

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE USINA DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DE JESUS – BA¹

Luís Oscar Silva Martins²

Leandro Teixeira e Silva³

Roberto Antônio Fortuna Carneiro

RESUMO

A geração de energia por meio do biogás oriundo da decomposição dos resíduos sólidos em aterros sanitários se apresenta como uma alternativa ambientalmente e economicamente viável para a solução de um dos mais graves problemas enfrentados pela sociedade: o acúmulo de lixo. Dessa forma, o objetivo central dessa pesquisa é analisar a viabilidade econômica e financeira da geração de energia a partir dos resíduos sólidos urbanos depositados no aterro sanitário do município de Santo Antônio de Jesus, no estado da Bahia. Para isso, a pesquisa definiu as condições operacionais do biogás, seu aproveitamento energético, além de analisar a Lei 12.305/2010 que trata da política nacional de resíduos sólidos urbanos e o funcionamento do mercado de crédito de carbono. Determinados os parâmetros de avaliação, foram definidos os cenários da ordem de 90%, 70% e 50% de recuperação do biogás financiados sob duas condições: 100% capital próprio, e, 75% capital de terceiros. A partir da análise, os resultados demonstraram viabilidade para o cenário de recuperação de 90%, bem como para o cenário de 70% quando o empreendimento foi financiado em 75% por capital de terceiros.

Palavras-chave: Biogás; Geração de energia; Análise econômica e financeira.

ABSTRACT

The generation of energy through biogas derived from the decomposition of solid waste in landfills is presented as an environmentally and economically feasible alternative for the solution of one of the most serious problems faced by society: the accumulation of waste. Thus, the main objective of this research is to analyze the economic and financial viability of power generation from municipal solid waste deposited in the landfill of Santo Antônio de Jesus in Bahia state. For this, the survey defined operational biogas conditions, its energy use, and analyzed the Law 12.305/2010 which deals with the national municipal solid waste and the operation of the carbon credit market policy. Given the parameters of evaluation, the scenario of around 90%, 70% and 50% of biogas recovery funded under two conditions were defined: 100% equity and 75% equity of third parties. Results showed feasibility for

¹ Recebido em 14/12/2016.

² luisoscar2007@gmail.com

³ Faculdade de Ciências Gerencias da Bahia. lteixeiras@gmail.com

90% recovery scenario and for the scenario of 70% when the project was financed in 75% by debt capital.

Keywords: Biogas; Power generation, Economic and financial analysis.

INTRODUÇÃO

O aumento da intensidade da atividade humana nas últimas décadas, bem como, o crescimento desordenado da população em núcleos urbanos sem planejamento acelerou a produção excessiva de resíduos sólidos urbanos, causando uma série de problemas para a sociedade, em especial à gestão pública. Esse crescimento contínuo da escala econômica sobre o meio ambiente agravou uma questão específica no processo de sustentabilidade relacionada às ações de manejo de resíduos e sua correta disposição final.

No Brasil, após mais de 20 anos de discussões no Congresso Nacional, ficou definido que a Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), seria a responsável por reger o processo de disposição final do lixo. O novo marco legal estabelece os princípios de responsabilidade compartilhada sobre a destinação dos produtos ao final de sua vida útil. Discute também o estabelecimento de metas para que o Brasil tenha uma política de destinação ambientalmente correta para os resíduos sólidos. A Lei inclui prazo para reduzir o percentual de resíduos reutilizáveis e recicláveis enviados para os aterros sanitários, objetivando diminuir o volume de lixo enviado a estes, ampliando sua vida útil. Estimula ainda a adoção de logística reversa de materiais de descarte delicado como pilhas, lâmpadas e pneus. Também viabiliza sistemas de coleta seletiva e adequação de ambientes em que são depositados os rejeitos incapazes de serem reutilizados ou reciclados.

A PNRS criou metas importantes que visam contribuir para eliminação dos denominados “lixões”, fonte de graves problemas socioambientais, instituindo ferramentas de planejamento aos níveis nacional, estadual e regional. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2008, metade dos mais de cinco mil municípios brasileiros destinam seus resíduos para lixões. Conforme o relatório, a atual situação se

configura como um cenário de destinação reconhecidamente inadequado que exige soluções estruturais urgentes para o setor.

A disponibilidade de locais para a disposição de resíduos sólidos é um problema crescente nos municípios brasileiros, já que essas áreas devem atender critérios de ordem social, econômica e ambiental (SAMIZAVA *et al.*, 2008). De acordo com o pensamento de diversos autores (BIDONE e POVINELLI, 1999; TENÓRIO e ESPINOSA, 2004; BOSCOV, 2008) o aterro sanitário, é a modalidade de disposição final de resíduos sólidos urbanos mais adequado, pois se trata de uma estrutura idealizada para impedir a poluição do ambiente. Sua engenharia garante impermeabilização do solo, coleta e tratamento do chorume, sistemas de monitoramento ambiental topográfico e geotécnico e em alguns casos coleta e queima ou aproveitamento do biogás.

Assim, segundo Abreu, Costa Filho e Souza (2014), a administração adequada do lixo e a geração de energia por meio do biogás em aterros sanitários são soluções ambientalmente sustentáveis. Além disso, a geração de energia a partir do biogás permite a redução de fugas dos gases do efeito estufa (GEE) e a maximização do índice de conversão de metano, contabilizado no cálculo para emissão de créditos de carbono, também objeto de estudo dessa pesquisa, dentro do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).

Nessa perspectiva, onde a demanda por energia no Brasil e no mundo cresce de forma tão preocupante quanto o volume de lixo, a pesquisa de práticas que harmonizem de forma eficiente essas curvas de crescimento constitui um dos grandes desafios tecnológicos do momento. Uma vez que, o marco legal exige a correta disposição final do lixo em aterros sanitários, esses podem se beneficiar e tornarem-se sustentáveis por meio da captação do biogás, transformando-o em energia.

Dentro desse contexto, o objetivo geral desse artigo é analisar a viabilidade econômica e financeira da geração de energia a partir dos resíduos sólidos urbanos depositados no aterro sanitário do município de Santo Antônio de Jesus, no estado da Bahia. Especificamente, pretende-se diagnosticar o potencial de resíduos sólidos produzidos na região em estudo para a geração de biogás; analisar a partir desse potencial a relação econômico-financeira da implantação de uma usina termelétrica

para geração de energia no município de Santo Antônio de Jesus na área do aterro sanitário e propor recomendações para subsidiar políticas públicas e/ou investimentos privados para o setor, buscando viabilizar o mercado de energia proveniente de resíduos sólidos no estado da Bahia.

Esse artigo é composto de mais quatro seções além dessa introdução. A próxima tratou do referencial teórico utilizado para embasar o estudo, elucidando temáticas importantes como o processo de produção do biogás, a Lei 12.305/2010 e o funcionamento do mercado de carbono. Na seção seguinte foi estabelecida a metodologia da pesquisa. A quarta seção demonstra os resultados encontrados e por fim as considerações finais com as principais impressões e recomendações do trabalho.

REFERENCIAL TEÓRICO

Processos produção de biogás

Devido aos problemas possivelmente ocasionados pelo crescimento da população, e conseqüentemente o alto consumo de produtos industrializados e os métodos pelos os quais são utilizados para sua fabricação, observou-se que há um gasto a mais de energia para produzir tais produtos, e por outro lado percebe-se que a geração de resíduos sólidos (lixo) tende a aumentar e a demanda do consumo de energia também. Em vista a esse problema enfrentado atualmente, a preocupação com a disposição final do lixo produzido e a demanda energética, observou-se que se seria possível gerar energia elétrica, através do biogás devido ao potencial energético extraído a partir do lixo. Uma energia renovável e limpa.

Nesse contexto Costa, Barros e Falcão (2015) dizem que o uso de Biogás, em aterros sanitários tem sido umas das formas de se compreender o potencial da energia. Diante disso compreende que é possível gerar energia a partir do lixo.

O Biogás é um combustível gasoso obtido pela degradação de compostos orgânicos, pela ação de bactérias anaeróbias (na ausência de oxigênio). O autor define ainda que o biogás nada mais seja que uma mistura gasosa combustível, resultante da degradação de matéria orgânica por bactérias.

Já no que se trata da digestão anaeróbia é um processo no qual algumas espécies de bactérias, atuam na ausência de oxigênio. Onde atacam a estrutura de materiais orgânicos complexos, para a produção de compostos simples como: o metano, dióxido de carbono, extraindo simultaneamente a energia para o seu próprio crescimento, sendo assim, a transformação da matéria orgânica em diversas substâncias químicas, se dá através de uma cadeia de degradações sucessivas, devido a diferentes tipos de bactérias. Sendo assim, a partir da digestão anaeróbia da matéria orgânica, como esterco de animais, lodo de esgoto, lixo doméstico, resíduo agrícola é obtido o biogás.

Inicia-se a geração de biogás após a disposição dos resíduos sólidos, onde há possibilidade de encontrar-se o metano nos primeiros três meses, após a sua disposição podendo ter uma duração de um período de 20, 30 anos ou, mais, depois do encerramento do aterro. O objetivo do aproveitamento energético do biogás, produzido pela degradação dos resíduos é convertê-lo em uma forma de energia útil. Segundo Ministério de Minas e Energia (MME, 2012):

Para produção de biogás em aterro, deve-se projetar um sistema padrão de coleta, tratamento e queima do biogás: poços de coleta, sistema de condução, tratamento (para desumidificar o gás), compressor e *flares* com queima controlada para a garantia de maior eficiência de queima do metano.

Neste contexto, existem duas maneiras possíveis para o aproveitamento do biogás: O primeiro caso consiste na queima direta por meio de aquecedores, esquentadores, fogões e caldeiras; O segundo caso diz respeito à conversão de biogás em eletricidade. Isto significa que o biogás permite a produção de energia elétrica e térmica. Dessa maneira, os sistemas que produzem o biogás, podem tornar a exploração em termos energéticos, assim como contribuir para a resolução de problemas de poluição de efluentes. Os efluentes obtidos são normalmente tratados em sistemas de lagunagem, sendo depois utilizados em rega de terrenos agrícolas ou lançados em linhas de água. Nas restantes instalações, onde este tratamento não existe, o efluente é, em regra, utilizado diretamente na agricultura, ou lançado em linhas de água. (MOURA, 2011).

No aterro sanitário o gás é levado até um coletor central, na planta da usina de biogás, sendo separado do chorume e succionado por compressores. Conforme

dados da PROINFRA (2005) um aterro com capacidade de geração de 20 MW produz 12.000 m³ de biogás/hora. Como esse valor pode variar de 45 a 65%, o volume disponível de gás não é o mesmo em todos os drenos, por isso são necessários medidores para avaliar a vazão de pressão de metano em oxigênio, definindo em quais será feita a captação. A pressão de sucção exercida pelos compressores, em função da demanda da planta de energia, determina a calibração das válvulas de vazão dos drenos selecionados, destinando para o coletor central apenas o volume de gás necessário.

A Lei 12.305/2010

Um dos maiores problemas enfrentados atualmente refere-se à quantidade de resíduos sólidos descartada de forma inadequada no meio ambiente, uma vez que o consumo de produtos e serviços tem gerado resíduos em excesso e dispostos em locais inadequados. Com o volume crescente de resíduos e com o alto consumo e descarte, agravam-se os problemas com a aglomeração populacional em áreas urbanas e sendo assim diminui ou encarece as áreas destinadas a aterros sanitários.

A lei 12.305/2010 prevê a extinção dos atuais lixões a céu aberto, para adesão aos aterros sanitários.

Para tentar minimizar os impactos ambientais iniciou-se uma busca de locais adequados para depositar os resíduos sólidos urbanos (RSU), sendo o aterro sanitário um dos meios mais utilizados. Essa tendência ganhou força com a lei federal 12.305, de 02 de agosto de 2010, que determinou aos municípios brasileiros que até 02 de novembro de 2014 extinguissem os lixões a céu aberto e os aterros controlados, todavia que são considerados inadequados, pois poluem o solo, o ar e a água, medidas essas que foram implantadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). (CONDE; STACHIW FERREIRA; 2014, pag.70).

Ainda segundo os autores, o aterro sanitário é considerado a forma mais viável para solucionar os problemas enfrentados pelo descarte indevido dos resíduos sólidos urbanos, pois o equipamento é uma técnica que não causa danos à saúde pública e à segurança ao depositar o resíduo ao solo de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pois busca métodos para alocar na menor área possível e reduzir ao máximo esses resíduos, além de possuir uma

boa relação custo *versus* benefício e se adaptar aos diferentes tipos de comunidades.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto 7.404/2010, definiu que até o ano de 2014 os “lixões” deveriam acabar, ou seja, deveriam ser extintos⁴. A Lei 12.305/2010 prevê a prevenção e a redução dos resíduos, tendo a proposição à prática de hábitos de consumo sustentáveis sólidos e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos. (BRASIL, 2010). A PNRS estabelece a responsabilidade compartilhada de todos os geradores de resíduos sólidos, desde os fabricantes até os proprietários de empresas que prestam serviços de manuseio dos resíduos sólidos a logística reversa dos resíduos de pós-consumo. (BRASIL, 2010).

Sendo assim, as vantagens de substituir os lixões por aterros são diversas, pois comparada a outros processos é a solução mais econômica de deposição do lixo de forma adequada, pois segundo, Llima (1991 apud CONDE; FERREIRA; STACHIW 2014, pag. 73). “possui grande capacidade de absorção diária de resíduos e condições que garantem a decomposição biológica da matéria orgânica no lixo”.

Para implantação de um sistema capaz de gerar energia elétrica em um aterro tem um alto custo, serão necessários investimentos ou participação de empresas, visto que a energia produzida no aterro pode ser consumida pelo próprio aterro e a excedente, poderá ser vendida para empresas privadas. Ajudando assim a diminuir a sobrecarga das concessionárias e também a emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE).

Créditos de carbono: aproveitamento e preços no mercado internacional

A inquietude das nações com relação ao meio ambiente levou os países da Organização das Nações Unidas a firmarem um acordo que determinasse um controle maior sobre as intervenções do homem sobre o clima. Segundo Lombardi (2008),

⁴ No entanto, devido a problemas relacionados, especialmente, a falta de projetos apresentados pelos municípios para viabilização de aterros sanitários, esse prazo não foi cumprido, sendo estendido até 2018. (Nota dos Autores).

Desde que o homem passou a dominar o conhecimento das fontes energéticas e da tecnologia, determinantes no aumento exponencial da produção, o consumo de combustíveis fósseis passou a ser cada vez mais explorado, contribuindo para o aumento de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)”.

Os efeitos desse fenômeno são percebidos por meio de ciclones tropicais, aumento da desertificação, inundações, elevação dos níveis dos oceanos, tsunamis, dentre outros que, como consequência, estão impactando a vida das pessoas e está se alastrando sobre a economia (COUTINHO, 2010; GIDDENS, 2010).

Com isso, em 1997 nasce o mercado de créditos de carbono, proveniente do Protocolo de Quioto, protocolo este que determina que os países desenvolvidos reduzam emissões de gases de efeito estufa. Foi determinado neste protocolo metas a serem cumpridas, sendo que, foram também criadas alternativas para auxiliar estes países no cumprimento destas metas, também chamado de mecanismo de flexibilização. Contudo, para não comprometer as economias destes países, o referido protocolo estabeleceu que, caso não fosse possível atingir as metas estabelecidas na redução de GEE, os países poderiam comprar créditos de outras nações, que possuísse projetos de MDL. Esta ação além de fortalecer os negócios de empresas de países emergentes, como o Brasil, por exemplo, visa promover o desenvolvimento sustentável, além de transferir tecnologias limpas e ambientalmente seguras.

Nesse contexto, as empresas que conseguem diminuir a emissão de GEE obtêm créditos de carbono, podendo vendê-los nos mercados financeiros. O crédito de carbono é um certificado eletrônico que é emitido quando há diminuição de emissão de gases que provocam o efeito estufa. Segundo Meneguín (2012): “Um crédito de carbono equivale a uma tonelada de CO₂ (dióxido de carbono) que deixou de ser emitido para a atmosfera. Aos outros gases reduzidos são emitidos créditos, utilizando-se uma tabela de equivalência entre cada um dos gases e o CO₂”.

Ainda se tratando do crédito de carbono, o autor fala que a compra dos créditos de carbono permite as empresa compradoras a manter ou aumentar as emissões de gases de efeito estufa, e que geralmente quem compra estes créditos são as empresas no exterior, pois em função ao Protocolo de Quioto, em que são estabelecidas regras, onde se tem metas obrigatórias de redução de emissões de

gases causadores de efeito estufa. “O comércio de emissões é um sistema global de compra e venda de emissões de carbono, baseado no esquema de mercado *cap-and-trade*.”. MENEGUIN (2012).

A expressão *cap-and-trade*, que na tradução livre seria algo como “limite e negociação”, e é usada para denominar um mecanismo de mercado que cria limites para as emissões de gases de um determinado setor ou grupo. Com base nos limites estabelecidos, são lançadas permissões de emissão e cada participante do esquema determina como cumprirá estes limites.

Pelo MDL, as empresas constantes nos países participante do Protocolo, e que tem obrigações e metas a cumprir para a redução de emissão, podem abater parte de suas responsabilidades, através da compra de créditos de carbono ou também chamados de “moedas verdes”, que também são chamados de Redução Certificada de Emissão (RCE).

Esses créditos de carbono podem ser adquiridos na forma de projetos sustentáveis realizado por empresas de países emergentes. Por exemplo, se uma empresa brasileira implanta um projeto que reduz a emissão de GEE, se for comprovado, esta empresa fica liberada para captar recursos de empresas internacionais, vendendo créditos de carbonos gerados pela redução obtida. Vale ressaltar, que estes projetos são certificados tendo como base os padrões internacionais, definidos pelo Protocolo.

Segundo Silva Júnior (2011), a redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) é medida em toneladas de dióxido de carbono equivalente – tCO₂e (equivalente). Cada tonelada de CO₂ reduzida ou removida da atmosfera corresponde a uma unidade emitida pelo Conselho Executivo do MDL, denominada de Redução Certificada de Emissão (RCE). Cada tonelada de CO₂e equivale a 1 crédito de carbono. O que se busca é que cada tonelada de CO₂e não emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento possa ser negociada no mercado mundial por meio de Certificados de Emissões Reduzidas (CER). As nações que não conseguirem ou não optarem por reduzir suas emissões poderão comprar os CER em países em desenvolvimento e usá-los para cumprir suas obrigações.

Estas transações de créditos de carbono são realizadas em um ambiente próprio denominado mercado de créditos de carbono, envolvendo agentes internacionais. O mercado de crédito de carbono é classificado em duas categorias: mercado de carbono regulado e mercado de carbono voluntário. No primeiro mercado negociam-se as RCEs, onde possuem regras, definidas pelo Protocolo de Quioto. Com relação ao segundo mercado, não existem regras a ser cumpridas. De acordo com Thomas e Callan (2010).

Esses mercados de carbono (regulado e voluntário) surgem como iniciativas que visam à promoção de ações que contribuam para a minimização dos impactos contundentes que o meio ambiente vem sofrendo. Essas ações (projetos de redução de emissão de GEE) têm por objetivo, também, gerar, além dos benefícios ambientais, benefícios econômicos, sociais e tecnológicos e integram um conjunto de medidas adotadas em diversas nações que buscam equilibrar meio ambiente e desenvolvimento de forma que o progresso econômico seja mantido, sem, contudo, perder de vista a necessidade de impor ritmos sustentáveis de crescimento. (THOMAS e CALLAN, 2010, p. 73).

Para Labat e White (2007), os mercados de carbono (regulado e voluntário) contribuem para a redução dos riscos corporativos associados à mudança do clima. De acordo com esses autores, os principais impactos gerados pelas mudanças climáticas na economia podem ser entendidos em três dimensões de riscos: a) riscos regulatórios; b) riscos físicos; c) riscos de negócios:

a) Os riscos regulatórios – esses riscos estão associados às implicações que as políticas regulatórias de emissões de GEE podem trazer para o desempenho financeiro das empresas, devendo, portanto, ser levado em consideração na gestão do negócio; b) Os riscos físicos – que decorrem dos impactos causados pela mudança climática no curso natural do meio ambiente, como, por exemplo, aumento do nível dos oceanos, aumento das secas em função do aumento da temperatura do planeta, dentre outros, afetando diretamente a sociedade, seja nas áreas de saúde, agricultura, como também, turismo, consumo; e c) Os riscos de negócios – são os riscos aos quais estão expostas as empresas, sobretudo associado à capacidade competitiva, riscos associados à imagem corporativa, os riscos legais, levando as empresas a estarem cada vez mais preocupadas em combater as mudanças climáticas. (LABAT e WHITE, 2007, p. 32).

Dentre os principais projetos de redução de emissão de GEE elegíveis, estão, no âmbito do mercado de carbono regulado, os projetos que tratam do aumento da eficiência energética, do uso de fontes e combustíveis renováveis, da adoção de melhores tecnologias e sistemas para o setor produtivo em geral, do resgate de emissões de GEE através de sumidouros, da estocagem dos GEE

retirados da atmosfera, além de atividades ligadas ao uso da terra como o reflorestamento e o florestamento, que atenda ao princípio da adicionalidade (MCT, 2011; SILVA JUNIOR, 2011).

Já no mercado de carbono voluntário, estão os projetos de eficiência energética, energia renovável, troca de combustível fóssil, reflorestamento e aflorestamento, aterro sanitário, pecuária, dentre outros. Com isso, contribui-se para uma maior participação de empresas de pequeno porte que dificilmente participariam do mercado regulado considerando os altos custos de transação existentes (BAYON; HAWN; HAMILTON, 2009).

Dessa forma, meio ambiente e desenvolvimento econômico são pilares que andam juntos, requerendo medidas enérgicas e sustentáveis, o que deixa o Brasil um dos países que vem buscando um desenvolvimento econômico com baixo carbono. O governo brasileiro estabeleceu, por meio da Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), metas de redução das emissões projetadas até 2020 entre 36,1% e 38,9% respectivamente. Com isso, o país pretende reduzir até 2020 entre 1.168 milhões de tCO₂e a 1.259 milhões de tCO₂e, meta essa fixada no Art. 6º do Decreto nº 7.390 de 9 de dezembro de 2010, por meio da qual dentre as ações previstas está o incentivo ao mercado de carbono brasileiro como uma das vias a serem utilizadas para alcançar suas metas (MDIC, 2014).

O Brasil ocupa a terceira posição mundial entre os países que participam desse mercado, com cerca de 5% do total mundial e 268 projetos. A expectativa inicial era absorver 20%. O mecanismo incentivou a criação de novas tecnologias para a redução das emissões de gases poluentes no Brasil (Ministério do Meio Ambiente, 2012)

Um dos primeiros resultados positivos no Brasil, se deu pelos Projetos de aproveitamento do gás metano liberado por lixões das empresas: A Vega, de Salvador (BA); e Nova Gerar, de Nova Iguaçu (RJ). O gás metano é canalizado e aproveitado para gerar energia, deixando de ser liberado na atmosfera naturalmente pela decomposição do lixo. Apesar do gás ser o metano, a redução de emissões é calculada em dióxido de carbono: 14 milhões de ton de CO₂ em 16 anos para a Vega e 14 milhões de ton de CO₂ para a Nova Gerar em 21 anos. Esses dois

projetos são oficialmente os dois primeiros aprovados pelo governo brasileiro sob as regras do MDL.

Diante deste cenário, o Brasil pode se beneficiar com a venda de créditos de carbono, além de ser alvo de investimentos em projetos que tenham como base a redução da emissão de gases poluentes, como por exemplo, o Biodiesel. Segundo estimativas do Banco Mundial (2012), o país poderá ter uma participação de 10% no mercado de MDL, equivalente a US\$ 1,3 bilhões em 2018.

Portanto, os benefícios gerados pela produção de biodiesel no Brasil podem ser convertidos em vantagens econômicas, pelo acordo estabelecido no Protocolo de Kyoto e nas diretrizes do MDL. O ganho decorrente da redução da emissão de CO₂, por queimar um combustível mais limpo, pode ser estimado em cerca de 2,5 toneladas de CO₂ por tonelada de biodiesel. No mercado europeu, os créditos de carbono são negociados por volta de US\$ 9,25 por tonelada. Portanto, 348 mil toneladas de biodiesel de mamona geram uma economia de 870 mil toneladas de CO₂, podendo ser comercializada por US\$ 8 milhões (MDIC, 2014).

METODOLOGIA

A pesquisa utilizou método descritivo analítico por meio de ampla revisão bibliográfica com consultas a publicações relacionadas e pertinentes ao tema em estudo. Além da revisão bibliográfica, foram coletados dados primários junto ao responsável pelo aterro de Santo Antônio de Jesus, por meio de entrevista semiestruturada a fim de levantar o potencial de geração de resíduos sólidos da região.

Foi realizada também, pesquisa de campo junto ao grupo empresarial Solvi Valorização Energética, responsável pela usina termelétrica TERMOVERDE (2016)⁵ que utiliza os gases produzidos pelo aterro sanitário de Salvador, Lauro de Freitas e Simões Filho para gerar energia elétrica, para formatar dados necessários para elaboração de análise econômico-financeira da implantação de usina nos mesmos moldes no município em estudo.

⁵ Informações coletadas durante visita técnica à Empresa TERMOVERDE – GRUPO SOLVI em 31 de março de 2016. Rua Romã do CIA, Aeroporto, 6 – Fazenda Cassange, Salvador – BA, CEP: 41.505 – 630. Tel.: (71) 2108-0080.

O aterro de Santo Antônio de Jesus foi selecionado como estudo de caso devido a sua importância para a mesorregião conhecida como o recôncavo da Bahia. Funcionando desde o ano 2000, onde originalmente se tratava de um lixão, a partir de 2011 foi transformado devidamente em aterro sanitário através da concessão dada pela prefeitura à empresa Copa Engenharia, que realizou os devidos investimentos, como por exemplo, a estação de tratamento de efluentes. Em relação à importância do município, no ano de 2010, de acordo com o IBGE, registrou 70.175 consumidores de energia elétrica com um consumo de 63.583 MWh. Segundo dados do IBGE (2010), o PIB do município é de R\$ 714.755,105 mil e a estrutura setorial está distribuída da seguinte forma: 5,62% para agropecuária, 21,30% para indústria e 73,08% para serviços e comércio.

O equipamento escolhido, segundo entrevista com o engenheiro responsável pelo aterro recebe, em média, 100 toneladas de resíduos sólidos por dia. De acordo com a Pöyry, multinacional da área de consultoria e engenharia especializada em energia, essa quantidade de lixo tem capacidade de gerar 2,5 MW em energia, suficiente para abastecer uma cidade de aproximadamente 22 mil habitantes. A geração de biogás em um aterro sanitário é iniciada em aproximadamente seis meses após o início do depósito dos resíduos e continua por cerca de 15 anos após seu encerramento. Segundo Figueiredo (2012), uma tonelada de lixo depositado em aterro sanitário tem o potencial de geração de 200 Nm³ de biogás.

O modelo utilizado para estimar a produção de biogás no aterro foi Scholl-Canyon. O referido modelo se baseia na premissa de que há uma fração constante de material biodegradável no aterro por unidade de tempo. Trata-se de um modelo cinético de primeira ordem usado para avaliar a produção de biogás durante a vida de um aterro. É o mais amplamente aceito e utilizado pelas indústrias e agências reguladoras, inclusive a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA). O cálculo é feito conforme a equação:

$$Qb = \sum_{i=1}^n 2kL_o M_i(e^{-kti})$$

Onde Qb é quantidade gerada de biogás. Os dados da quantidade de lixo (M_i) são inseridos e os parâmetros de velocidade de degradação (k) e potencial de metano

Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo, v. 2, n. 2, p. 142-166, abr-jun, 2017

(L_0) são fornecidos, de acordo com valores pré-estabelecidos pela USEPA. A agência designa os valores desses parâmetros para uma análise conservadora do projeto (USEPA, 2005). Os valores parâmetros estabelecidos pela USEPA, e, utilizados nessa análise são $k = 0,06$ e $L_0 = 84,8 \text{ m}^3/\text{Mg}$.

Após os cálculos dessas projeções para cenários de recuperação da ordem de 50%, 70% e 90%, durante período de 15 anos, foram estimados os valores iniciais do projeto de uma mini usina com capacidade para geração de 2,5 MW, conforme informações fornecidas pela TERMOVERDE. A partir daí foram estimados os fluxos de caixa para esses cenários e aplicadas às ferramentas de engenharia econômica Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Índice Benefício custo (IBC) e Retorno Adicional Sobre o Investimento (ROIA).

Segundo Gitman (2012), o VPL é uma metodologia matemática utilizada para calcular o valor presente de uma série de pagamentos futuros, descontado o custo de oportunidade do capital, menos o investimento inicial. O VPL, portanto fornece o valor atual do projeto. Se for maior do que zero indica viabilidade, caso contrário, o projeto é inviável.

A TIR é uma medida parâmetro. É a taxa que iguala o VPL a zero. Assim, se a TIR for maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) do capital investido, o projeto deve ser aceito, se for menor, indica rejeição. O ROIA, de acordo com Souza e Clemente (2009) é a melhor estimativa de rentabilidade para um projeto de investimento. Representa em termos percentuais, a riqueza gerada pelo projeto. O valor do ROIA mostra quantos por cento o projeto gerou de riqueza além da TMA.

Além dos valores parâmetros sugeridos pela USEPA para cálculo da recuperação do metano e a projeção dos cenários sob as diferentes taxas de recuperação mencionadas anteriormente, e, posterior aplicação das ferramentas de engenharia econômica para análise da viabilidade, outros parâmetros e pressupostos foram estabelecidos, a saber:

- A avaliação econômica do período do projeto utilizada foi a padrão para esse tipo de análise, ou seja, 15 anos (ARMANDO, 2013);
- Foram consideradas duas opções de financiamento. Uma com utilização de 100% de capital próprio, e, outra com financiamento de 75% por meio de linha de crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

(BNDES), denominada BNDES Automático, em virtude do valor a ser financiado bem como do tipo de projeto. A taxa estimada foi de 14% a.a. A taxa para análise do VPL e TIR foi de 15% a.a.;

- Foram analisados cenários para a avaliação dos Certificados de Emissões Reduzidas (CER) com preços de venda de US\$ 8, 10 e 20 por tonelada de CO₂ equivalente (A cotação do dólar utilizada foi de R\$ 3,40);
- O valor do Biogás, bem como, dos custos de manutenção e melhoria do sistema têm reajuste anual de 3%; os demais gastos serão reajustados de acordo com a estimativa de inflação, dado pelo Índice de Preço ao Consumidor Amplo (IPCA);
- A usina consistirá de apenas um motor a combustão interna de 1,433 MW, adquirido no ano 1 e que funcionará durante o período de vida útil do projeto.

ANÁLISE ECONÔMICA E FINANCEIRA

Para viabilizar o início da análise econômica e financeira foram estimados os custos de capital para a implantação de um projeto de recuperação de biogás e sua utilização no aterro sanitário de Santo Antônio de Jesus, Bahia. As informações referentes às magnitudes desses valores foram fornecidas pela empresa TERMOVERDE.

A Tabela 1 a seguir demonstra o custo inicial para implantação da usina termoelétrica (UTE) de 2,5 MW. A estimativa foi baseada no volume de lixo coletado pelo aterro (100 t/dia), bem como, na utilização de motores a combustão interna que funcionam com biogás, visando a substituição do consumo da energia local e venda do excedente ao mercado. Além disso, foram adicionados a esses os custos do sistema de coleta e queima do biogás. O capital de giro correspondeu a 5% dos custos iniciais do projeto e partiu-se do pressuposto que foi totalmente utilizado, não sendo necessária sua devolução ao fim do empreendimento.

Tabela 1 – Custos iniciais do projeto

Item	Custo Total Estimado
Usina de energia de 2,5 MW	R\$ 4.018.750,00
Interconexão de 1 km	R\$ 480.000,00
Construção da usina	R\$ 300.000,00
Medição do biogás e equipamento de registro	R\$ 60.000,00
Engenharia/Contingências (10% dos outros custos)	R\$ 485.875,00
Tubulação coleta de gás	R\$ 1.687.500,00
Tubulação lateral (envio do gás)	R\$ 129.900,00
Passarelas	R\$ 90.000,00
Gestão do condensado	R\$ 36.000,00
Poços de drenagem vertical	R\$ 400.000,00
Coletores horizontais	R\$ 720.000,00
Queimador	R\$ 1.050.000,00
Engenharia/Contingências e custos iniciais de transação do MDL	R\$ 420.000,00
Capital de Giro	R\$ 523.921,25
Custos do Projeto	R\$ 600.000,00
Totais	R\$ 11.001.926,25

Fonte: TERMOVERDE (2016)

Conforme descrito na etapa metodológica, foi estimada a recuperação projetada de biogás nos cenários de 50%, 70% e 90%. A quantidade de lixo anual foi inserida na Equação 1, com $k = 0,06$ e $L_0 = 84,8 \text{ m}^3/\text{Mg}$. A Figura 1 demonstra o potencial de gás gerado pelo aterro.

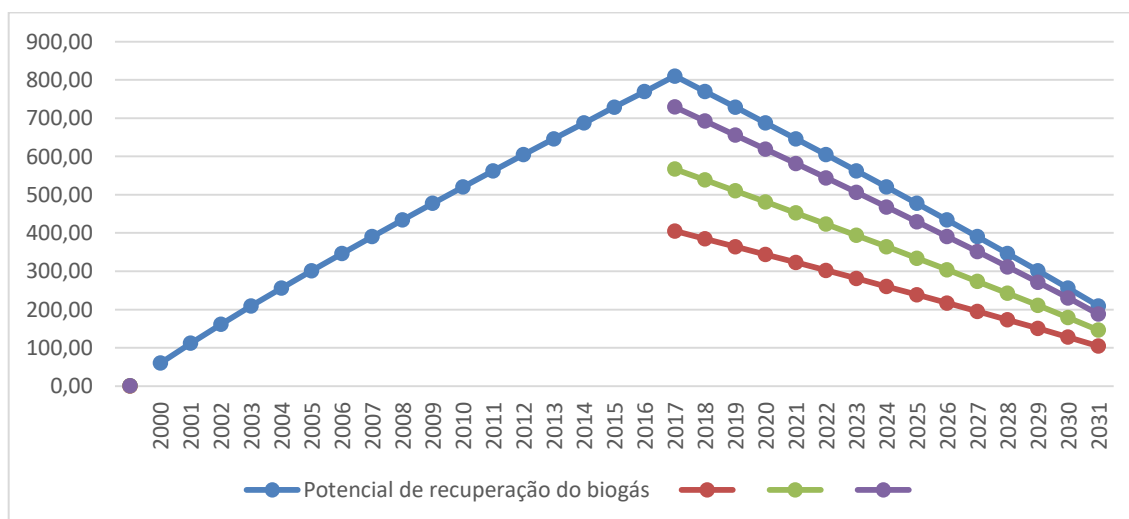


Figura 1 – Recuperação projetada de biogás no aterro de Santo Antônio de Jesus.

Fonte: Dados da Pesquisa.

A partir dos dados referentes às projeções de recuperação do biogás do aterro sanitário de Santo Antônio de Jesus, foi possível traçar as taxas de recuperação do biogás (Tabela 2), sendo que a mesma está embasada na taxa de entrada média de calor de 10.800 Btu/kW/h (1MW = 604 m³/h), definida pelo PROBIOGAS⁶. Essas informações são úteis para dimensionar o projeto e a capacidade total de produção da usina. De posse dessas projeções foi possível também, estimar através de conversão, o potencial de energia elétrica gerada pela recuperação do metano nos diferentes cenários. A Tabela 2 consolida essas informações.

Tabela 2 – Taxas de recuperação de biogás e capacidade máxima de produção da UTE

Ano	Recuperação de biogás Previsto (m ³ /hr)	Capacidade Máxima da Usina de Energia (MW)
2017	810,19	1,34
2018	769,56	1,27
2019	728,70	1,21
2020	687,58	1,14
2021	646,18	1,07
2022	604,49	1,00
2023	562,48	0,93
2024	520,11	0,86
2025	477,35	0,79
2026	434,17	0,72
2027	390,50	0,65
2028	346,28	0,57
2029	301,42	0,50
2030	255,81	0,42
2031	209,26	0,35

Fonte: Dados da Pesquisa

De acordo com informações do Centro de Tecnologias do Gás (CTGAS, 2015), para se converter um sistema elétrico por um sistema moto gerador a gás natural, cada Kw elétrico será substituído por 3 Kw de gás. Conforme a entidade, 1 MWh equivale a 94,962 m³ de gás. Ainda segundo o centro, a composição média do biogás seguem os dados apresentados na Tabela 3.

⁶ Projeto Brasil – Alemanha de fomento ao aproveitamento energético do biogás, coordenado pelo Ministério das Cidades. Nota dos autores.

Tabela 3 – Composição média do Biogás

Gás	Composição (%)
Metano (CH ₄)	55 a 66
Dióxido de Carbono (CO ₂)	35 a 45
Nitrogênio (N ₂)	0 a 3
Hidrogênio (H ₂)	0 a 1
Oxigênio (O ₂)	0 a 1
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	0 a 1

Fonte: CTGAS (2015)

De posse dessas informações foi possível estabelecer a receita estimada com a geração de energia a partir da recuperação do metano no aterro, bem como, com a queima de CO₂ nos diferentes cenários propostos. Segundo Péllico Netto *et al* (2008), em seus estudos sobre neutralização de carbono, 1 tonelada de CO₂ equivale a 547 m³ do gás. Como não foi possível realizar a medição do biogás no aterro, esse trabalho partirá do princípio do conservadorismo para calcular o percentual de recuperação do metano, considerando a taxa mínima de presença desse, no gás, ou seja, 55%. O percentual de presença de CO₂ considerado foi de 40%, sendo as emissões reduzidas completamente.

O preço de venda da eletricidade gerada foi projetado com base nos valores pagos pelo Programa Federal de Incentivo (PROINFA). Esse programa tem uma vertente de apoio às empresas que produzem energia renovável. De acordo com o programa, os projetos podem se qualificar a este, tendo o direito de comercializar a energia produzida nos leilões promovidos pela ELETROBRAS com preço médio de venda R\$ 169,08/MWh (ABREU, FILHO E SOUZA, 2015).

Os gastos (custos e despesas) de uma UTE são enxutos. Os gastos fixos são compostos de mão de obra, formada por um administrador, um engenheiro civil ou sanitaria, um estagiário e um serviços gerais. Além do quadro de funcionários, são necessárias a prestação de serviços contábeis, manutenção, que já inclui o lubrificante para o motor de combustão interna e registro anual do CER, água, telefone e internet e seguros pessoais e de instalações. Além desses, há também o custo da energia, que apesar de ser suprida pela própria usina, foi considerada, para termos de cálculo de viabilidade, como sendo vendida para a UTE. Os gastos variáveis considerados foram a compra do biogás do proprietário do aterro,

considerando preço de compra fornecido pela NT GAS (2011) de 0,005939 €, a cotação utilizada foi de R\$ 3,9645, e outros gastos correntes, como por exemplo, custos ocasionais adicionais de mão de obra, gastos com publicidade, material de escritório, dentre outros.

Todos os gastos foram reajustados no decorrer do período de análise, sendo a mão de obra e o custo com contador de acordo com dissídio médio das diferentes categorias (8% a.a.), e os outros custos de acordo com a estimativa de inflação calculada pelo *software excel*. O biogás e a eletricidade gerada foram reajustados a 3% a.a., conforme comentado anteriormente. Os custos de manutenção, como estão diretamente relacionados à recuperação do biogás, também foram reajustados a esse percentual, bem como, outros gastos correntes. Os valores desses desembolsos, mensais e para o primeiro ano do projeto são expostos pela Tabela 4. Para representação na referida tabela, o custo da compra do biogás do aterro foi encontrado utilizando como base o percentual de aproveitamento de 70% do gás recuperado. Para o cálculo de viabilidade serão realizadas inferências nos três cenários propostos.

Tabela 4 – Gastos fixos e variáveis mensais e para o primeiro ano de funcionamento do projeto

Gastos fixos do projeto	Mensal	2017
Mão de obra	R\$ 15.456,00	R\$ 185.472,00
Seguros	R\$ 1.000,00	R\$ 12.000,00
Contador	R\$ 880,00	R\$ 10.560,00
Energia	R\$ 2.000,00	R\$ 24.000,00
Manutenção	R\$ 15.000,00	R\$ 180.000,00
Água	R\$ 2.000,00	R\$ 24.000,00
Telefone/internet	R\$ 200,00	R\$ 2.400,00
Total		R\$ 438.432,00
Gastos variáveis do projeto		
Compra do biogás do aterro R\$/m3	R\$ 0,02355	R\$ 118.857,17
Outros gastos correntes	R\$ 5.000,00	R\$ 60.000,00
Total		R\$ 178.857,17
Gastos totais (fixos + Variáveis)		R\$ 617.289,17

Fonte: Dados da Pesquisa. TERMOVERDE (2016). NT GÁS (2011)

Estimados as receitas e os custos do projeto, bem como, a magnitude de investimentos iniciais foi possível estabelecer os fluxos de caixa, e, posteriormente

calcular os índices econômicos e financeiros. A Tabela 5 consolida essas informações, sob os diferentes aspectos analisados nessa pesquisa.

Tabela 5 – Índices econômicos e financeiros consolidados do projeto sob os diferentes cenários de recuperação do biogás

Cenários de Recuperação Biogás	CER (U\$)	Capital	Índices			
			VPL	TIR	IBC	ROIA
90%	CER U\$ 8,00	100%	R\$ 881.679,47	16,98%	1,08	0,51%
		25%	R\$ 3.041.035,52	43,90%	1,97	4,62%
	CER U\$ 10,00	100%	R\$ 942.732,01	17,12%	1,09	0,58%
		25%	R\$ 3.102.400,56	44,38%	1,99	4,69%
	CER U\$ 20,00	100%	R\$ 1.358.397,89	18,04%	1,12	0,76%
		25%	R\$ 3.409.225,75	46,75%	2,08	5,00%
70%	CER U\$ 8,00	100%	R\$ 2.060.124,95	10,05%	0,81	-1,39%
		25%	R\$ 42.666,69	15,83%	1,01	0,07%
	CER U\$ 10,00	100%	R\$ 2.012.396,59	10,17%	0,82	-1,31%
		25%	R\$ 92.150,04	16,71%	1,03	0,20%
	CER U\$ 20,00	100%	R\$ 2.575.466,84	8,65%	0,77	-1,73%
		25%	R\$ 2.868.092,99	39,66%	1,91	4,41%
50%	CER U\$ 8,00	100%	R\$ 5.057.727,48	0,96%	0,54	-4,02%
		25%	R\$ 3.413.021,21	-	0,09	-
	CER U\$ 10,00	100%	R\$ 5.022.686,65	1,09%	0,54	-4,02%
		25%	R\$ 3.361.817,31	-	0,07	-
	CER U\$ 20,00	100%	R\$ 4.847.482,50	1,72%	0,56	-3,79%
		25%	R\$ 3.115.437,44	-	0,01	-26,44%

Fonte: Dados da Pesquisa. TERMOVERDE (2016). NT GÁS (2011)

Por meio da análise é possível visualizar que o projeto é viável para todas as situações no cenário de 90% de recuperação do biogás, chegando a atingir VPLs acima de três milhões de reais quando 75% dos custos iniciais do projeto são financiados e TIRs superiores a 40%, IBC próximos e acima de dois, indicando menores riscos ao empreendimento, além de valores de ROIA geradores de riqueza ao empreendimento.

No cenário de recuperação de 70%, mesmo diante de valores diferenciados para o CER, o projeto não apresenta viabilidade quando é completamente financiado com capital próprio. Quando o CER apresenta valores de U\$ 8,00 e U\$ 10,00, ainda assim, o risco é alto, visto que os índices se aproximam muito dos parâmetros utilizados para indicação de viabilidade. O risco se dissipa apenas quando o CER

atinge U\$ 20,00 e é financiado em 75%. A geração de riqueza, demonstrada pelo ROIA acompanha os resultados demonstrados pelos demais índices.

Para o cenário de recuperação de 50%, nenhuma das situações apresenta-se viável. Nos casos, inclusive, onde o projeto foi financiado não foi possível calcular a TIR e o ROIA. Isso ocorre porque os fluxos de caixa futuros são divididos por um fator de desconto, no caso em questão, 15%. Se o fator de desconto for muito pequeno, o Excel pode considerar esse número igual à zero, não realizando, assim, o cálculo do índice.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa demonstrou que apesar da pouca quantidade de lixo depositada no aterro de Santo Antônio de Jesus – BA, aproximadamente 100 t por dia, um projeto de recuperação do biogás e aproveitamento e tratamento do metano com o objetivo de geração de energia elétrica é viável do ponto de vista econômico e financeiro. Analisado sob diferentes cenários de recuperação, o empreendimento apresenta parâmetros que o credenciam a ser realizado, especialmente, quando ocorrem 90% de recuperação do biogás e 75% do projeto é financiado. Analisado nessa perspectiva, a geração de energia anual, nos 10 primeiros anos do projeto, em média, seria acima de 1 MW, suficiente para abastecer 1,5 mil famílias.

Além disso, é importante considerar que o trabalho seguiu em todos os seus aspectos, o princípio contábil do conservadorismo, especialmente no que tange os valores de venda da energia. No mercado aberto esses valores podem ultrapassar com facilidade o valor de R\$ 169,28, utilizado nessa análise, o que aumentaria exponencialmente os valores das receitas.

A produção de energia através do biogás do lixo em aterros sanitários representa ganhos para a sociedade, pois além da possibilidade de gerar empregos, reduzir subempregos e aumentar a arrecadação de impostos, gera melhorias ao meio ambiente com a contenção de emissões de CO₂, e, redução do uso de combustíveis fósseis.

Para a pesquisa em questão, faz-se necessário estudo minucioso da área do aterro com intuito de verificar os locais de maior concentração do gás, o que otimizará o processo de recuperação favorecendo maiores ganhos técnicos e

financeiros. Por fim, diante do exposto, a implantação de uma termelétrica a partir do biogás do lixo geraria diversas contribuições para a localidade, como por exemplo, contribuição para o desenvolvimento local e regional, desenvolvimento, capacitação e transferência de tecnologia, além da inserção, e desenvolvimento de práticas sustentáveis que podem auxiliar a conscientizar a população sobre a importância da sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Nbr 8419 – Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de resíduos Sólidos Urbanos. Disponível em <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-8.419-NB-843-Apresentac%C3%A3o-de-Projetos-de-Aterros-Sanitarios-RSU.pdf>. Acesso em 13 de maio de 2016.

ABREU, F. V., Filho, M. A.; SOUZA, M. C. **Biogás de aterros sanitários para geração de energia renovável e limpa** - um estudo de viabilidade técnica e econômica. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2014.

ARMANDO, M. C. **Avaliação do potencial do biogás gerado e sistemas de aproveitamento energético do aterro sanitário do município de Toledo - PR**. Cascavel, PR, Brasil, 2013.

BANCO MUNDIAL. **The little data book on external debt**. (2012). Disponível em http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2012/06/18/000333037_20120618022011/Rendered/PDF/699320PUB0Publ067869B09780821389997.pdf. Acesso em 29 de abril de 2016.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). Linhas médias-grandes e grandes empresas – setores prioritários. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Produtos/BNDES_Automatico/media_grande_empresa.html. Acesso em 06 de maio de 2016.

BAYON, Ricardo; HAWN, Amanda; HAMILTON, Katherine. **Voluntary Carbon Markets: An International Business Guide to What They Are and How They Work**. 2a. ed. Earthscan: London, 2009.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999.

BOSCOV, M. E. G. **Geotécnica ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

BRASIL. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 ago. 2010a.

_____. Decreto nº 7.390 de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei no 12.187 de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, e da outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm>. Acesso em: 02- mai.2016.

_____. Decreto Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília- DF, 2 agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso: 22 de maio de 2016.

CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS (CTGAS). **Dados de Unidades de Conversão**. Disponível em www.ctgas.com.br. Acesso em 20 de maio de 2016.

COUTINHO, Luciano. **A capa de gases de efeito estufa sobre o planeta constitui na verdade, uma falha maciça de mercado**. In: ARNT, Ricardo. (Org.). O que os economistas pensam sobre sustentabilidade. São Paulo: Ed. 34, 288 p., 2010.

CONDE, T. T.; STACHIW, R.; FERREIRA, E. **Aterro Sanitário como alternativa para preservação ambiental**. Revista brasileira de ciências da Amazônia. V. 3, N. 1, p. 69 a 80, 2014.

COSTA, S.; BARROS, S. L. P.; FALCÃO, V. **A Utilização energética do biogás produzido em aterros sanitários**. Anuário de produções acadêmico-científicas dos discentes da faculdade Araguaia. V. 3, P. 326-332, 2015.

ECOMAPA, Engenharia Ambiental. **Queima do Lixo no Brasil pode gerar 300 MW de energia em 5 anos**. Disponível em <http://www.ecomapa.com.br/blog/ler.asp?cod=35>. Acesso em 01 de maio de 2016.

FIGUEIREDO, J. C. (2012). **Estimativa de produção de biogás e potencial energético dos resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado - 138f . Belo Horizonte, MG, Brasil.

GIDDENS, Anthony. (2010). **A Política da Mudança Climática**. Rio de Janeiro: Zahar.

GITMAN, Lawrence Jeffrey. **Princípios da administração financeira**. Trad. técnica Antônio Zoratto Sanvicente. 10º. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2012.

IBGE, Censo Demográfico 2010 – Malha Municipal Digital do Brasil, 2010. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de dados. Pesquisa de informações básicas estaduais – estad. Censo demográfico (2010). Disponível em <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ba>. Acesso em 20 de junho de 2015.

LABAT, Sonia. WHITE, Rodney R. (2007), **Carbon Finance: The Financial Implications of Climate Change**. New Jersey: Hoboken.

LOMBARDI, Antonio. **Créditos de Carbono e sustentabilidade: os caminhos do novo capitalismo**. São Paulo: Lazuli, 2008.

MENEGUIN, F. **O que é o mercado de carbono e como ele opera no Brasil?** Disponível em: <http://www.brasil-economia-governo.org.br/2012/08/13/o-que-e-o-mercado-de-carbono-e-como-ele-opera-no-brasil/>. Acesso em 16 de abril de 2016.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). (2011). **Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no Mundo**. Disponível em www.mct.gov.br/upd_blob/0215/215186.pdf. Acesso em 03.mai.2016.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (MDIC). **Mercado brasileiro de reduções de emissões**, jun. 2014. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/ascom/imprensa/20041202MBREFinal.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MMA). **Aproveitamento de biogás em aterro sanitário**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario>. Acesso em 03 de maio de 2016.

MOURA, J. P. de. **Estudo do Dimensionamento da Produção de Biogás a partir de resíduos residenciais, industriais e de matrizes suínas a Partir de Uma Revisão da Literatura**. Disponível em <http://www.revistaea.org/pf.php?idartigo=1155>. Acesso em 01 de maio de 2016.

NT GÁS. Distribuidor de gás extraído de resíduos. Avaliação Econômica e Financeira. Disponível em <https://ntgas.wordpress.com/>. Acesso em 01 de maio de 2016.

PÉLLICO NETTO, S. et al. **Estimativa do potencial de neutralização de dióxido de carbono no programa vivat neutrocarbo em Tijucas do Sul, Agudos do Sul e São José dos Pinhais, PR**. Ver. Acad., Agrár. Ambient., Curitiba, v.6, n. 2, p. 293 a 306, abr. jun 2008.

PÖYRY. Lixo para energia. Disponível em: <http://www.poyry.com.br/setores/energia/energia-renovavel/lixo-para-energia>. Acesso em 22 de abril de 2016.

PROBIOGAS – Projeto Brasil – Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil. Disponível em <http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/probiogas>. Acesso em 05 de maio de 2016.

PROINFA – PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em <http://www2.camara.leg.br/a-camara/altosestudios/seminarios/energiasrenov/custodio2.pdf>. Acesso em 12 de maio de 2016.

SAMIZAVA, T. M.; KAIDA, R. H.; IMAI, N. N., NUNES, J. O. R. **SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Presidente Prudente** – SP. Revista Brasileira de Cartografia, v. 60, n. 1, p. 43-55, 2008.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DA BAHIA – SEPLAN. **Territórios de identidade**. Disponível em <http://www.seplan.ba.gov.br/territorios-de-identidade/mapa>. Acesso em 22 de junho de 2015.

SILVA JUNIOR, Antônio Costa. **Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL):** promotores de transferência de tecnologia e tecnologias mais limpas no Brasil. Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Industrial – PEI, 2011, Faculdade Politécnica, Universidade Federal da Bahia.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões financeiras e análise de investimentos:** fundamentos, técnicas e aplicações. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. **Controle Ambiental de Resíduos**. In: PHILIP JR., A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Ed.), **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri: Manole, 2004.

TERMOVERDE Salvador. Visita Técnica. Grupo Solvi. Rua Romã do CIA, Aeroporto, 6 – Fazenda Cassange, Salvador – BA, CEP: 41.505 – 630. Tel.: (71) 2108-0080.

THOMAS, Janet. M. CALLAN, Scott. J. **Economia Ambiental:** aplicações, políticas e teoria. Ed. 4. São Paulo: Cenage Learning, 2010.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Landfill gas emissions model (LandGEM):** version 3.02 User's Guide. Washington: USEPA, 2005. Disponível em: <http://www.epa.gov/ttn/catc1/products.html>. Acesso em 06 de abril de 2016.