

Luís Oscar Silva Martins <sup>1</sup> | Leandro Teixeira e Silva <sup>2</sup> | Roberto Antônio Fortuna Carneiro <sup>3</sup>

induziram à humanidade a pensar sobre formas de como conciliar o desenvolvimento econômico ao bem estar ambiental. Nesse contexto, nasce a ideia de um controle maior sobre as intervenções do homem sobre o clima, sistematizada no Protocolo de Quioto. Dentre as diretrizes estabelecidas nesse acordo, está o mercado de crédito de carbono, no qual empresas que conseguem reduzir suas emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) podem comercializar esses créditos no mercado financeiro. Nesse contexto, o objetivo central dessa pesquisa foi analisar a viabilidade econômica e financeira da implantação de um Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) a partir dos resíduos sólidos urbanos gerados pelo aterro de Santo Antônio de Jesus - BA. A metodologia utilizada para estimação da produção do gás foi o modelo Scholl-Canyon. O referido modelo se baseia na premissa de que há uma fração constante de material biodegradável no aterro por unidade de tempo. Após o cálculo da quantidade de biogás gerado foram estabelecidos cenários de recuperação: otimista, provável e pessimista, e, estimados a receita, custos iniciais de implantação e operação e aplicadas às ferramentas de engenharia econômica VPL, TIR, IBC e ROIA para cada um dos cenários. Os resultados demonstraram viabilidade para a maior parte dos panoramas estabelecidos nos cenários provável e otimista.

Palavras-chave: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, Créditos de Carbono, Biogás.

Abstract: Climate changes in recent decades have led humanity to think about ways of how to reconcile economic development to environmental well-being. In this context arises the idea of greater control over the activities of man on climate, systemized in the Kyoto Protocol. Among the guidelines set forth in this agreement is the carbon credit market, where companies can reduce their greenhouse gas (GHG) can trade these credits in the financial market. In this context, the central objective of this research was to analyze the economic and financial feasibility of implementing a Clean Development Mechanism (CDM) from municipal solid waste generated by the San Antonio landfill Jesus - BA. The methodology used to estimate gas production was the

<sup>1</sup> Mestre em Tecnologias Aplicáveis à Bioenergia, Feira de Santana - BA. E-mail: luíscar2007@hotmail.com.

<sup>2</sup> Mestre em Políticas Públicas e Segurança Social, Salvador - BA. E-mail: lteixeiras@gmail.com.

<sup>3</sup> Mestre em Administração, Salvador - BA. E-mail: rcfortuna@terra.com.br



Scholl-Canyon model. That model is based on the premise that there is a constant fraction of biodegradable material in the landfill per unit of time. After calculating the amount of biogas generated were established recovery scenarios: optimistic, probable and pessimistic, and estimated revenue, initial costs of implementation and operation and applied to economic engineering tools NPV, IRR, IBC and ROIA for each of the scenarios. The results demonstrated feasibility for the most likely set forth in panoramas and optimistic scenario.

Keywords: Clean Development Mechanism, Carbon Credits, Biogas

*Retran*



## Introdução

O desenvolvimento econômico das últimas décadas vem acelerando o processo de degradação do meio ambiente. As novas tecnologias de transportes e geração de energia, que apesar de úteis, e, até mesmo indispensáveis para a vida moderna, ainda, em sua maioria, utilizam combustíveis de origem fóssil (petróleo, carvão e gás natural) em seu funcionamento gerando acúmulo de emissão de gases do efeito estufa (GEE).

Devido a essa problemática, os países têm direcionado esforços, por meio de acordos e pesquisas conjuntas para dirimir os efeitos do aquecimento global. Em 1991 o Painel Intergovernamental de Mudanças Climática (IPCC) publicou seu primeiro relatório que analisava o aumento da temperatura do globo em função das emissões de CO<sub>2</sub> e Metano (CH<sub>4</sub>).

O referido relatório fez com que a Organização das Nações Unidas (ONU), adotasse, em 1992, um tratado internacional denominado United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), objetivando a estabilização do efeito estufa. Os países participantes desse tratado se reuniram em 1997, na cidade de Quioto, no Japão, e acordaram que os países, especialmente os desenvolvidos, deveriam reduzir suas emissões de gases do efeito estufa, criando mecanismos financeiros para sua consecução. Esses ficaram conhecidos como Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), também conhecido como protocolo de Quioto. (PAVAN E PARENTE, 2012).

Os mecanismos podem ser flexibilizados a diversos escopos de projeto. Atualmente, no Brasil, um tipo de projeto que se encontra em franco processo de desenvolvimento é o MDL aplicado em aterros sanitários. De acordo com Fernandes (2009), o aterro sanitário é uma das principais formas de deposição de resíduos, nesse local, os resíduos entram em decomposição gerando gases que podem afetar diretamente o meio ambiente.

Dessa forma, o controle da emissão de biogás, especificamente o metano, reduz a possibilidade de instabilidade dos aterros sanitários devido ao acúmulo de bolsões de gases no interior dos mesmos, minimizando a migração dos gases para as regiões vizinhas, evitando problemas ambientais e riscos à saúde humana, quer sejam locais ou mundiais, além de possibilitar uma melhor estimativa do potencial de ganhos financeiros, econômicos e ambientais nos aterros sanitários. (COSTA, BARROS e FALCÃO, 2014).

Apesar da importância, em vários aspectos, dos aterros sanitários, no Brasil eles ainda são negligenciados. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos (ABRELPE, 2013), a destinação



final dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil registra 58,3% do lixo enviado para aterros sanitários, 24,3% aterros controlados e 17,4% ainda seguem para lixões a céu aberto. No que tange ao estado da Bahia, a situação se agrava, onde a proporção de RSU descartada em lixões salta para 31,8%. (ABRELPE, 2013).

Dentro desse contexto, o objetivo geral desse artigo é analisar a viabilidade econômica e financeira da implantação de um projeto de MDL para gerar créditos de carbono a partir dos RSU depositados no aterro do município de Santo Antônio de Jesus - BA. 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 um projeto de MDL para geração e comercialização de créditos de carbono no aterro sanitário e propor recomendações para subsidiar políticas públicas e/ou investimentos privados para o setor, buscando viabilizar o mercado de créditos de carbono proveniente de resíduos sólidos no estado da Bahia.

### **MDL e créditos de carbono: a questão do aproveitamento e dos 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, p. 32),

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).

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, visou promover o desenvolvimento sustentável, além de transferir tecnologias limpas e ambientalmente seguras para estes países.

Nesse contexto, as empresas que conseguem diminuir a emissão de GEE obtêm créditos de carbono<sup>4</sup>, podendo vendê-los nos mercados financeiros. Segundo Meneguín (2012, p. 58): “Um crédito de carbono equivale a uma tonelada de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) que deixou de ser emitido para a atmosfera. Aos outros gases reduzidos também são emitidos créditos, utilizando-se uma tabela de equivalência entre cada um dos gases e o CO<sub>2</sub>”.

Ainda se tratando do crédito de carbono, o autor fala que a compra dos mesmos permite as empresa compradoras 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 do Protocolo de Quioto, no qual estão estabelecidas as regras, com 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.”. (MENEGUÍN, 2012).

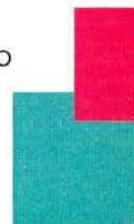
Este comércio é um sistema global de compra e venda de emissões de carbono, baseado no esquema de mercado cap-and-trade. Expressão que na tradução livre seria algo como “limite e negociação”, e é usada para denominar um mecanismo de mercado que cria limites para as emissões de gases de um determinado 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 localizadas nos países participantes do Protocolo, e que tem obrigações e metas a cumprir para a redução de emissão, podem abater parte de suas responsabilidades, por meio da compra de créditos de carbono, ou também chamados de “moedas verdes” que, por sua vez, também são chamados de Redução Certificada de Emissão (RCE).

Esses créditos de carbono podem ser adquiridos na forma de projetos sustentáveis realizados por empresas de países emergentes. Por exemplo, se uma empresa brasileira implanta um projeto que reduz a emissão de GEE, e este fato 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 de Quioto.

Segundo Silva Júnior (2011), a redução das emissões de Gases de Efeito

<sup>4</sup> O crédito de carbono é um certificado eletrônico que é emitido quando há diminuição de emissão de gases que provocam o efeito estufa.





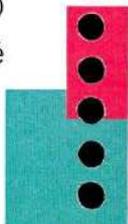
Estufa (GEE) é medida em toneladas de dióxido de carbono equivalente – tCO<sub>2</sub>e (equivalente). Cada tonelada de CO<sub>2</sub> reduzida ou removida da atmosfera corresponde a uma unidade emitida pelo Conselho Executivo do MDL, denominada de Redução Certificada de Emissão (RCE). Cada tonelada de CO<sub>2</sub>e equivale a 1 (um) crédito de carbono. O que se busca é que cada tonelada de CO<sub>2</sub>e 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 negocia-se as RCEs, com regras definidas pelo Protocolo de Quioto. Com relação ao segundo mercado, não existem regras a serem cumpridas. (THOMAS E CALLAN, 2010).

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 E HAMILTON, 2009).

Dessa forma, meio ambiente e desenvolvimento econômico são pilares que andam juntos, requerendo medidas enérgicas e sustentáveis, o que deixa o Brasil como um dos países que vem buscando promover um desenvolvimento econômico com baixo carbono. Exemplo disso é que 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 tCO<sub>2</sub>e a 1.259 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e, 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).

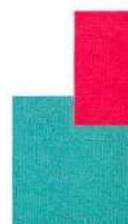
Um dos primeiros resultados positivos no Brasil se deu pelos projetos de aproveitamento do gás metano liberados por lixões das seguintes empresas: Vega, de Salvador (BA), e Nova Gerar, de Nova Iguaçu (RJ). O gás metano é canalizado e aproveitado para gerar energia, deixando de ser liberado na atmosfera naturalmente pela decomposição do lixo. Apesar do gás ser o metano, a redução de emissões é calculada em dióxido de carbono: 14 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 16 anos para a Vega e 14 milhões de toneladas 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 CO<sub>2</sub>, por queimar um combustível mais limpo, pode ser estimado em cerca de 2,5 toneladas de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, podendo ser comercializada por US\$ 8 milhões. (MDIC, 2014).

### **Metodologia utilizada na pesquisa**

A pesquisa utilizou método descritivo e analítico por meio de ampla





revisão bibliográfica com consultas a publicações relacionadas e pertinentes ao tema em estudo. No que tange ao delineamento, para alcance dos resultados almejados, pode ser considerado um estudo de caso. 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)<sup>5</sup> que utiliza os gases produzidos pelo aterro sanitário de Salvador, Lauro de Freitas e Simões Filho para gerar energia elétrica, bem como, queima do CO<sub>2</sub>, gerando Créditos de carbono, para formatar dados necessários para elaboração de análise econômico-financeira da implantação do processo de MDL.

### **O objeto da pesquisa**

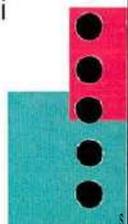
O aterro de Santo Antônio de Jesus foi selecionado como objeto de estudo devido a sua importância para a mesorregião conhecida como o recôncavo da Bahia. Funcionando desde o ano 2000, onde originalmente se tratava de um lixão, a partir de 2011, foi devidamente transformado em aterro sanitário através da concessão dada pela prefeitura à empresa Copa Engenharia, que realizou os devidos investimentos, como, por exemplo, a construção da estação de tratamento de efluentes.

Em relação ao município, no ano de 2010, Santo Antônio de Jesus, de acordo com o IBGE, registrou população de 70.175 habitantes e Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 714.755,10 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 (t) de resíduos sólidos por dia. 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 a 30 anos após seu encerramento. Segundo Figueiredo (2012), uma tonelada de lixo depositado em aterro sanitário tem o potencial de geração de 200 Nm<sup>3</sup> 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

<sup>5</sup> 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: 41505 – 630. Tel: (71) 2108-0080.



revisão bibliográfica com consultas a publicações relacionadas e pertinentes ao tema em estudo. No que tange ao delineamento, para alcance dos resultados almejados, pode ser considerado um estudo de caso. 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)<sup>5</sup> que utiliza os gases produzidos pelo aterro sanitário de Salvador, Lauro de Freitas e Simões Filho para gerar energia elétrica, bem como, queima do CO<sub>2</sub>, gerando Créditos de carbono, para formatar dados necessários para elaboração de análise econômico-financeira da implantação do processo de MDL.

### **O objeto da pesquisa**

O aterro de Santo Antônio de Jesus foi selecionado como objeto de estudo 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 devidamente transformado em aterro sanitário através da concessão dada pela prefeitura à empresa Copa Engenharia, que realizou os devidos investimentos, como, por exemplo, a construção da estação de tratamento de efluentes.

Em relação ao município, no ano de 2010, Santo Antônio de Jesus, de acordo com o IBGE, registrou população de 70.175 habitantes e Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 714.755,10 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 (t) de resíduos sólidos por dia. 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 a 30 anos após seu encerramento. Segundo Figueiredo (2012), uma tonelada de lixo depositado em aterro sanitário tem o potencial de geração de 200 Nm<sup>3</sup> 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

<sup>5</sup> 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.



ocorrer no período de análise (15 anos), cada cenário descrito anteriormente foi avaliado utilizando-se três níveis de preços por CO<sub>2</sub>e. Os preços de venda utilizados foram U\$ 8, 10 e 20 por tonelada equivalente. A cotação do dólar utilizada foi R\$ 3,4203 de 17 de junho de 2016.

Além disso, buscando melhores parâmetros para tomada de decisão de eventual investidor, o projeto foi submetido a duas opções de financiamento. A primeira com utilização de 100% de capital próprio, e a segunda 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 mínima de atratividade (TMA) utilizada para cálculo do VPL e análise da TIR foi de 20% a.a.

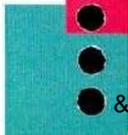
Sendo assim, viabilizados os critérios de avaliação, foram estimados os fluxos de caixa para os diferentes cenários propostos e aplicadas às ferramentas de engenharia econômica Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Índice Benefício custo (IBC) e Retorno Adicional Sobre o Investimento (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 IBC, genericamente, é a razão entre o fluxo esperado de benefícios de um projeto e fluxo esperado de investimentos para realizá-lo. Expressa quanto se espera ganhar por unidade de capital investido. A hipótese implícita do índice é que os recursos liberados ao longo da vida útil do empreendimento sejam reinvestidos à TMA (SOUZA e CLEMENTE, 2009). O ROIA, de acordo com HIRSCHFELD (2012) 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.

### **Análise econômica e financeira**

Para viabilizar a análise econômica e financeira foram estimados os custos





iniciais do empreendimento. As informações referentes a esses valores foram fornecidas pela empresa TERMOVERDE, além de consulta ao trabalho de Abreu, Costa Filho e Souza (2014), que versou sobre a geração de energia renovável a partir de resíduos gerados em aterro sanitário. A Tabela 1 a seguir demonstra o custo inicial para viabilização de projeto de MDL baseado no volume médio de lixo depositado diariamente no aterro (100 t/dia). Além dos custos de implantação, foi adicionado o capital de giro que 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.

Figura 1: Criar a EAP: entradas, ferramentas, técnicas e saídas.

Item	Custo Total
Mobilização e Gestão do Projeto	R\$ 80.000,00
Tubulação para coleta de gás (principal)	R\$ 2.200.000,00
Tubulação lateral (auxiliar)	R\$ 100.000,00
Passarelas	R\$ 70.000,00
Gestão do Condensado	R\$ 50.000,00
Poços de drenagem	R\$ 500.000,00
Coletores horizontais	R\$ 1.200.000,00
Equipamentos de ventilação e queima	R\$ 1.700.000,00
Engenharia, contingências e custos iniciais do MDL	R\$ 500.000,00
Capital de giro	R\$ 320.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 6.720.000,00</b>

Fonte: TERMOVERDE (2016). Abreu, Costa Filho e Souza (2014).

Conforme descrito na etapa metodológica, foi estimada a recuperação projetada de biogás Cenário pessimista: Constante de geração ( $k$ ) = 0,05, percentual de metano no biogás, 50% e potencial de geração de metano ( $Lo$ ) = 85,00  $m^3/t$ ; Cenário Provável: Constante de geração ( $k$ ) = 0,06, percentual de metano no biogás, 55% e potencial de geração de metano ( $Lo$ ) = 90,00  $m^3/t$  e Cenário Otimista: Constante de geração ( $k$ ) = 0,07, percentual de metano no biogás, 60% e potencial de geração de metano ( $Lo$ ) = 100,00  $m^3/t$ . A Tabela 2 demonstra o potencial de biogás gerado pelo aterro sob os diferentes cenários projetados.



Tabela 2 - Potencial de biogás gerado a partir das projeções dos cenários

Cenários				Cenários			
Período	Pessimista	Provável	Otimista	Período	Pessimista	Provável	Otimista
2000	17,33	63,78	239,48	2016	145,09	816,75	4690,72
2001	29,15	119,02	495,85	2017	151,45	859,87	4980,86
2002	39,50	171,43	759,01	2018	145,09	816,75	4690,72
2003	49,02	222,10	1026,67	2019	138,64	773,38	4401,44
2004	57,95	271,49	1297,74	2020	132,09	729,74	4113,05
2005	66,44	319,91	1571,55	2021	125,43	685,81	3825,63
2006	74,58	367,52	1847,66	2022	118,65	641,56	3539,23
2007	82,44	414,45	2125,75	2023	111,74	596,97	3253,93
2008	90,05	460,79	2405,60	2024	104,68	552,00	2969,82
2009	97,46	506,63	2687,00	2025	97,46	506,63	2687,00
2010	104,68	552,00	2969,82	2026	90,05	460,79	2405,60
2011	111,74	596,97	3253,93	2027	82,44	414,45	2125,75
2012	118,65	641,56	3539,23	2028	74,58	367,52	1847,66
2013	125,43	685,81	3825,63	2029	66,44	319,91	1571,55
2014	132,09	729,74	4113,05	2030	57,95	271,49	1297,74
2015	138,64	773,38	4401,44	2031	49,02	222,10	1026,67

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 2 trás o volume em m<sup>3</sup> de gás produzidos por hora pelo empreendimento nos diferentes cenários. A partir desses números foi possível estabelecer a receita do empreendimento. Segundo Péllico Netto et. al (2008), em seus estudos sobre neutralização de carbono, 1 tonelada de CO<sub>2</sub> equivale a 547 m<sup>3</sup> do gás. É importante ressaltar que os valores encontrados já consideram uma capacidade ociosa na ordem de 10% em virtude de eventuais perdas e parada para manutenção.

Os gastos (custos e despesas) de um MDL são enxutos. Os gastos fixos são compostos de mão de obra, formada por um administrador, um engenheiro civil ou sanitarista, um estagiário e um profissional de serviços gerais. Além do quadro de funcionários, é necessário a prestação de serviços contábeis, manutenção e registro anual do CER, água, energia, telefone, internet e seguros pessoais e de instalações. Os gastos variáveis considerados foram à compra do biogás do proprietário do aterro, considerando o preço de compra fornecido pela NT GÁS (2011) de 0,005939 €, a cotação utilizada foi de R\$ 4,0018 de 31 de maio de 2016. Foram considerados como desembolso variável também 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 custo do biogás foi reajustado 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. A despesa com depreciação não está representada na referida Tabela, mas foi considerada no fluxo de caixa do projeto. A metodologia de cálculo usada foi linear, comum a esse tipo de análise. Os valores desses desembolsos, mensais e para o primeiro ano do projeto são expostos na Tabela 3. Para representação na referida Tabela, o custo da compra do biogás do aterro foi encontrado utilizando como base o cenário provável. Para o cálculo de viabilidade serão realizadas inferências nos três cenários propostos.

Tabela 3 – 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
<b>Total</b>		<b>R\$ 438.432,00</b>
<b>Gastos variáveis do projeto</b>		
Compra do biogás do aterro R\$/m <sup>3</sup>	R\$ 0,02377	R\$ 176.593,64
Outros gastos correntes	R\$ 5.000,00	R\$ 60.000,00
<b>Total</b>		<b>R\$ 236.593,64</b>
<b>Gastos totais (fixos + Variáveis)</b>		<b>R\$ 675.025,64</b>

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. De acordo com os três cenários propostos inicialmente, foi possível estabelecer 18 situações. A Tabela 4 consolida essas informações, sob os diferentes aspectos analisados nessa pesquisa.



Tabela 4 – Índices econômicos e financeiros consolidados do projeto sob os diferentes cenários de recuperação do biogás

Cenários de análise	CER (U\$)	Capita I	Índices			
			VPL	TIR	IBC	ROIA
Pessimista k=0,05; Lo=85m <sup>3</sup> /Mg, 50% de CH <sub>4</sub>	CER	100%	-R\$ 7.963.978,09	-	-0,19	-
	U\$ 8,00	25%	-R\$ 8.042.648,29	-	-3,19	-
	CER	100%	-R\$ 7.515.030,84	-	-0,12	-
	U\$ 10,00	25%	-R\$ 7.586.767,49	-	-2,95	-
	CER	100%	-R\$ 5.353.527,66	-	0,20	-10,07 <sup>a</sup>
	U\$ 20,00	25%	-R\$ 5.307.363,53	-	-1,76	-
Provável k=0,06; Lo=90m <sup>3</sup> /Mg, 55% de CH <sub>4</sub>	CER	100%	-R\$ 1.274.596,08	13,33%	0,81	-1,39%
	U\$ 8,00	25%	-R\$ 225.970,73	-	0,88	-0,83%
	CER	100%	R\$ 552.954,81	22,66%	1,08	0,53%
	U\$ 10,00	25%	R\$ 1.658.764,11	58,96%	1,86	4,24%
	CER	100%	R\$ 9.591.454,66	61,18%	2,43	6,09%
	U\$ 20,00	25%	R\$ 10.732.140,27	190,62%	6,59	13,39%
Otimista k=0,07; Lo=100m <sup>3</sup> /Mg, 60% de CH <sub>4</sub>	CER	100%	R\$ 33.395.198,36	161,59%	5,97	12,65%
	U\$ 8,00	25%	R\$ 34.535.883,96	542,61%	18,99	22%
	CER	100%	R\$ 44.353.263,19	206,88%	7,60	14,48%
	U\$ 10,00	25%	R\$ 45.493.948,79	700,93%	24,69	24%
	CER	100%	R\$ 99.143.587,33	432,98%	15,75	20,18%
	U\$ 20,00	25%	R\$ 100.284.272,93	1491,91%	53,23	30,34%

Fonte: Dados da Pesquisa.

A Tabela 4 demonstra que para o cenário pessimista, onde a constante de degradação das 100 t diárias de lixo depositadas no aterro é igual a 0,05, os índices retornaram valores não satisfatórios em termos de viabilidade. Todos os VPLs calculados foram negativos. As TIRs apresentaram valores muito pequenos, sendo, dentro dos parâmetros definidos pelo Excel não foram possíveis de serem calculadas, assim como a maioria dos ROIAs, evidenciando, que sob esse cenário o projeto não criaria riqueza adicional à TMA estabelecida para o investidor. Os IBCs também apresentaram a mesma tendência, indicando valores negativos de retorno sobre o investimento a cada real investido, com exceção quando o CER apresenta valor de U\$ 20,00 e o empreendimento é financiado com 100% de capital próprio.





No cenário 2, onde a constante de degradação foi aumentada para 0,06 e o nível de metano considerado é da ordem de 55%. Os riscos do projeto começam a se dissipar, e, praticamente, todos os parâmetros de avaliação concentram-se em níveis de viabilidade, com exceção quando o preço praticado pelo CER é de U\$ 8,00. Aos demais valores analisados, bem como, ao nível de financiamento do capital (100% e 25% de capital próprio), o empreendimento seria viável.

Quando a constante de degradação considerada sobe para 0,06, os níveis de metano passam a 60%, a criação de riqueza do projeto passa a ser substancial. O VPL atinge um valor médio de R\$ 59.534.359,09, a TIR apresenta valores atrativos, mitigando em demasia o risco do empreendimento. Os valores do IBC também indicam retorno satisfatório para cada real investido, chegando a 53,23, quando o valor do CER atinge U\$ 20,00 e o capital PE financiado em 75% com capital de terceiros.

### **Considerações finais**

A pesquisa demonstrou que apesar da reduzida quantidade de lixo depositada no aterro de Santo Antônio de Jesus - BA, aproximadamente 100 t por dia, um projeto de MDL seria possível do ponto de vista econômico e financeiro. Analisado sob diferentes cenários de recuperação, num total de 18 cenários, o empreendimento mostrou-se viável, especialmente, quando a constante de degradação  $k$ , apresenta valores superiores a 0,06 e o metano atinge níveis de 55% do total do biogás recuperado.

Além disso, é importante considerar que o trabalho seguiu em todos os seus aspectos, o princípio contábil do conservadorismo, especialmente no que tange aos custos de implantação e de operação do MDL no aterro. Todos os gastos foram reajustados, buscando fornecer maior realidade à análise.

Os projetos de comercialização de crédito de carbono representam ganhos para a sociedade, pois conciliam processos de interesses mútuos. Além da possibilidade de geração de lucros para os investidores e remuneração do capital investido, podem gerar empregos e aumentar a arrecadação de impostos, acarretando em melhorias ao meio ambiente com a contenção de emissões de CO<sub>2</sub> e CO<sub>4</sub>, viabilizando o saneamento e evitando possíveis passivos ambientais.

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 aperfeiçoaria o processo de recuperação favorecendo maiores ganhos



técnicos e financeiros.

Por fim, diante do exposto, a implantação de um MDL 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.

### **Agradecimentos**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pelo apoio financeiro concedido ao projeto.

### **Referências bibliográficas**

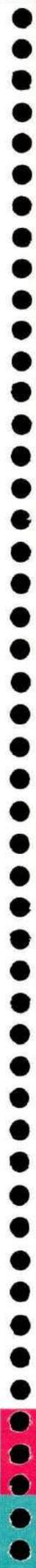
\_\_\_\_\_. Decreto nº 7.390 de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei no 12.187 de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e da outras providências. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm)>. Acesso em: 02- mai.2016.

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.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 2013. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>> Acesso: 20 de abril de 2015.

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.

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.

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/699320PUBOPuBl067869B09780821389997.pdf](http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2012/06/18/000333037_20120618022011/Rendered/PDF/699320PUBOPuBl067869B09780821389997.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](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.

BRASIL, 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](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](http://www.ctgas.com.br). Acesso em 20 de maio de 2016.

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.



FERNANDES, Juliana Gonçalves. Estudo da emissão de biogás em um aterro sanitário experimental. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado) em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 2009, 101f.

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.

GITMAN, Lawrence Jeffrey. Princípios da administração financeira. Trad. técnica Antônio ZorattoSanvicente. 10ª. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2012.

HIRSCHFELD, Henrique. Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores. 7. ed. - 8. Reimpr. - São Paulo: Atlas, 2012.

IBGE, Censo Demográfico 2010 - Malha Municipal Digital do Brasil, 2010.

IEE/CENBIO - Instituto de Eletrotécnica e Energia / Centro Nacional de Referência em Biomassa. Biogás de aterro para geração de eletricidade e iluminação - Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/download/projetos/aterro.pdf>. Acesso em 31 de maio de 2016.

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.

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](http://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/20041202MBR\\_EFinal.pdf](http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/ascom/imprensa/20041202MBR_EFinal.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 vivatneutrocarbo 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.

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.; ROMÉ-RO, 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/ttnecat1/products.html>. Acesso em 06 de abril de 2016.

VIEIRA, R.P.; CASSEMIRO, E.; NETO J.L.C. Reversão do Passivo Ambiental: uma Implantação de MDL em um Aterro Sanitário de Salvador. In: SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia da Associação Educacional Dom Bosco, 3, 2006, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos. Riode Janeiro. 2006. Disponível em: [www.aedb.br/anais-seget/gs\\_pos.htm](http://www.aedb.br/anais-seget/gs_pos.htm). Acesso em 31 de maio de 2016.

