

Estimativa de receita na geração energética e crédito de carbono do aterro coletivo na microrregião de Teófilo Otoni

*Estimate of revenue in energy generation and collective land carbon credit in the
Teófilo Otoni micro-region*

*Ingresos estimados por generación de energía y crédito de carbono del vertedero
colectivo en la micro región de Teófilo Otoni*

Alexandre Sylvio Vieira da Costa

Doutor, Professor Adjunto da Universidade Federal os Vales do Jequitinhonha e Mucuri
alexandre.costa@ufvjm.edu.br

Jéssica Rodrigues Andrade

Mestre em Tecnologia, ambiente e sociedade pela UFVJM
jessicaraengenharia@gmail.com



RESUMO

O crescimento e a melhora da qualidade de vida da população brasileira têm contribuído para o aumento da produção de resíduos e comprometimento da qualidade ambiental. Este trabalho teve como objetivo obter informações sobre os resíduos sólidos urbanos das cidades componentes da microrregião de Teófilo Otoni e estimar a geração de metano até 2045 e após o seu fechamento até 2055 avaliando o seu potencial de geração de energia elétrica e crédito de carbono. A coleta dos dados foi realizada na Associação dos Municípios do Mucuri e a estimativa total de produção de resíduos foi calculada considerando a população urbana dos municípios e a sua estimativa de crescimento. Para cálculo da taxa anual de geração de gás metano foi utilizado o modelo de cálculo proposto pelo Banco Mundial e no cálculo do potencial energético, avaliando seu retorno econômico proveniente da comercialização da energia gerada e venda de créditos de carbono. Verificou-se que, pelas projeções de geração de resíduos e crescimento populacional, em 2045, a microrregião produziria cerca de 40.001,976 toneladas de matéria orgânica e produção de 767.496,821 m³ de metano com potencial de geração de 5,063 MWh de energia nesse mesmo ano e potencial energético para suprir as necessidades energéticas de 894 residências/mês. A venda de créditos de carbono renderia R\$ 320.019,49 no primeiro ano, e em 2045 seu valor máximo estimado chegaria a R\$418.995,71.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos sólidos, matéria orgânica, metano, potencial energético.

ABSTRACT

The growth and improvement in the quality of life of the Brazilian population has contributed to the increase in the production of waste and to the compromise of environmental quality. This work aimed to obtain information on the urban solid waste of the cities that are part of the Teófilo Otoni microregion and to estimate the generation of methane until 2045 and after its closure until 2055, evaluating its electric power generation potential. Data collection was carried out at the Association of Municipalities of Mucuri and the total estimate of waste production was calculated considering the urban population of the municipalities and their growth estimate and carbon credit. To calculate the annual methane gas generation rate, the calculation model proposed by the World Bank was used to calculate the energy potential, evaluating its economic return from the sale of the energy generated and the sale of carbon credits. It was found that, by the projections of waste generation and population growth, in 2045, the microregion would produce about 40,001,976 tons of organic matter and production of 767,496.821 m³ of methane with a generation potential of 5.063 MWh of energy in that same year, with energy potential to supply the energy needs of 894 homes/month. The sale of carbon credits would yield R\$ 320,019.49 in the first year, and in 2045 its maximum estimated value would reach R\$ 418,995.71.

KEYWORDS: solid waste, organic matter, methane, energy potential.

RESUMEN

El crecimiento y la mejora de la calidad de vida de la población brasileña ha contribuido al aumento de la producción de residuos y al compromiso de la calidad ambiental. Este trabajo tuvo como objetivo obtener información sobre los residuos sólidos urbanos de las ciudades que forman parte de la microrregión de Teófilo Otoni y estimar la generación de metano hasta 2045 y después de su cierre hasta 2055, evaluando su potencial para generar electricidad y crédito de carbono. La recolección de datos se realizó en la Asociación de Municipios de Mucuri y la estimación total de la producción de residuos se calculó considerando la población urbana de los municipios y su estimación de crecimiento. Para calcular la tasa anual de generación de gas metano, se utilizó el modelo de cálculo propuesto por el Banco Mundial para calcular el potencial energético, evaluando su rendimiento económico de la venta de la energía generada y la venta de créditos de carbono. Se descubrió que, según las proyecciones de generación de desechos y crecimiento de la población, en 2045, la microrregión produciría alrededor de 40,001,976 toneladas de materia orgánica y una producción de 767,496.821 m³ de metano con un potencial de generación de 5.063 MWh de energía en ese mismo año y potencial energético para satisfacer las necesidades energéticas de 894 hogares / mes. La venta de créditos de carbono produciría R \$ 320.019,49 en el primer año, y en 2045 su valor máximo estimado alcanzaría R \$ 418.995,71.

PALABRAS CLAVE: residuos sólidos, materia orgánica, metano, potencial energético.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional tem contribuído para o aumento na produção de resíduos sólidos urbanos, responsáveis por grandes impactos ambientais, que além de transformar a paisagem, comprometem o ecossistema. Estes problemas têm ocorrido de forma intensa e recorrente porque grande parte dos resíduos urbanos são dispostos em locais considerados inadequados, como lixões, lotes vazios, margens de rios, lagos, entre outros (Mucelin e Bellini, 2008). No Brasil, a destinação final da maior parte dos resíduos sólidos se dá através dos lixões, e aterros controlados (Alves *et al*, 2008). Cenário considerado inadequado do ponto de vista ambiental, que requer medidas efetivas e sustentáveis (Pedott e Aguiar, 2014).

Segundo Cabral (2007) os resíduos sólidos urbanos apresentam grande heterogeneidade, sendo de extrema importância conhecer a composição gravimétrica dos mesmos. A composição gravimétrica traduz o percentual de cada componente do resíduo em relação à massa total da amostra realizada.

Gouveia (2012) considera que, mesmo que a produção de energia e outras atividades industriais sejam as grandes responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa, os resíduos sólidos também contribuem de forma significativa para essa problemática, visto que a matéria orgânica presente em sua composição, ao ser decomposta de forma anaeróbica, gera o biogás.

Os principais gases provenientes do processo de biodegradação dos resíduos sólidos urbanos são o metano (degradação anaeróbica) e o dióxido de carbono (degradação aeróbica). A geração destes gases é preocupante, principalmente do gás metano, devido à relação com o efeito estufa (Mello e Grassi, 2014).

Uma alternativa, já difundida e implementada em vários países, é considerar o aproveitamento desses gases para outros fins, como por exemplo, o uso do gás metano presente no biogás como fonte de geração de energia (Mello e Grassi, 2014). Entretanto, para se estudar possibilidades como estas, é essencial conhecer a composição gravimétrica dos resíduos as quais se quer utilizar, observando tanto seus aspectos qualitativos quanto quantitativos.

O metano é um gás com grande potencial poluidor. A sua queima e aproveitamento para geração de energia minimizaria significativamente o efeito estufa e ainda contribuiria para o desenvolvimento energético sustentável. Outra forma de aproveitamento do biogás seria a utilização do mesmo para sistemas de iluminação a gás (Pecora *et al.*, 2008).

Apesar do alto custo que um sistema de geração de energia elétrica em um aterro possui, é importante ressaltar que a energia produzida no aterro, além de ter a possibilidade de ser consumida no próprio aterro, caso exceda, ainda poderá ser comercializada, proporcionando assim retorno financeiro e ambiental, já que além de contribuir para a redução de GEE ainda auxilia na diminuição da sobrecarga das concessionárias (Martins *et al*, 2016). O uso do metano, proveniente da decomposição de resíduos em aterros, para produção de energia elétrica é

considerado uma prática dentro das diretrizes dos mecanismos de desenvolvimento limpo (Alves *et al.*, 2008).

Um crédito de carbono equivale a uma tonelada de dióxido de carbono equivalente – tCO_{2eq} (Meneguim, 2012). Para os outros gases, existe uma tabela de equivalência dos mesmos em relação ao CO₂. O potencial de aquecimento global do metano, por exemplo, é 21 vezes maior do que o gás carbônico (Pecora *et al.*, 2009). Na qual são computadas quantidades que deixaram de ser emitidas através do uso de alternativas sustentáveis.

2. METODOLOGIA

2.1. Descrição da área de estudo

Situada na Mesorregião Vale do Mucuri no Nordeste de Minas Gerais, a Microrregião de Teófilo Otoni (Figura 1), é composta pelos municípios de Ataléia, Catuji, Franciscópolis, Frei Gaspar, Itaipé, Ladainha, Malacacheta, Novo Oriente de Minas, Ouro Verde de Minas, Pavão, Poté, Setubinha e Teófilo Otoni (Ibge, 2016) totalizando uma população estimada em 2015 de 277.293 pessoas.

Os dados da composição dos resíduos sólidos urbanos das cidades da microrregião foram fornecidos pela AMUC (Associação dos Municípios do Mucuri). As informações foram repassadas por município contendo dados de geração *per capita* de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).



Figura 1. Localização do Município de Teófilo Otoni na Microrregião de Teófilo Otoni



Todos os cálculos foram elaborados utilizando o modelo do Banco Mundial para obtenção dos valores de metano gerado anualmente na microrregião de Teófilo Otoni. A metodologia está descrita no *Handbook for the Preparation of Landfill Gas to Energy Projects in Latin America and the Caribbean* (Banco Mundial, 2004). Esse modelo baseia-se na premissa de que há uma fração constante de material biodegradável no aterro por unidade de tempo (Borba, 2006). O método propõe o valor da taxa de geração de metano em relação à precipitação anual e o potencial de geração de metano em função da degradabilidade do resíduo onde $Q_{(CH_4)_i} = k \times L_0 \times m_i \times e^{-kt}$, no qual $Q_{(CH_4)_i}$ é o metano produzido no ano i ($m^3 \cdot ano^{-1}$); k é taxa de geração de metano (ano^{-1}); L_0 o potencial de geração de metano por tonelada de resíduo depositado ($m^3 \cdot t^{-1}$); m_i a massa de resíduo despejada no ano i ($t \cdot ano^{-1}$) e t o tempo em anos após do fechamento (ano). Os valores “ k ” e “ L_0 ” dependem da degradabilidade dos resíduos.

Nesse contexto, a partir dos valores provenientes do cálculo da geração do metano, foi possível calcular o potencial energético e a energia disponível da microrregião de Teófilo Otoni (Pecora et al., 2006). A determinação da potência disponível foi calculada pela fórmula

$P_x = (Q_x \times P_{c \text{ metano}} \times \eta) / 860.000$, onde P_x é a potência disponível a cada ano (MW); Q_x a vazão de metano a cada hora em determinado ano ($m^3 \cdot h^{-1}$); $P_{c \text{ metano}}$ o poder calorífico do metano ($8500 \text{ Kcal} \cdot m^{-3}$) e η a eficiência do motor (0,28).

A partir da energia disponível por dia obtida, foi calculada a energia disponível por ano em KWh/ano. Visto que o valor da energia adotado pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) em janeiro de 2018 foi igual a R\$ 0,521 por KWh, foi possível calcular o rendimento financeiro energético por ano.

A quantidade de crédito de carbono calculada e o seu valor é igual às toneladas equivalentes de dióxido de carbono que deixaram de ser emitidas (Alves et al. 2008).

Para o cálculo de redução de emissões dos gases do efeito estufa foi utilizada a metodologia definida pelo IPCC para a quantificação da tonelada de carbono equivalente (Mello e Grassi, 2014) calculado pela fórmula $CO_{2Eq.} = Q_{CH_4} \times d_{CH_4} \times PAG$, onde $CO_{2Eq.}$ é a Quantidade de CO_2 equivalente (ton.); Q_{CH_4} o Volume de metano (m^3), d_{CH_4} a Massa específica de metano ($0,7167 \times 10^{-3} \text{ ton} \cdot m^{-3}$); e PAG a Potencial de aquecimento global (21 vezes maior que o CO_2).

O valor de um crédito de carbono no mercado internacional custa em média 9,05 euros (Investing, 2018) por tonelada de carbono equivalente (tCO_2Eq). Utilizando o valor do euro de acordo com a BM&F BOVESPA do dia 06 de fevereiro de 2018 de R\$ 4,008, temos que cada tonelada de CO_2 equivalente rende em média R\$ 36,2724. Com estes valores foi estimado o rendimento anual da venda do crédito de carbono.

3. RESULTADOS

Com a obtenção da taxa média de crescimento anual e o número de habitantes estimado pelo IBGE (2015), foi realizado o cálculo de estimativa populacional dos anos de 2015 a 2045 de cada cidade da microrregião. Na Tabela 1 é possível analisar e comparar a previsão do crescimento

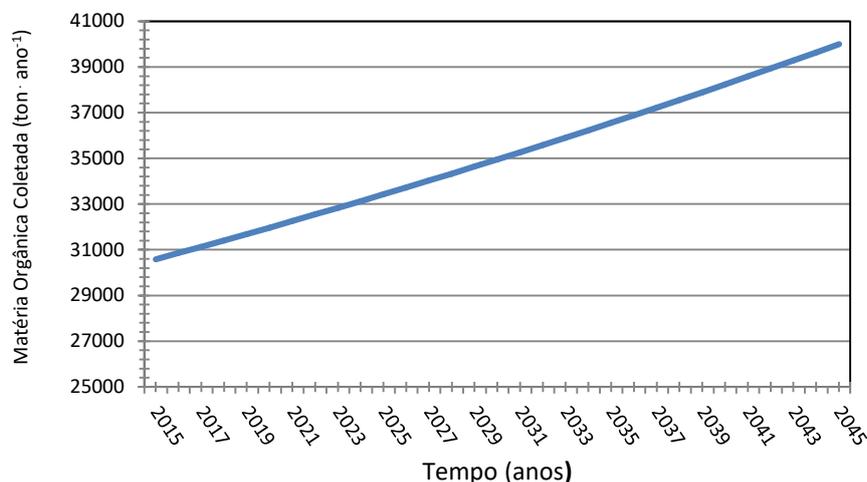
populacional de cada uma dessas cidades em 30 anos, considerando que algumas cidades apresentam decréscimo populacional.

Tabela 1. Projeção da população dos municípios da Microrregião de Teófilo Otoni

Cidade	Ano	
	2015	2045
Ataléia	14.039	11.807
Catuji	6.683	6.535
Franciscópolis	5.745	5.427
Frei Gaspar	6.028	7.015
Itaípe	12.572	18.588
Ladainha	17.976	25.375
Malacacheta	19.191	21.906
Novo Oriente de Minas	10.807	14.162
Ouro Verde de Minas	6.128	6.851
Pavão	8.739	9.703
Poté	16.502	22.682
Setubinha	11.837	19.915
Teófilo Otoni	141.046	186.483

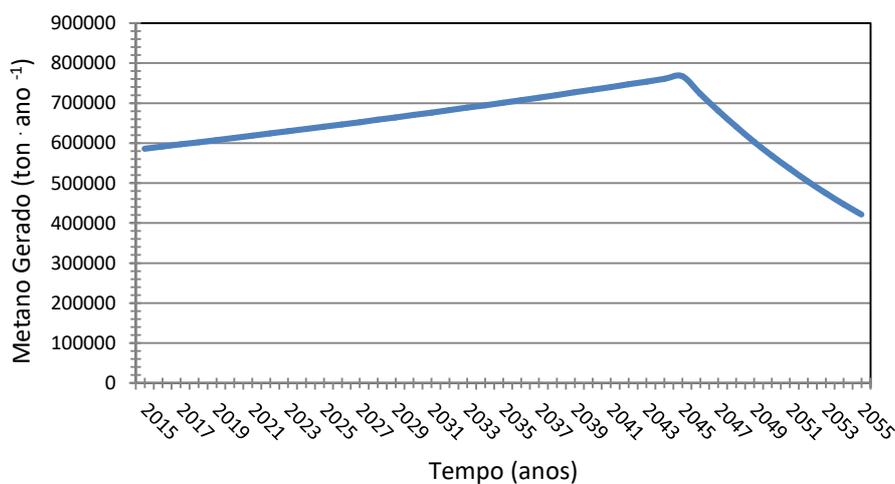
Verifica-se que em 2045, ano do fechamento do aterro, considerando a estimativa de crescimento populacional dos centros urbanos das cidades e a geração de resíduos, a microrregião geraria cerca de 40.000 toneladas de matéria orgânica, um aumento de aproximadamente 35% em relação a quantidade de resíduos produzidos na abertura do aterro em 2015 (Figura 1).

Figura 1. Estimativa da Matéria orgânica coletada anualmente



A Figura 2 apresenta o comportamento da geração do metano durante o período avaliado. É perceptível que a curva tem um comportamento crescente à medida que o aterro recebe os resíduos sólidos, haja vista que a cada tonelada de resíduo depositada, aumenta-se o potencial de geração do biogás. O ponto máximo ocorre no ano de 2045, último ano de deposição (fechamento do aterro), e posteriormente a curva apresenta um decaimento devido à interrupção do lançamento de resíduos sólidos no local. Em 2045, último ano de funcionamento do aterro, com a geração de mais de 40 mil toneladas de matéria orgânica ocorreria a produção de 767.496,821 m³ de metano. Considerando 10 anos após o seu fechamento, o aterro ainda produziria 421.211,186 m³ de metano em 2055.

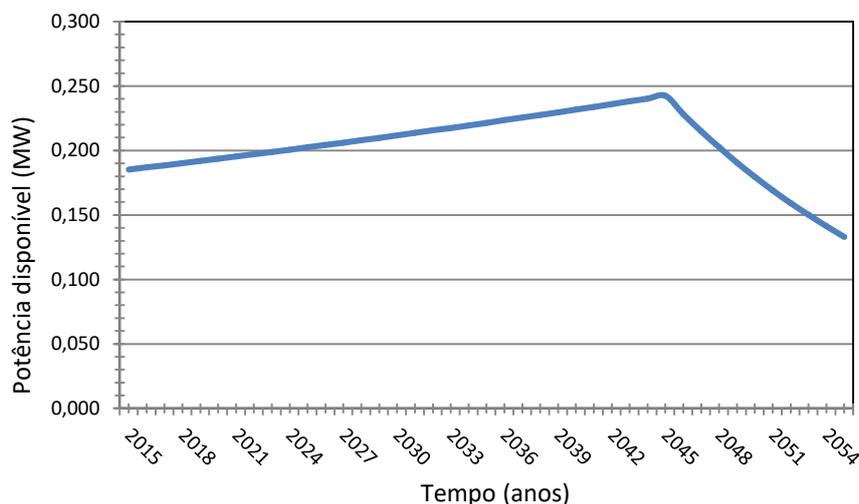
Figura 2. Quantidade de metano gerada anualmente



De acordo com o Banco Mundial o modelo de cálculo de geração de gás metano adotado é comumente utilizado e aceito nas Américas do Norte e Sul, por ser de fácil aplicação. Por outro lado, Borba (2006) aponta como fragilidade do modelo o fato de desprezar algumas variáveis como teor de umidade, tamanhos das partículas, temperatura e pH. Apesar de considerar as observações descritas por Borba de extrema importância, os dados disponíveis a respeito da região estudada são limitados, sendo necessária a adoção da metodologia descrita.

Com os valores obtidos de geração de gás metano, têm-se um potencial disponível inicial estimado de 0,185 MW e em 2045 de 0,242 MW. Considerando o seu fechamento neste ano e o decaimento, o aterro ainda teria um potencial de geração de energia ao longo dos anos, atingindo 0,133 MW em 2055 conforme observado na Figura 3.

Figura 3. Potencial de energia disponível por ano (MW)



Do ponto de vista econômico, a possibilidade do uso energético do biogás contribuiria para diminuir a dependência de energia de hidrelétricas e termelétricas. Além disso, o aproveitamento de materiais, até então sem utilidade, como fonte alternativa de energia elétrica limpa, contribui para o desenvolvimento sustentável (Ribeiro e Morelli, 2009).

De acordo com a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, ano base 2005, realizado pela Eletrobrás/Procel (2007), o consumo médio residencial na região sudeste em 2005 foi 169,8 KWh por mês. Em termos comparativos e tendo como base esse valor de consumo mensal, no ano de geração máxima de energia elétrica no aterro em 2045, este supriria energeticamente aproximadamente 894 residências.

Tendo como base o valor de R\$ 0,521, na qual é cobrada a energia elétrica distribuída pela CEMIG em janeiro de 2018, esta atividade econômica poderia alcançar um retorno máximo de R\$ 963.352,13 (Tabela 2). Estes valores são calculados baseados em valores atuais, desconsiderando as correções tarifárias futuras e os ajustes dos modelos inflacionários.

Tabela 2 - Rendimento econômico anual de energia elétrica

Ano	Valor comercializável de energia por ano em Minas Gerais (R\$.ano ⁻¹)
2015	735786,66
2016	742355,16
2017	748987,34
2018	755683,85
2019	762445,33
2020	769272,45
2021	776165,87
2022	783126,25
2023	790154,28
2024	797250,63
2025	804416,01
2026	811651,11
2027	818956,64
2028	826333,31
2029	833781,84
2030	841302,97
2031	848897,43
2032	856565,97
2033	864309,34
2034	872128,30
2035	880023,62
2036	887996,08
2037	896046,47
2038	904175,58
2039	912384,22
2040	920673,19
2041	929043,32
2042	937495,44
2043	946030,38
2044	954648,99
2045	963352,13
Após fechamento do aterro	
2046	907250,87
2047	854416,69
2048	804659,34
2049	757799,63
2050	713668,81
2051	672107,97
2052	632967,45
2053	596106,30
2054	561391,77
2055	528698,86

O gás metano captado em aterros sanitários pode ser queimado em *flares*, sendo convertido em dióxido de carbono, 21 vezes menos poluentes, ou ainda, pode ser convertido em energia elétrica. As duas ações contribuem para a redução de emissão de gases na atmosfera, gerando certificados de emissões, que posteriormente poderiam ser comercializados como crédito de carbono (Andrade e Costa, 2008)

Os mecanismos de flexibilização previsto pelo Protocolo de Quioto permite que países desenvolvidos que não conseguem atingir suas metas de redução de emissões, adquiram créditos de carbonos de países em desenvolvimento que possuem projetos de MDL. Essa possibilidade ajuda a fortalecer a economia de países como o Brasil, que além de incentivar o desenvolvimento de projetos sustentáveis, aumentaria a sua participação em mercados financeiros (Rezende *et al.*, 2012).

O Brasil possui importante atuação no cenário internacional em relação a projetos de MDL. Em termos de reduções de emissões, ocupa a terceira posição mundial, sendo responsável pela redução de 375.889.172 tCO₂ para o primeiro período de obtenção de créditos (Arcadis, 2010). Em relação ao potencial de créditos de carbono da Microrregião de Teófilo Otoni, a quantidade de CO₂ equivalente inicial seria 8.822,67 toneladas de CO₂ no ano de 2015, tendo seu pico em 2045 com 11.551,36 toneladas de CO₂ (Tabela 3). Economicamente com um retorno máximo de R\$ 418.995,71, considerando os valores atuais do mercado de crédito de carbono que flutuam de acordo com o crescimento econômico dos países desenvolvidos.

Tabela 3 - Rendimento anual dos créditos de carbono

Ano	Quantidade de CO2 equivalente (ton.)(1)	Valor comercializável do crédito de Carbono em 2018 em reais
2015	8822,672	320019,4884
2016	8901,434	322876,3586
2017	8980,959	325760,9273
2018	9061,255	328673,4742
2019	9142,331	331614,2818
2020	9224,193	334583,6355
2021	9306,851	337581,824
2022	9390,312	340609,1389
2023	9474,583	343665,8748
2024	9559,674	346752,3296
2025	9645,593	349868,8044
2026	9732,348	353015,6033
2027	9819,947	356193,0338
2028	9908,399	359401,4067
2029	9997,713	362641,0361
2030	10087,897	365912,2392
2031	10178,961	369215,3371
2032	10270,913	372550,6538
2033	10363,762	375918,5171
2034	10457,518	379319,2583
2035	10552,189	382753,212
2036	10647,785	386220,7167
2037	10744,316	389722,1143
2038	10841,790	393257,7505
2039	10940,218	396827,9746
2040	11039,610	400433,1398
2041	11139,974	404073,6031
2042	11241,322	407749,7252
2043	11343,663	411461,8707
2044	11447,007	415210,4082
2045	11551,364	418995,7104
Após fechamento do aterro		
2046	10878,665	394595,2998
2047	10245,141	371615,8585
2048	9648,511	349974,6355
2049	9086,625	329593,6995
2050	8557,461	310399,6563
2051	8059,113	292323,3875
2052	7589,787	275299,7992
2053	7147,792	259267,5867
2054	6731,537	244169,0178
2055	6339,523	229949,7212

É importante ressaltar que a energia gerada pelo biogás pode ser consumida pelo próprio aterro ou caso exceda as quantidades necessárias para a manutenção, ainda poderá ser comercializada. Juntamente com os rendimentos em relação à geração da energia, o fato de captar o gás metano proveniente da decomposição da matéria orgânica e convertendo em energia contribuirá para uma geração adicional de receita, considerando também a venda de créditos de carbonos (Pecora *et al.*, 2009).

Nesse contexto, onde há crescente demanda por energia no mundo e paralelo a essa demanda uma produção exacerbada de resíduos sólidos, o desenvolvimento de práticas que amenizem

esse cenário se torna um desafio atual. O marco legal exige a correta disposição dos resíduos em locais considerados ambientalmente corretos, os aterros sanitários (Martins et al., 2016). A implantação de um sistema de geração de energia em um aterro requer altos investimentos devido ao seu custo, porém seria uma solução para problemas gerados pela emissão do metano, além de gerar benefícios financeiros que posteriormente seriam consumidos pelo próprio aterro, sendo que em caso de haver excedente de energia elétrica, por exemplo, a mesma poderia ser vendida.

Em suma, a geração de energia por meio de fontes limpas, a redução da emissão de gases de efeito estufa e o aproveitamento de materiais até então inutilizáveis evidenciam a importância social e ambiental de estudos na área.

Além do fator financeiro, a conversão energética desse gás, proveniente dos grandes volumes de resíduos produzidos, contribui para a redução do seu potencial tóxico e pode ser visto como uma solução para a questão da ocupação de grandes áreas ocupadas por lixões nas quais resultam em contaminação de solos e corpos hídricos. Em virtude das vantagens que podem ser proporcionadas com a adoção do aterro sanitário, no quesito econômico, social e ambiental, prefeituras e empresas privadas devem investir e incentivar práticas sustentáveis como essas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os cálculos da quantidade de Matéria Orgânica Total coletada na microrregião e principalmente para a obtenção dos valores de metano gerados anualmente mostraram o potencial deste futuro aterro na geração de energia. A implantação do aterro sanitário na microrregião contribuiria com 767.496,821 m³/ano de metano no 30º ano de funcionamento gerando em média 5,063 MWh de energia nesse mesmo ano e um retorno econômico de aproximadamente R\$ 963.352,13. Após o seu fechamento, este ainda geraria cerca de 421.211,186 m³/ano de gás metano no 10º ano, com potencial energético de 0,133 MW e energia disponível de 2,778 MWh. A partir dos cálculos realizados, verificou-se que o aterro sanitário teria potencial energético suficiente, no ano de geração máxima de energia elétrica, de suprir as necessidades energéticas de 894 residências/mês. A venda de créditos de carbono da Microrregião de Teófilo Otoni renderia em média R\$ 320.019,49 no primeiro ano, e em 2045 seu valor máximo estimado chegaria a R\$418.995,70.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Laura; COLARES, Reinaldo; UTURBEY, Wadaed. As Atividades Ambientais e Econômicas do Uso do Biogás Produzido pelo Aterro Sanitário de Belo Horizonte para Geração de Energia Elétrica. In: **Simpósio Brasileiro de Sistemas elétricos**, Belo Horizonte, 2008, p.1-7.



ANDRADE, José Celio Silveira; COSTA, Paulo. **Mudança Climática, Protocolo de Kyoto e Mercado de Créditos de Carbono: Desafios à governança ambiental global**. 2008. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-92302008000200002> Acesso em: 25 de mar. 2020.

ARCADIS, Tetraplan. **Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), Visando Incrementar o uso de biogás como Fonte Alternativa de Energia Renovável**. 2010. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033201.pdf> Acesso em: 30 de mar. 2020.

BANCO MUNDIAL. **Manual para a Preparação de Gás de Aterro Sanitário para Projetos de Energia na América Latina e Caribe**. 2004. Disponível em:

<<http://documents.worldbank.org/curated/pt/954761468011430611/pdf/332640handbook.pdf>>. Acesso em: 28 de mar. 2020

BORBA, Silvia Mary Pereira. **Análise de Modelos de Geração de Gases em Aterros Sanitários: estudo de caso**.

Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006, 108p.

CABRAL, Antônio Eduardo Bezerra. **Modelagem de Propriedades Mecânicas e de Durabilidade de Concretos**

Produzidos com Agregados Reciclados, considerando-se a Variabilidade da Composição do RCD. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2007. 254p.

ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S. A., PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.

2007. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso** - Ano base 2005 – Casse Residencial – Relatório Brasil. Rio de Janeiro. 2007.

GOUVEIA, Nelson. Resíduos Sólidos Urbanos: Impactos Socioambientais e Perspectivas de Manejo Sustentável com Inclusão Social. **Ciência & Saúde**. São Paulo, 2012, v.7, n.6, p.1503-1510.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa População 2015**. 2015. Disponível em:

<ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2015/estimativa_dou>. Acesso em: 18 de mar. 2020

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2016. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=316860>>. Acesso em: 18 de mar. 2020.

INVESTING. **Crédito Carbono Futuro**. 2018. Disponível em: <<https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions>>. Acesso em: 18 de mar. 2020.

MARTINS, Luis Oscar Silva; SILVA, Leandro Teixeira; VELAME, Jailda Lima. **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 – BA. 2016. In: Congresso Internacional de administração, Natal.

MELLO, Andrieli Remoldi; GRASSI, Renato. **Avaliação do Potencial de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás**

Gerado no Aterro Sanitário do Município de Francisco Beltrão – PR. Francisco Beltrão. Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - UTFPR, Campus Francisco Beltrão, PR. 2014. 81p.



MENEGUIN, Fernando. **O que é o Mercado de Carbono e como ele Opera no Brasil?** 2012. 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 18 de mar. 2020.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Lixo e Impactos Ambientais Perceptíveis no Ecosistema Urbano. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, 2008, v.1, p.111-124.

PECORA, Vanessa; FIGUEIREDO, Natalie J. V.; VELÁZQUEZ, Silvia M. S. G.; COELHO, Suani T. **Potência de Geração de Energia Elétrica e Iluminação a Gás por Meio do Aproveitamento de Biogás Proveniente de Aterro Sanitário**. In: Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, 2008. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 7 p.

PECORA, Vanessa; VELÁZQUEZ, Silvia M. S. G.; COELHO, Suani T. **Aproveitamento do Biogás Proveniente dos Resíduos Sólidos Urbanos para Geração de Energia Elétrica: Estudo de Caso em São Paulo**. São Paulo. 2009. p.1-10.

PEDOTT, Juliana Gonçalves Justj; AGUIAR, A. O. Biogás em Aterros Sanitários: comparando a geração estimada com a quantidade verificada em projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo. **Revista Holos**. 2014. v.4, p.195-211.

REZENDE, Amauri José; DALMÁCIO, Zoboli.; RIBEIRO, Maisa de Sousa. A Potencialidade dos Créditos de Carbono na Geração de Lucro Econômico Sustentável da Atividade de Reflorestamento. **Organizações Rurais & Agroindustriais**. 2012, v.1, n.1, p.108-126.

RIBEIRO, Daniel Veras; MORELLI, Marcio Raymundo. **Resíduos Sólidos: Problema ou Oportunidade?** 1.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 158p.