

ESTUDO SOBRE A POSSIBILIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS DE SANEAMENTO (LIXO, ESGOTO).



Revista
Desafios

Artigo Original
Original Article
Artículo Original

Study on the possibility of generating energy from sanitation waste (garbage, sewage).

Estudio sobre la posibilidad de generación de energía a partir de residuos de saneamiento (basura, alcantarillado).

Ingrid Parente Costa *¹, Yolanda Vieira de Abreu²

¹Discente do Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins, Brasil.

² Docente no Curso de Graduação em Ciências Econômicas, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins, Brasil.

*Correspondência: Quadra 109 Norte, Avenida NS-15, ALCNO-14 - Plano Diretor Norte; E-mail: ingridparente52@mail.uft.edu.br

Artigo recebido em 27/12/2017 aprovado em 26/02/2018 publicado em 28/02/2018.

RESUMO

A sociedade moderna tem suas cidades um local de desenvolvimento e crescimento econômico e cultural. Porém, estas apresentam grandes problemas sociais e ambientais que aumentam na mesma proporção do crescimento de sua população, da tecnologia e das atividades humanas, por meio do seu alarmante nível de consumo e consequentemente de produção de resíduos sólidos. Tais resíduos muitas vezes são manejados ou depositados em lugares inadequados ou não preparados para recebê-los, como lixões que podem provocar graves problemas socioambientais. Em 02.08.2010 foi aprovado pelo Congresso Nacional a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Com a aprovação do marco regulatório do PNRS, estabelecem-se as diretrizes para a elaboração de planos municipais, regionais, estaduais e nacional. A prioridade é coordenar esforços entre os diferentes agentes do setor público para a diminuição da geração de resíduos; a logística reversa; e aproveitamento do subproduto destes resíduos para produção de energia. A ideia deste artigo é uma análise da importância econômica, social e ambiental da introdução da produção de energia, por meio dos resíduos sólidos, na Matriz Energética Brasileira, seja ela elétrica ou térmica, e suas vantagens para o meio ambiente, a sociedade e a economia, por meio a consulta de fontes bibliográficas pertinentes à temática.

Palavras chave: Resíduos Sólidos; Biogás; Agroenergia.

ABSTRACT

Modern society has its cities a place of development and economic and cultural growth. However, these present great social and environmental problems that increase in the same proportion of the growth of its population, technology and human activities, through its alarming level of consumption and consequently of solid waste production. Such waste is often handled or deposited in unsuitable or unprepared places, such as dumps that can cause serious socio-environmental problems. On 02.08.2010 was approved by the National Congress the National Policy of Solid Waste. With the approval of the regulatory framework of the PNRS, the guidelines for the elaboration of municipal, regional, state and national plans are established. The priority is to coordinate efforts among the different public sector agents to reduce waste generation; reverse logistics; and use of the by-product of these wastes for energy production. The idea of this article is an analysis of the economic, social and environmental importance of the introduction of energy production, through solid waste, in the Brazilian Energy Matrix, be it electric or thermal, and its advantages for the environment, society and economics, from the theoretical point of view, through the consultation of bibliographical sources pertinent to the theme

Keywords: Solid Waste; Biogas; Agroenergy.

RESUMEN

La sociedad moderna tiene sus ciudades un lugar de desarrollo y crecimiento económico y cultural. Sin embargo, estas presentan grandes problemas sociales y ambientales que aumentan en la misma proporción del crecimiento de

su población, de la tecnología y de las actividades humanas, a través de su alarmante nivel de consumo y consecuentemente de producción de residuos sólidos. Tales residuos a menudo se manejan o depositan en lugares inadecuados o no preparados para recibirlos, como basurales que pueden provocar graves problemas socioambientales. En el 02.08.2010 fue aprobado por el Congreso Nacional la Política Nacional de Residuos Sólidos. Con la aprobación del marco regulatorio del PNRS, se establecen las directrices para la elaboración de planes municipales, regionales, estatales y nacionales. La prioridad es coordinar esfuerzos entre los diferentes agentes del sector público para la disminución de la generación de residuos; la logística reversa; y el aprovechamiento del subproducto de estos residuos para la producción de energía. La idea de este artículo es un análisis de la importancia económica, social y ambiental de la introducción de la producción de energía, por medio de los residuos sólidos, en la Matriz Energética Brasileña, ya sea eléctrica o térmica, y sus ventajas para el medio ambiente, la sociedad y la sociedad economía, desde el punto de vista teórico, por medio de la consulta de fuentes bibliográficas pertinentes a la temática.

Palabras claves: Residuos Sólidos; Biogás; Agroenergía.

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento das atividades humanas nas últimas décadas houve um acelerado aumento na produção de resíduos, tornando-se um grave problema para as administrações públicas. O aumento desordenado da população e o crescimento sem planejamento de grandes núcleos urbanos dificultam as ações e o manejo dos resíduos, os quais, muitas vezes são depositados em locais não preparados para recebê-los, como lixões, e podem provocar graves problemas socioambientais (PNUD, 2010).

Uma das soluções, após mais de 20 anos de discussão no Congresso Nacional, foi à aprovação em agosto e regulamentada em dezembro de 2010, da Lei 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Como marco regulatório, a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece os princípios para a elaboração de planos municipais, regionais, estaduais e nacional. A prioridade é coordenar esforços entre os diferentes agentes do setor público para a diminuição da geração de resíduos; a logística reversa; a valorização dos resíduos por meio da criação de emprego e renda dignos para os envolvidos no processo; pelo correto tratamento dos materiais

dispostos; e aproveitamento do subproduto destes resíduos para produção de energia (PNUD, 2010).

Nesse cenário, a presente pesquisa busca analisar qual é a viabilidade ambiental, social e econômica de se usar os resíduos sólidos para produção de energia, sob o ponto de vista teórico, por meio a consulta de fontes bibliográficas pertinentes à temática.

MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos necessários para realização deste trabalho foram os seguintes: Bibliográfico por não se tratar de uma pesquisa de campo e sim de coletas de dados primários ou secundários, em livros, sites e outros. Exploratório por ser necessário ter uma visão panorâmica ou mais abrangente sobre o uso dos Resíduos Sólidos (esgoto e lixo) como fonte de energia. Descritivo por estabelecer relações entre as diversas variáveis técnicas, econômicas, sociais e ambientais. Este tipo de pesquisa visa identificar estruturas, formas, funções e contextos. Explicativo por buscar mostrar os fatos contributivos para se apontar atos, fatos, dados e os pontos de vista de diversos atores sobre a produção de energia por meio dos resíduos sólidos e seus resultados.

2.1 Geração de Energia Elétrica a Partir de Biogás

Os resíduos sólidos urbanos são produzidos em larga escala, condição que faz possível realizar o aproveitamento dos mesmos, por meio da fermentação anaeróbia produzindo biogás que é derivado do lixo, esgoto ou esterco bovino, suíno etc., matéria prima para substituição do GLP (Gás liquefeito de petróleo), combustível, ou para a geração de energia elétrica etc. Todos esses fatores tem sido alvo de estudos e inúmeros trabalhos acerca dos mesmos já foram publicados, o que ressalta mais ainda sua importância quanto a sua viabilidade econômica e ambiental. (RODRIGUES; AQUINO & ESTEVAM, 2011).

No Brasil, por conta da matriz elétrica está baseada na energia hídrica, não se incentivou da mesma forma a geração de novas formas de energia elétrica. Ademais, o próprio setor privado manifestou interesse limitado em tais investimentos oriundos de fontes diversas das tradicionais por conta de uma série de particularidades como: o elevado custo do capital nacional; limitada capacidade para o desenvolvimento de projetos de financiamento externo; limitadas fontes de pesquisas tecnológicas; e restrições de barreiras regulatórias, principalmente porque as fontes renováveis (como no caso do biogás) geralmente transitam por diversos âmbitos da administração pública (PNUD, 2010).

Os custos de investimento em energia renovável são em sua maioria, superiores aos necessários para a adoção de fontes tradicionais. Não obstante, invariavelmente as energias renováveis trazem consigo externalidades positivas passíveis de serem mensuradas, como o desenvolvimento das áreas econômica e social. Adicionalmente, investimentos na geração de energia que se utiliza do biogás como fonte combustível podem ser viáveis economicamente devido à apropriação de receitas oriundas da venda da energia elétrica e da comercialização dos créditos de carbono (PNUD, 2010).

A geração de lixo no Brasil avançou cinco vezes mais em relação ao crescimento populacional de 2010 a 2014,

mas 38% dos brasileiros (78 milhões de pessoas) continuam sem acesso a serviços de tratamento e destinação adequada de resíduos (ABRELP, 2014). A principal destinação verificada pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2014) do material coletado tem sido aterros controlados e sanitários, contudo grande parte ainda é enviada para áreas popularmente conhecida como lixões. Em pouquíssimos casos são aplicadas outras soluções, que poderiam trazer benefícios adicionais para as localidades. Isto se dá, provavelmente por razões financeiras, uma vez que tais soluções normalmente significam maiores investimentos – ainda que a movimentação financeira do setor, segundo a Associação Nacional das Empresas de Limpeza Pública, tenha atingido R\$ 21,2 bilhões em 2011 e R\$ 22,7 bilhões em 2012 (ABRELPE, 2012).

Ao lado dos evidentes benefícios ambientais, sanitários e sociais que proporciona o aproveitamento energético dos RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) já apresenta hoje alternativas tecnológicas maduras. Aliás,¹⁶ as tecnologias disponíveis nem são tão recentes assim, visto que tiveram início nos anos 1960 as primeiras termelétricas implantadas na Europa acionadas por RSU (Resíduos Sólidos Urbanos), enquanto as pioneiras nos Estados Unidos e no Japão datam dos anos 1980. Embora o aproveitamento energético de resíduos urbanos não se apresente com potencial de escala suficiente para sustentar uma estratégia de expansão da oferta de energia elétrica ou de biocombustível do país no longo prazo, o mesmo é elemento que deve ser considerado importante de uma estratégia regional ou local que transcende a dimensão energética. Na realidade compõe um arranjo de políticas de cunho social (saúde, Nota Técnica DEA 18/14 - Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos 11 Ministério de Minas e Energia saneamento, etc.), regional (desenvolvimento local) e ambiental (mitigação de impactos dos resíduos), (EPE, 2014).

Nesse contexto, incentivos públicos para a elaboração e implantação de projetos de recuperação e queima de biogás são justificáveis sob a ótica do desenvolvimento sustentável. Para a viabilização destes projetos, a municipalidade a quem compete prestar o serviço de limpeza urbana e a coleta dos resíduos sólidos urbanos pode explorar diretamente a utilização desses resíduos na atividade de geração de eletricidade a partir da queima do biogás, assumindo o papel de empreendedor. Conceder a terceiros, por meio do devido processo legal (licitação), o direito de utilizar os resíduos sólidos. O papel da municipalidade neste caso restringe-se ao de conceder o direito de exploração, por terceiros, dos resíduos sólidos ou da fração orgânica desses resíduos, uma vez que a concessão, autorização ou permissão dos serviços de eletricidade, entre os quais se inclui a geração de energia elétrica, é de competência federal (União). Para a

produção de eletricidade em uma usina térmica movida a biogás, tanto a municipalidade, como o terceiro, no caso de se fazer a concessão do direito de explorar os resíduos sólidos urbanos, podem organizar-se como autoprodutor, ou como produtor independente de energia (PNUD, 2010).

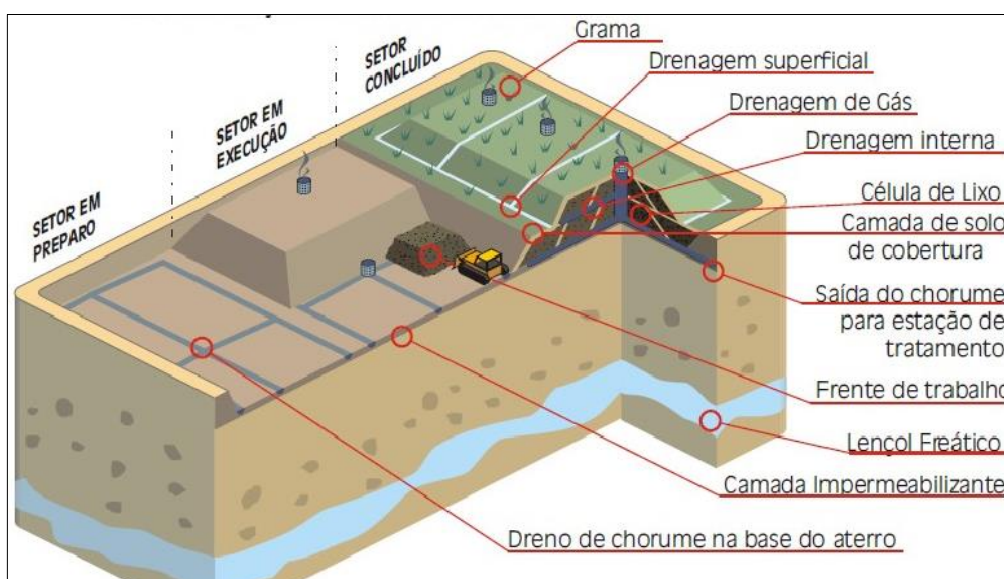
2.2 Geração de Energia Elétrica a Partir de Resíduos Sólidos

2.2.1 Aterros Sanitários

Para fins de geração de biogás, a alternativa mais interessante é a de aterros sanitários, visto que eles dispõem de técnicas de captação dos gases liberados (FIGUEIREDO, 2007).

Na Figura 1, pode-se observar o esquema de um aterro sanitário e suas funções.

Figura 1. Corte esquemático de um aterro sanitário.



Fonte: Portal Resíduos Sólidos.

Durante a projeção do aterro são realizados estudos geológicos e topográficos para selecionar a área a ser destinada, de forma que o meio ambiente não seja comprometido com a sua instalação. A impermeabilização do solo é feita por meio de camadas de argila e uma geomembrana de polietileno de alta

densidade (PEAD) para evitar infiltração dos líquidos percolados (chorume) no solo (FIGUEIREDO, 2007).

O lixo é depositado sobre o terreno e depois recoberto com camadas do solo do próprio local, isolando-o do meio ambiente. Formam-se então câmaras, nas quais é produzido o gás e liberado o chorume. O

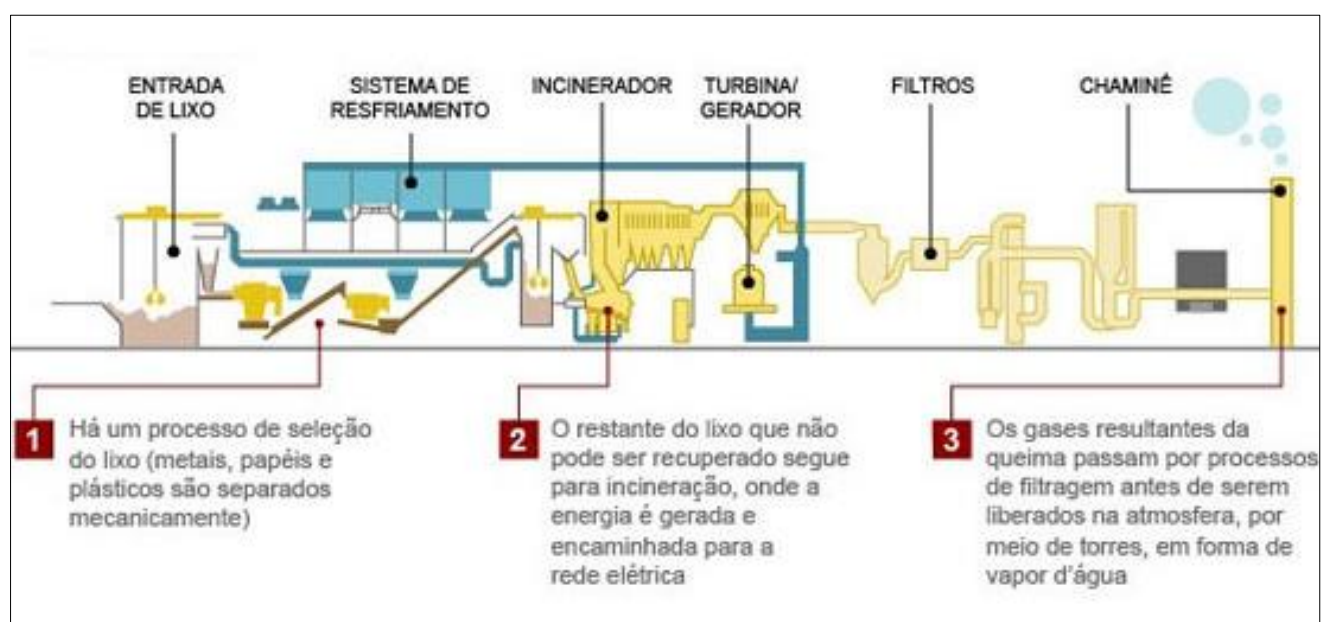
chorume é captado através de tubulações e escoado para tanques de tratamento. Para evitar o excesso de água de chuva, são colocados tubos ao redor do aterro, que permitem o desvio dessa água, que são armazenados em lagos para posterior utilização (FIGUEIREDO, 2007).

Os gases liberados durante a decomposição dos resíduos são captados e podem ser queimados em *flare* ou ainda utilizados como fonte de energia. O local da

instalação do aterro deve ser cuidadosamente escolhido, abrangendo grandes dimensões e, devido a alguns inconvenientes como mau cheiro, tráfego de caminhões de lixo, etc., deve estar localizado distante das concentrações urbanas (FIGUEIREDO, 2007).

2.2.2 Usina de Incineração do Lixo

Figura 2. Usina de Incineração do lixo.



Fonte: G1.com.

É um método de alto custo devido a utilização de equipamentos especiais. Neste método existe uma grande redução do volume do lixo, cerca de 4% do volume original. A eliminação de resíduos pelo uso do fogo é uma prática bastante antiga. Mesmo hoje, a queima do lixo a céu aberto ainda é praticada nas áreas rurais e em algumas cidades pequenas. A queima de lixo a céu aberto acaba contribuindo para o aumento da poluição do ar (CONECTE EDUCAÇÃO).

A tecnologia para obter eletricidade a partir da combustão de resíduos sólidos é uma das alternativas para destinação do lixo urbano. As usinas funcionam com um incinerador de resíduos, cujo calor produzido é convertido em vapor (em câmaras ou caldeiras), que

movimenta uma turbina usada para gerar eletricidade. Os gases produzidos na combustão devem ser cuidadosamente filtrados antes de lançados no ambiente. Já as cinzas e as escórias resultantes da queima podem, em parte, ser utilizadas na construção civil (CORSINI, 2013).

O primeiro incinerador municipal no Brasil foi instalado em 1896 em Manaus para processar 60T por dia de lixo doméstico, tendo sido desativado somente em 1958 por problemas de manutenção. Um equipamento similar foi instalado em Belém e desativado em 1978 pelos mesmos motivos (MENEZES, 2000; IPM, 2002).

No Brasil, o sistema de incineração do lixo ainda não é utilizado para gerar eletricidade. No Estado de São Paulo, há projetos para implantação de usinas em cidades como São Bernardo do Campo, Barueri e São José dos Campos - este, engavetado em 2013 (CORSINI, 2013).

A incineração do lixo urbano é utilizada em muitos países desenvolvidos. Os dois países onde são incineradas as maiores porcentagens de lixo são a Suíça (88%) e o Japão (72%). Nestes países, o calor liberado pela incineração do lixo é aproveitado na obtenção de energia elétrica, além de água aquecida (CONNECTE EDUCAÇÃO).

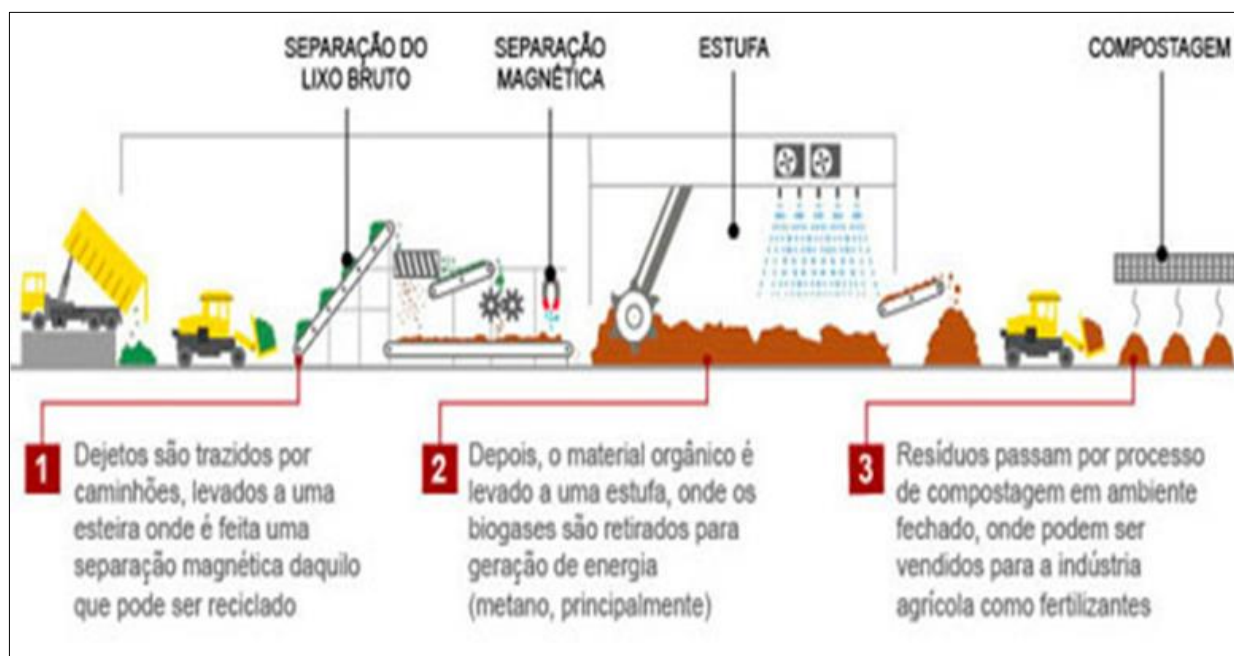
Em 23 de maio de 2001, o Brasil assinou a Convenção de Estocolmo, tratado da Organização das Nações Unidas (ONU), que aponta a incineração de resíduos como uma das principais fontes geradoras de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). A

Convenção recomenda que o uso de incineradores seja eliminado progressivamente. Além de ser uma tecnologia suja, a incineração inviabiliza a implantação de projetos socioambientais e de infraestrutura para a coleta e reciclagem de materiais. Disfarçada muitas vezes como "recuperação energética", a incineração exige elevados investimentos, que vão de R\$ 2,4 milhões a R\$ 1,7 bilhão. (GREENPEACE, 2002).

Segundo Rodnei (2013) mesmo que a criação de usinas de incineração de resíduos encontre incentivo em algumas diretrizes governamentais de saneamento básico, as quais indicam a busca de alternativas ao aterramento do lixo, a solução não é unânime, sobretudo pelas preocupações quanto ao monitoramento dos gases produzidos na queima.

2.2.3 Usina de Compostagem do Lixo

Figura 3. Usina de Compostagem do Lixo.



Fonte: G1.com.

As usinas de compostagem de lixo processam a matéria orgânica através de processos químicos que resultam em húmus de altíssima qualidade usado como adubo no desenvolvimento das plantas. Este adubo,

também chamado de composto orgânico, é produzido biologicamente e em condições adequadas, sendo amplamente utilizado pela agronomia, como plantações, hortas ou jardins (REDAÇÃO, 2013).

Este processo é uma das formas mais antigas de digestão e ocorre naturalmente na ausência de oxigênio, como em plantações de arroz, águas paradas, estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários. O gás obtido durante a digestão anaeróbica, chamado de biogás, inclui além do metano e do dióxido de carbono, alguns gases inertes e compostos sulfurosos (LOBÃO et al, 2008).

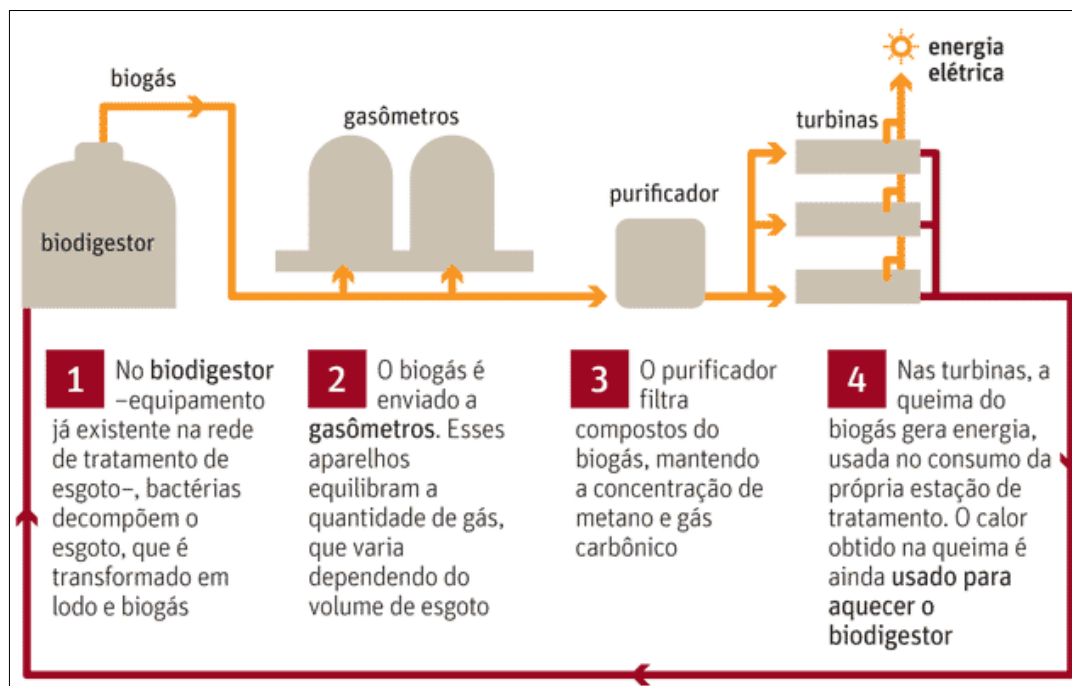
No Brasil, a compostagem do lixo é feita por muitas usinas de reciclagem, que separam papéis, metais, plásticos e vidros do lixo orgânico. No entanto, segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), há pelo menos 80 usinas de compostagem, sendo que parte delas estão desativadas por falta de uma política séria de coleta, triagem e processamento do lixo, resultando muitas vezes em um composto de má qualidade. Do total de lixo coletado no país, mais da metade é considerado lixo orgânico (REDAÇÃO, 2013).

Segundo Sanquetta (2004), o tratamento do esgoto resulta na formação de gás metano (CH₄), altamente tóxico e prejudicial à camada de ozônio. Ele é cerca de 20 vezes mais agressivo para o meio ambiente do que o gás carbônico (CO₂), sendo os principais responsáveis pelo aumento da concentração de gases de efeito estufa em consequências das emissões de causa antrópica. Torna-se, portanto, muito interessante o aproveitamento energético desse biogás, conciliando a geração de energia elétrica renovável com a questão do saneamento ambiental, através da redução dos gases de efeito estufa.

Na figura 4, pode-se observar esquematicamente o fluxograma do processo de transformação do esgoto em energia elétrica.

2.3 Geração de Energia Elétrica pelo Tratamento de Esgoto

Figura 4. Fluxograma do processo de transformação do esgoto em energia elétrica.



Fonte: Copasa.

O esgoto que vem da rede coletora é transportado até a estação elevatória, onde as partículas maiores são retidas, e então é destinado a uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Os resíduos sólidos são destinados a um aterro sanitário, enquanto o líquido é enviado a um reator onde há o processo de digestão da matéria orgânica pelas bactérias ali presentes e de lá segue para uma etapa de pós-tratamento. O gás produzido pela atividade bacteriana pode ser queimado e transformado em gás carbônico ou pode ser reaproveitado (ECYCLE, 2013).

O lodo restante no primeiro tanque é depositado em outro para que a fermentação anaeróbia possa ocorrer, processo que dura algumas semanas. Resíduos sólidos restam e derivam deste processo. Tais resíduos são utilizados para produzir fertilizantes, que serão usados, por exemplo, em lavouras e plantações. Assim que o gás é liberado, este é coletado e distribuído nas residências, garantindo o funcionamento dos sistemas de calefação. Todo o processo deve levar em média 23 dias para ser concluído, desde o momento em que a descarga é dada até o momento em que o gás chega às casas (Programa Cidades Sustentáveis. 2013).

A produção dessa energia ecologicamente correta custa caro. Por exemplo, na cidade de Feira de Santana a usina de energia elétrica produzida a partir do biogás gerado no tratamento de esgoto feito na estação Jacuípe II, teve um investimento de R\$ 4,6 milhões, sendo que R\$ 3,6 milhões são provenientes do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Coelba, aprovado pela Aneel, agência reguladora do setor elétrico, e R\$ 840 mil são recursos próprios da Embasa (EMBASA, 2016).

Toda a energia produzida a partir do biogás será utilizada para suprir o consumo de eletricidade da estação de tratamento, representando uma redução do gasto com

energia de R\$26 mil para R\$5 mil por mês (EMBASA 2016). Os ganhos para a Embasa vão bem além do aspecto financeiro. “Além da redução da conta de energia, que é uma de nossas maiores despesas, outro impacto muito positivo será a diminuição significativa do volume de gás poluente lançado na atmosfera. A busca de fontes de energia limpa tem motivado instituições no mundo inteiro. E o trabalho da Embasa servirá para verificarmos a viabilidade econômico-financeira deste tipo de tecnologia, que possa, futuramente, ser replicado em outros lugares”, avalia o presidente da empresa, Rogério Cedraz.

2.4 Vantagens e Desvantagens

Como todas as fontes de energia, a energia do biogás possui também vantagens e desvantagens decorrentes do seu aproveitamento para a produção de energia elétrica.

É uma energia limpa, serve como substituto para os combustíveis derivados do petróleo como o GLP (Gás liquefeito de petróleo) e nas zonas Rurais, pode ser uma fonte de rendimento para agricultores que podem usar para produzir energia, para uso em fogão e ainda pode vender o excedente de energia elétrica.

A digestão anaeróbia para RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) é amplamente usada por todo o mundo e tem uma eficiência de 35% na conversão de energia térmica para energia elétrica. Uma vantagem sobre o aproveitamento do gás de aterro é reduzir a quantidade de resíduos depositados em aterro sanitário, além disso, a parte úmida do RSU não oferece boa recuperação de energia, e a digestão anaeróbica oferece vantagens neste sentido (LOBÃO et al, 2008).

Algumas das desvantagens na utilização do Biogás são que a quantidade de energia gerada não é constante e depende da quantidade de insumos e,

também, da capacidade do gerador, variando ao longo do período de produção. A venda de energia depende de infraestrutura disponível pela concessionária na região; A recuperação do investimento neste tipo de aproveitamento é de longo prazo. E para a utilização do esgoto ou do lixo tem que ter concessão do Estado ou do Município; Em função da Diretiva Comunitário relativa a aterros, no futuro será minimizada a deposição de resíduos biodegradáveis em aterro, pelo que as instalações de recuperação de biogás de aterro terão um tempo limitado de existência; e há um alto período de recuperação do investimento (PORTAL ENERGIA, 2012). Custo extra de manutenção devido à escolha inadequada do material utilizado na construção do biodigestor, pois há formação de gases corrosivos (CETTO, 2002).

2.5 Análise Econômica da Produção de Biogás para Geração de Energia Elétrica

O principal componente do biogás, quando se pensa em utilizá-lo como combustível, é o metano, que é um gás a ser considerado para geração de energia térmica, mesmo como combustível para motores de explosão (MORAIS, 2012). Segundo Alves (2000), a presença de substâncias não combustíveis no biogás, como água e dióxido de carbono, prejudica o processo de queima tornando-o menos eficiente; uma vez que, presentes na combustão de impurezas, o poder calorífico do biogás torna-se menor. O biogás altamente purificado pode alcançar 12000kcal por m³. Para fins de comparação, a tabela 1 que segue apresenta os PCIs de diferentes gases:

Tabela 1. Poderes Caloríferos com outros Gases

GÁS	P.C.I EM Kcal / m ³
METANO	8500
PROPANO	22000
BUTANO	28000
GÁS DE CIDADE	4000
GÁS NATURAL	7600
BIOGÁS	5500

Fonte: ZACHOW, 2000.

O biogás é um gás leve e de baixa densidade. Mais leve do que o ar, contrariamente ao butano e ao propano, ele suscita menores riscos de explosão, na medida em que a sua acumulação se torna mais difícil. A sua baixa densidade implica, em contrapartida, que ele ocupe um volume significativo e que a sua liquefação seja mais difícil, o que lhe confere algumas desvantagens em termos de transporte e utilização (CASTANÓN, 2002).

Assim como os gases puros, as características do biogás dependem da temperatura e da pressão, variando com elas e com o teor de umidade. O fundamental, quando se trata de gases para fins de geração de energia é conhecer seu volume, seu poder calorífico e a própria umidade. O poder calorífico do biogás bruto é de cerca de 6 kwh/m³ – aproximadamente meio litro de óleo diesel, e o do gás purificado 9,5 kwh/m³. O poder calorífico líquido, entretanto, depende da eficiência dos equipamentos empregados no uso energético do gás (COELHO et al., 2001).

O poder calorífico, no processo de comparação com outros combustíveis, não é um bom indicador, por que não leva em conta a

eficiência de combustão que se deve considerar para cada caso. Combinado à eficiência usualmente alcançável com os poderes caloríficos, tem-se a fração realmente aproveitável e uma comparação adequada aos diversos combustíveis, bem como, a equivalência do biogás a outras fontes caloríficas

(CASTANÓN, 2002). Cada metro cúbico de biogás equivale a uma determinada quantia de outro combustível, conforme indica a tabela 2. Os dados desta tabela levam em conta não apenas o poder calorífico, mas também, a eficiência média de combustão, variável em cada caso.

Tabela 2. Equivalências energéticas entre 1m³ de biogás com outras fontes a outras fontes caloríficas

ENERGÉTICO	Ferraz & Mariel (1980)	Sganzerla (1983)	Nogueira (1986)	Motta (1986)	Santos (2000)
Gasolina (L)	0,61	0, 613	0,61	0,70	0,6
Querosene(L)	0,58	0, 579	0,62	-	-
Óleo Diesel (L)	0,55	0, 533	0,55	-	0,6
GLP (kg)	0,45	0, 454	1,43	0,40	-
Álcool (L)	-	0,79	0,80	-	-
Carvão Mineral (kg)	-	1, 538	0,74	-	-
Lenha (kg)	-	1, 428	3,50	-	1,6
Eletricidade (kWh)	1,43		-	1,25	6,5

Fonte: MOTA, 2012.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) prevê o crescimento médio de 4,3% no consumo de energia elétrica entre os anos de 2013 e 2023 no Brasil. Entre as regiões do país o aumento de consumo de energia elétrica por ano até 2023 a região Norte será responsável por 5,9%, Nordeste 4,3%, Sudeste/Centro-Oeste 4,0%, e a região Sul 3,9%. Estes dados serão utilizados para elaboração do Plano Nacional de Energia (PNE) que pretende oferecer instrumentos e alternativas de expansão do setor energético brasileiro nos próximos anos (CERPCH, online, 2014).

Portanto, é necessário estimular e desenvolver novas fontes de energia para oferecer

segurança energética ao país, além de substituir o uso de combustíveis fósseis. A biomassa, como fonte para geração de energia elétrica destaca-se devido o seu potencial em termos de natureza, origem, tecnologia de conversão e produtos energéticos (FLORES, 2014).

CONCLUSÃO

Esse artigo tinha como objetivo a importância econômica, social e ambiental da introdução da produção de energia, por meio dos resíduos sólidos, na Matriz Energética Brasileira. Verificou-se que destinar parte desses resíduos para a produção de energia vem do fato de já ter sua tecnologia disponível, ser

ambientalmente adequado e ainda poder viabilizar um negócio rentável.

Após a aprovação e regulamentação em dezembro de 2010, da Lei 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) aumentou os incentivos para a disposição, tratamento e aproveitamento do subproduto destes resíduos para produção de energia.

O complexo desafio para as grandes cidades na gestão de resíduos sólidos neste início de século é buscar soluções que levem à viabilidade ambiental, social e econômica de se usar tais resíduos para produção de energia. Nessa pesquisa mostrou-se que esse caminho é viável tecnicamente e economicamente, e trás benefícios ambientais e sociais. Tal afirmação vem do fato que a disposição inadequada desse material é prejudicial à saúde da sociedade e do meio ambiente. O Brasil tem uma expressiva produção de RSU, que ainda é tratado com descaso pelos órgãos públicos e a maior parte destes resíduos ainda tem destino inadequado, sendo vetores de doenças e de poluição do meio ambiente. Tal opção ainda colabora na mitigação das mudanças climáticas relacionadas à ação humana e, ao mesmo tempo, garantam a inclusão social efetiva de parcelas significativas da população. Assim, caminharemos rumo a um desenvolvimento mais saudável, em uma perspectiva socialmente justa, ambientalmente sustentável, sanitariamente correta e economicamente solidária.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por ter me sustentado até aqui. À Prof^ª Dr^ª Yolanda Abreu pela paciência, orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil pelo apoio ao trabalho.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

ABRELPE, **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2012.

ABRELPE, **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2014.

ALMEIDA G. C., Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso. **Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos e o Impacto Ambiental**, 2010.

CHRIS BUENO. “Energia que vem do lixo” Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/energia-vem-lixo-11-02-08.htm#>. Acesso em: 11/02/2008.

CORSINI R. “Equipamentos Públicos”. 2013. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/28/3-geracao-de-energia-por-incineracao-de-lixo-saiba-291153-1.aspx>.

DINIZ. M. F. **Sustentabilidade: “Energia através do lixo”**. 2013. Disponível em: <http://marisadiniznetworking.blogspot.com.br/2013/06/sustentabilidade-energia-atraves-do-lixo.html>. Acesso em: 11/06/2013.

ECYCLE. “O que é a energia do biogás? Entenda como é produzido e transformado em energia elétrica”. 2010/2013. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/2972-biogas-energia-eletricidade-combustivel-tratamento-esgoto-aterro-biodigestores-domestico-comunidade-indiano-chines-vantagens-desvantagens.html>.

FLORES, MARCELO COSTA. **Viabilidade econômica do biogás produzido por biodigestor para produção de energia elétrica—estudo de caso em confinador suíno**. Marcelo Costa Flores, p. 31-32, 2014.

EMBASA. “**Biogás gerado no tratamento do esgoto é transformado em energia elétrica em Feira de Santana**”. Disponível em: <http://www.embasa.ba.gov.br/content/biog%C3%A1s-gerado-no-tratamento-do-esgoto-%C3%A9-transformado-em-energia-el%C3%A9trica-em-feira-de-santana>. Acesso em: 19/12/2016.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos. “**Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos**”. Rio de Janeiro, 2014.

FIGUEIREDO. N.J. V. “**Utilização do biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica e iluminação a gás – estudo de caso**”. 2007.

FERREIRA SILVA T. C.; RIETOW. J. C.; COELHO. S. T.; POSSETTI. G. R. C. “**Utilização do biogás proveniente do tratamento do esgoto doméstico para geração de eletricidade**”. *AGRENER GD 2015 10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural*. 2015.

GRANDELLE. E.R. “**Geração de lixo no Brasil aumentou cinco vezes mais do que a população**”. O GLOBO, 2015. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/g-eracao-de-lixo-no-brasil-aumentou-cinco-vezes-mais-do-que-populacao-16926042>. Acesso em: 24/07/2015.

MARTINS. L. O.; SILVA. S., L. T.; DORES D. O.; CARNEIRO. R. A.F., “**Potencial de geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos visando o uso do biogás como fonte alternativa de energia renovável no estado da bahia**”. *Business Conference Convibra 2015*. 2015.

MORAIS, MARCELO ANTÔNIO. **Estudo experimental e avaliação econômica da**

Operação de biodigestores tubulares para a produção de biogás a partir de resíduos da suinocultura. Minas Gerais, 2012.

PENSAMENTO VERDE. “**O que é feito nas usinas de compostagem de lixo?**”. 2013. Disponível em: <http://www.pensamentoverde.com.br/reciclagem/o-que-e-feito-nas-usinas-de-compostagem-de-lixo/>. Acesso em: 23/05/2013.

PEROVANO T. G.; FORMIGONI. L. P. A. “**Geração de energia a partir de subprodutos do tratamento de esgotos sanitários**”. Vitória, 2011.

PNUD- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - **Produto 6 – Resumo Executivo**. São Paulo, 2010.

PORTAL ENERGIA. **Vantagens e desvantagens da Energia do Biogás**. 2012. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-energia-do-biogas/>. Acesso em: 24/05/2012.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Energia que vem do esgoto**. Disponível em: <http://www.cidades sustentaveis.org.br/boas-praticas/energia-que-vem-do-esgoto>. Acesso em: 08/04/2013.

RODRIGUES, D. L.; AQUINO, C. F.; ESTEVAM, G. P. “**Produção de biogás a partir dos esgotos utilizando reatores anaeróbicos do tipo rafa seguido por lodos ativados numa estação de tratamento de esgoto**”. *Omnia Exatas*, v.4, n.2, p.103-109, 2011;

ZILOTTI, H. A. R., “**Potencial de produção de biogás em uma estação de tratamento de esgoto de cascavel para a geração de energia elétrica**”. 2012.