar. *G1 PE - Globo*. 2012. Disponível em: < <http://g1.globo.com/pernambuco/eleicoes/2012/noticia/2012/09/prefeituras-devem-coletar-lixo-mas-cidadao-precisa-ajudar.html>> .Acesso em: 18 jul. 2015.

MEIO AMBIENTE. *Produto 6 – Resumo Executivo: Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto)*, visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável. São Paulo: Arcadis Tetraplan, 2010. Disponível em:

<[http://www.mma.gov.br/estruturas/164/\\_publicacao/164\\_publicacao10012011033201.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033201.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2015.

MINISTÉRIO PÚBLICO - MP. (Pernambuco). *Saneamento básico do Recife é investigado por nove promotores da Capital*. 2010. Disponível em:< <http://mp-pe.jusbrasil.com.br/noticias/2016399/saneamento-basico-do-recife-e-investigado-por-nove-promotores-da-capital>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

MORAES, G. *Elementos do Sistema de Gestão de SMSQRS: Sistema de Gestão Integrada*. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde editora e Livraria Virtual. 2. ed. 2010.

MOURA L.F. et al. Construção de Biodigestor modelo Indiano No Instituto Federal Campus Apodi-Rn. In: *IX CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN: TECNOLOGIA DE INOVAÇÃO PARA O SEMIÁRIDO*. Jul. 2013. Disponível em:

<<http://www2.ifrn.edu.br/ocs/index.php/congic/ix/paper/viewFile/1243/130>>. Acesso em: 17 jul. 2015.

NEPPA - NÚCLEO DE ESTUDO E PESQUISA EM PRODUÇÃO ANIMAL. *Manual de Biodigestão*. Disponível em: <[http://www.neppa.uneb.br/textos/publicacoes/manuais/manual\\_biodigestor\\_winrock.pdf](http://www.neppa.uneb.br/textos/publicacoes/manuais/manual_biodigestor_winrock.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2015.

NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. *Dendrologia: fundamentos e aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

OKUDOH, Vincent et al. The potential of cassava biomass and applicable technologies for sustainable biogas production in South Africa: A review. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, v. 39, p.1035-1052, nov. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.142. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S1364032114005942?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

OLUGASA, T. T.; ODESOLA, I. F.; OYEWOLA, M.O. Energy production from biogas: A conceptual review for use in Nigeria. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, v. 32, p.770-776, abr. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.rser.2013.12.013. Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S1364032113008277?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 jul. 2015.

PACHECO, Fabiana. Energias Renováveis: breves conceitos. *Conjuntura e Planejamento*, Salvador, n. 149, p.4-11, nov. 2006. Disponível em: <[http://ieham.org/html/docs/Conceitos\\_Energias\\_renovaveis.pdf](http://ieham.org/html/docs/Conceitos_Energias_renovaveis.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2015.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE; INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO – ITEP. Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco – PERS-PE. Jul. 2012. 306 p. Disponível em: <[www.cprh.pe.gov.br](http://www.cprh.pe.gov.br)>. Acesso em: 18 jul. 2015.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO; MMA-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Produto 6 – Resumo Executivo: Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável*. São Paulo: Arcadis Tetraplan, 2010. Disponível em:

<[http://www.mma.gov.br/estruturas/164/\\_publicacao/164\\_publicacao10012011033201.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033201.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2015.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. *Diagnóstico: II A dinâmica Físico-Territorial*. Disponível em: [http://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/planodiretor/diagnostico\\_ii.html](http://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/planodiretor/diagnostico_ii.html). Acesso em: 18 jul. 2015.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. Plano Diretor. 2004. Disponível em:

<<http://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/planodiretor>>. Acesso em: 19 jul. 2015.

TURDERA M. V.; YURA D. *Estudo da Viabilidade de um Biodigestor no Município de Dourados*. Scielo - Scientific Electronic Library Online. Enc. Energ. Meio Rural. An. 6, 2006.

Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v1/062.pdf>> . Acesso em: 15 jul. 2015.