

III-334 - ANÁLISE DOS CRÉDITOS DE CARBONO DE ATERROS SANITÁRIOS COM PROJETOS DE MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO NO BRASIL

Alexandre de Oliveira e Aguiar⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Mestre e Doutor em Saúde Pública, concentração em Saúde Ambiental, pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Professor do Programa de Mestrado Profissional em Administração – Gestão Ambiental e Sustentabilidade da Universidade Nove de Julho – UNINOVE.

Mayra Cristina Sales Mauricio

Estudante de Engenharia Civil pela Universidade Nove de Julho.

Nathalia de Souza Moura

Estudante de Engenharia Civil pela Universidade Nove de Julho.

Jaqueline Agata Pereira Silva

Estudante de Engenharia Civil pela Universidade Nove de Julho.

Endereço⁽¹⁾: Av. Francisco Matarazzo, 612 Prédio C térreo – São Paulo – SP – CEP 05001-100 - Tel: (11) 3665-9313 - e-mail: aaguiar@uninove.br

RESUMO

Os aterros de resíduos são uma fonte importante de gases de efeito estufa em todo o mundo, existe a necessidade de reduzir a concentração de lixo e a preocupação em adotar quadros que incentivam a diminuição de gases do efeito estufa que são decorrentes da quantidade de lixo e da má deposição do mesmo. Os aterros sanitários são alvos objeto de vários projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O objetivo geral foi analisar os resultados de créditos de carbono obtidos em projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo no Brasil, buscando identificar potenciais causas do insucesso na obtenção de créditos de carbono. Os dados foram obtidos da base de dados online da UNFCCC. Foram estudados os resultados dos 28 projetos de MDL em aterros sanitários registrados no Brasil de forma a obter a média de sucesso em relação a obtenção de créditos prevista, até o ano de 2012. Os resultados não revelaram relação estatística entre o nível de sucesso e as versões da metodologia ACM 001 utilizadas, não sendo possível comprovar, portanto, que uma evolução de tal metodologia leve ao aumento do nível de sucesso. Também não houve evidência estatística da correlação entre tipo do projeto e porte do projeto na média de sucesso. Próximos passos da pesquisa devem abordar temas como variação na composição dos resíduos, na pluviosidade e em critérios de operação como manutenção do aterro e cobertura diária.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário, Créditos de Carbono, Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população nos últimos anos vem intensificando a produção de resíduos e isso se torna ainda mais preocupante quando há o mal planejamento de grandes centros urbanos e consequentemente a desordem nas atividades humanas, sendo que muitas vezes o depósito desses resíduos são feito em locais inapropriados para recebê-los, provocando assim graves problemas ambientais. Segundo o IBGE, o Brasil gerava em 2008 cerca de 260 mil ton/dia de resíduos urbanos, dos quais cerca de 85 mil toneladas ainda eram dispostas em lixões ou aterros controlados (IBGE, 2010), ou seja, sem condições sanitárias ideais.

Além disso, os aterros de resíduos são uma fonte importante de gases de efeito estufa, produzindo cerca de 20% da emissão de metano de origem antropogênica, e tem crescido significativamente. (CZEPIEL et al., 2003), e sua emissão pode continuar por 40 anos após o encerramento do aterro (QIN; EGOLFOPOULOS; TSOTSIS, 2001).

Dessa maneira, por m lado existe a necessidade de reduzir a geração de lixo, por outro a preocupação em adotar quadros que incentivam a diminuição de gases do efeito estufa que são decorrentes da quantidade de lixo e da má deposição do mesmo.

Nesse propósito foi construído o acordo internacional conhecido como protocolo de Kyoto, em que os países industrializados têm como compromisso reduzir a emissão desses gases, sendo que programas sejam adotados para que consiga se fazer tal redução Um dos instrumentos estabelecidos pelo protocolo é o chamado Mecanismo de Desenvolvimento limpo, pelo qual os países podem cumprir seus compromissos de diminuição de emissão investindo em tais projetos. (GODOY, 2013). Uma das apostas é eu esse mecanismo é capaz de levar novas tecnologias a países emergentes, contribuindo para a redução das emissões e portanto para o cumprimento das metas traçadas no protocolo.

Os aterros sanitários são alvos objeto de vários projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). A fim de se estimar previamente a quantidade de reduções de emissões que um determinado projeto proporcionará, é utilizada a metodologia consolidada conhecida como ACM0001, específica para projetos de gerenciamento de resíduos com queima de gás, com ou sem conversão de energia. Esta metodologia foi consolidada inicialmente em 2004, e com o tempo foi evoluindo. Atualmente está na versão 15 (Pedott e Aguiar, 2014).

Estudos realizados tem demonstrado as dificuldades em prever as emissões e reduções em projetos de aterros sanitários. Vários pesquisadores apontam problemas em considerar situações reais, ou seja, que os modelos não são aproximações factíveis da realidade. Entre eles estão Ensinas, 2003; Machado et al., 2009; Silva, 2010 e Maciel e Jucá, 2011.

No mesmo sentido, Godoy (2013) mostrou que muitos desses projetos não atingem os objetivos planejados, obtendo menos créditos do que o previsto, e que entre os que tem menor taxa de sucesso estão os projetos associados ao gerenciamento de resíduos e Pedott e Aguiar (2014) analisaram também a diferença entre as reduções de emissões previstas e as reais em dois aterros no município de São Paulo.

Pedott e Aguiar (2014) destacam, entre as possíveis causas do insucesso, a inadequação da metodologia de estimativa, falhas na cobertura do aterro e outras falhas operacionais, composição dos resíduos diferente do previsto, e fatores ambientais. Por meio de simulação, mostraram que a metodologia ACM0001 em sua revisão 13 daria melhores resultados de previsão das emissões reais que a revisão 2 originalmente utilizada, no entanto a diferença ainda resultou significativa.

Pergunta-se, então, que fatores estão contribuindo na prática para que os projetos de MDL de aterros falhem em atingir as metas de reduções planejadas.

OBJETIVOS

O objetivo geral é analisar os resultados de créditos de carbono obtidos em projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo no Brasil, buscando identificar potenciais causas do insucesso na obtenção de créditos de carbono.

Os objetivos específicos são:

- Descrever estatisticamente as características de aterros e projetos de MDL relacionados no Brasil;
- Buscar correlações entre características dos aterros e o sucesso ou insucesso na obtenção dos créditos;
- Descrever a visão de pessoas que trabalham nos projetos quanto as potenciais causas de sucesso e de insucesso dos projetos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica aborda três temas: a contextualização dos resíduos sólidos e os aterros sanitários; o mecanismo de desenvolvimento limpo e a oportunidade que representa para os aterros sanitários; e por fim uma pesquisa bibliográfica mais extensa em publicações abordando aterros sanitários e projetos de MDL a fim de identificar publicações que abordem uma avaliação dos resultados obtidos.

A QUESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E OS ATERROS SANITÁRIOS

Gerar resíduos sólidos urbanos em grande escala é uma realidade crescente na sociedade, o grande aumento populacional e o planejamento inadequado das cidades faz com que estes resíduos sejam descartados de forma imprópria, em locais que facilitam a proliferação de doenças e afetam o meio ambiente. A ABRELPE estima que sejam geradas no Brasil 209.280 toneladas diárias de resíduos sólidos urbanos (2013). Na cidade de São Paulo foram coletados, em média, 20,1 mil toneladas diárias de resíduos sólidos no ano de 2012 (COMITÊ INTERSECRETARIAL, s.d.)

A preocupação com aspectos ambientais e de saúde pública do manejo de resíduos sólidos urbanos não é exatamente nova. Na cidade de São Paulo, já em princípios do século XX o uso de resíduos *in natura* por chacareiros e a deposição nas margens dos rios já eram apontadas como problemas. Os problemas se agravaram entre as décadas de 1940 e 70 pelo rápido crescimento da cidade (OGATA, 1983).

Num primeiro momento, os resíduos sólidos eram depositados em lixões a céu aberto, locais em que não havia preparação nenhuma no solo e tratamento de efluentes, forma imprópria de descarte do lixo. Progressivamente, ao longo da história, os aterros sanitários, que são projetos de engenharia desenhados especificamente para receber resíduos com segurança, foram ganhando espaço. (PHILIPPI JR; AGUIAR, 2005). Ainda hoje é muito frequente no Brasil que os resíduos sejam depositados em lixões ou "aterros controlados" (aterros com apenas parte da segurança requerida, particularmente a cobertura para evitar proliferação de vetores e odores). Investimentos são necessários, portanto, para melhorar a forma de disposição dos resíduos. Segundo o IBGE, apenas 1450 municípios do total de 5564 pesquisados dispunham seus resíduos em aterro sanitário em 2008 (IBGE, 2010).

Os aterros sanitários produzem um biogás que tem como principal componente o metano, e que tem potencial para ser utilizado como fonte de energia. Porém, muitas vezes o custo da rede de transmissão não compensa devido a distância dos centros urbanos. No caso de pequenos aterros, quando tem geração própria, o consumo fica limitado ao próprio aterro. (Pedott; Aguiar, 2014). O principal componente deste biogás é o metano, que tem um potencial de aquecimento global para um horizonte de 100 anos 21 vezes maior que o CO₂ (IPCC, 2007). O volume e a carga de emissão de metano num aterro são funções da quantidade total de matéria orgânica disposta, de seu conteúdo de umidade, das técnicas de compactação, da temperatura, do tipo de resíduo e do tamanho das partículas. Embora as taxas de emissão de metano decresçam após o encerramento do aterro, isto é, à medida que a fração orgânica decresce, um aterro continuará, tipicamente, a emitir metano durante 20 anos ou mais após seu encerramento (EPA, 1996).

Para viabilizar a evolução das destinações inadequadas para os aterros sanitários seguros, são necessários recursos adicionais, que podem vir de projetos de MDL, no contexto descrito a seguir..

O MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO E OS ATERROS

Uma das questões importantes relacionada aos resíduos é a emissão de gases de efeito estufa. Uma das mobilizações mundiais com maior número de países adeptos foi o Protocolo de Kyoto. De acordo com este documento, os países industrializados, que fazem parte do "Anexo I", formados principalmente pela Federação Russa e países da Europa Central e Oriental, são responsáveis por cumprir medidas para controlar a quantidade de emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. O restante dos países compõem o "não-Anexo I" e são considerados em desenvolvimento, responsáveis por implantar programas de melhorias climáticas com o investimento dos países industrializados. (Godoy; Pamplona, 2007)

Estas nações se comprometem em reduzir os danos ao meio ambiente antes que a situação não possa mais ser sustentada, afetando os seres humanos da maneira mais drástica. A fim de viabilizar o cumprimento das metas, o Protocolo de Kyoto estabeleceu alguns mecanismos de flexibilização, entre eles o MDL. O MDL pode ser visto como uma "parceria" entre países desenvolvidos com os em desenvolvimento. Assim os países mais ricos investem em programas para redução da emissão de gases do efeito estufa em países subdesenvolvido "não anexo I".

As reduções destes gases podem ser comercializadas como “créditos de carbono” em que países compram estes créditos e assim cumprem a meta estabelecida pelo Protocolo de Kyoto. Para implantação de projetos em países em desenvolvimento existem protocolos e normas a serem seguidas. Os projetos, conhecidos como *Project Design Document* (PDD) devem ser validados nacionalmente por instituições independentes e pelo órgão governamental responsável, indicando as previsões de onde implantar, como captar e quanto será captado de gases de efeito estufa. Periodicamente os projetos são auditados a fim de se verificar os resultados e autorizar a emissão dos créditos (Pedott; Aguiar, 2014).

Por provocarem a emissão de metano, aterros sanitários tem sido objeto de projetos de MDL em diversos países inclusive no Brasil. Nesses projetos é feita uma estimativa da quantidade de biogás que os aterros sanitários produzem e das reduções que serão feitas, gerando então os créditos de carbono, que são certificados e comercializados. De acordo com UNFCCC (2015), mais de 10% dos projetos de MDL registrados são relativos ao manejo de resíduos.

Os últimos dados apresentados no inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas, tem como objetivo relacionar o aumento da emissão dos gases de efeito estufa estimou que entre os anos de 1990 a 2005 o índice de emissão e remoções de metano apresentou um aumento de 45% em relação ao ano de 1990.

Porem os estudos realizados até então no Brasil, e em alguns países em desenvolvimento devido à falta de padronização da terminologia estatística nas práticas de gestão de resíduos, apresentam informações com algumas discrepâncias entre o real e o teórico, restringindo o uso dos mesmos em estudos que tenham como objetivo relacionar e comparar um determinado índice a outro.

OS RESULTADOS ATINGIDOS ATÉ AQUI NOS PROJETOS MDL EM ATERROS SANITÁRIOS

No Brasil, de acordo com dados de 2012 existem 28 projetos de MDL em aterros sanitários registrados na ONU. Para que eles fossem implantados houve a necessidade da escolha do tipo de coleta dos gases que seria feita, qual metodologia utilizar, a grama para cobertura do material, o tipo de captação, se geraria ou não energia com os gases coletados. Todas estas variáveis interferem no sucesso do projeto (Pedott; Aguiar, 2014). Se este conseguiu ou não atingir as expectativas esperadas.

Um dos empecilhos relacionados ao sucesso do projeto é a necessidade de alteração da metodologia quando se busca apenas sua renovação, por ter alto nível e exigência de comprovação de informações (Godoy, 2013). Além disso, o alto custo para implantação da tecnologia adequada e os custos relacionados a documentações e registros inviabiliza a implantação do projeto.

Projetos que geram energia também encontram muitas dificuldades, pois na maioria dos casos os aterros estão longe dos centros urbanos impedindo a transmissão desta energia para o núcleo de distribuição de carga devido ao alto custo de instalação. (Pedott; Aguiar, 2014)

Assim, as discrepâncias entre os resultados reais e os previstos podem desencadear perdas financeiras relacionadas a não geração de créditos previstos.

Qual o real motivo de aterros sanitários, com planejamento para implantação do projeto MDL, não obter resultados esperados? A captação destes gases acontece da maneira correta, existem profissionais qualificados, a metodologia não é adequada ao ambiente, gerar energia com a captação não é uma boa escolha?

Com o objetivo de identificar artigos já escritos sobre projetos de MDL, em particular os que abordem as dificuldades em atingir as reduções previstas, foi realizada uma pesquisa para identificar artigos escritos sobre projetos de MDL utilizando das bases de dados Scopus e o Google Acadêmico como meio de pesquisa onde foi possível identificar se nos últimos anos foram divulgadas pesquisas que se aprofundam no estudo de resultados da implantação de projetos de MDL em aterros sanitários.

Foram utilizadas as seguintes palavras-chave e suas combinações: Aterros Sanitários, Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, Créditos de Carbono e seus equivalentes em língua inglesa.

Assim, após reunir um grande número de projetos que se caracterizam como relacionados a Mecanismos de Desenvolvimento Limpo e aterros sanitários, foi realizada uma seleção dos que foram divulgados recentemente e dos mais comentados pelos leitores.

A abordagem pouco profunda do assunto em alguns dos artigos foram interessante para que se obtenha informações que agregam ao projeto, porém esta análise está em segundo plano, já que foi preciso, primeiramente, de dados referentes à efeitos das implantações de projetos de MDL em aterros sanitários.

Já artigos que somente citam MDL, ou tratam de cálculos de previsão, análise teórica, propõem indicadores, não são interessantes no momento, pois não analisam resultados reais coletados após implantação em aterros sanitários e também não mencionam créditos de carbono dentre eles os artigos : “Techno econômico e avaliação de impacto ambiental de recuperação de energia a partir de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil de 2014 , Inovação e avaliação de indicadores de serviço público 2013, Uso local dos recursos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo projetos em aterros sanitários na cidade de São Paulo , Viabilidade econômica da recuperação de biogás no âmbito do mecanismo de MDL, O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Setor de Gestão de Resíduos Sólidos: Sustentável para quem? “

Os considerados relevantes destacaram-se por analisar teoricamente o tratamento de resíduos na África, por exemplo, ou por usar uma metodologia diferente da ONU concluindo que a composição dos resíduos é essencial para uma boa estimativa e que os valores “padrões” do lixo bruto tendem a superestimar as emissões, ou como consequência na situação real haverá menos créditos do que o previsto, e até uma descrição de geração de créditos de carbono. Dessa forma, notou-se que há um grupo com 23 projetos selecionados pelo site Scopus e 5 encontrados no Google Acadêmico.

Dos 23 artigos pesquisados e analisados no Scopus somente 4 apresentam informações que podem ser consideradas importantes, com a análise de resultados, e estes projetos devem ser analisados profundamente para colhermos melhores informações. Os outros 19 dividem-se da seguinte maneira: 2 deles analisam a compostagem de materiais; 5 tem assuntos totalmente divergentes dos estudados; Outros 5 abordam de modo geral a avaliação do MDL, gases de efeito estufa, metodologias de pesquisas e processos de gestão; Já os 7 últimos, abordam Mecanismos de Desenvolvimento limpo, porém de modo superficial e repetitivo, faltando informações importantes sobre o assunto. O Quadro 1 mostra os temas dos artigos trabalhados e suas respectivas referências.

Quadro 1: Classificação de Artigos identificados na base Scopus.

TEMA	REFERÊNCIAS
Compostagem de materiais	COUTH, R., TROIS, C (2012a) LIU et al (2013)
Assuntos fora do contexto	PENTEADO et al (2012) MEERA; AGAMUTHU (2012) MUDHOO et al (2013) LEE et al (2013)
Avaliação geral do MDL e descrição de potenciais benefícios	EL-FADEL; ABI-ESBER; SALHAB (2012) FRIEDRICH; TROIS (2013) MARTINEZ; BOWEN (2012) ABI-ESBER; EL-FADEL (2012) ZHENG, L. <i>et al</i> (2013)
Pesquisa teórica	COUTH; TROIS (2012b) LEME <i>et al</i> (2014). REDDY (2014) JANKE et al (2013) CORBERA; JOVER (2012) VAN BRUNT; KANTOR; JOHNSON (2012)
Análise de resultados	CRUZ, S.; PAULINO, S. (2013)

Já os 14 artigos pesquisados e analisados no Google Acadêmico apenas um artigo abordou as causas do insucesso em atingir os resultados previstos, que foi o trabalho de CRUZ e PAULINO(2010). Outros 9 trabalhos fazem uma pesquisa teórica ou de análise de viabilidade de um projeto sem resultados de implantação, não analisando possíveis causas de insucesso em projetos implantados em aterros para redução da emissão dos gases de efeito estufa. Outros quatro acabaram por não trazer nenhuma informação de interesse.

Quadro 2

Tabela 2: Classificação de Artigos – Google Acadêmico.

TEMA	REFERÊNCIAS
Pesquisa teórica ou estudos de viabilidade	PAVAN; PARENTE (2006) BARBOSA et al (2001) SIQUEIRA; APRILE (2013) RODRIGUES, A. C.; MARTINS, G. (2008) MARCHEZI, R. S. M. (2009) RIZZI (2011) OLIVEIRA; SILVA; SOUZA (2006) MOTTA et al, (2000)
Análise de resultados	CRUZ; PAULINO (2010)

Além desses resultados, dois artigos conhecidos de pesquisas anteriores foram utilizados:

PEDOTT e AGUIAR (2014) discutiram os resultados dos dois aterros sanitários da cidade de São Paulo que tem projetos MDL e apontaram que entre as causas pode estar a inadequação do modelo de previsão da ACM 001, além de pontarem outras potenciais causas como variação da composição dos resíduos, regime pluviométrico e questões de operação e manutenção do aterro.

GODOY (2013) mostrou que diversos tipos de projetos MDL não estão atingindo as reduções propostas, e os projetos de aterros estão entre os que atingem os resultados mais frustrantes.

Portanto, pode-se obter alguns resultados positivos, porém alguns dos artigos encontrados não estão relacionados à análise de resultados em aterros sanitários, tendo uma visão superficial do assunto, conceituação ou abordagem de aspectos que não se enquadram na nossa pesquisa.

O que se percebe é que pouco tem sido publicado sobre análise de resultados de reduções de emissões de gases de efeito estufa em aterros sanitários, seja no Brasil ou no mundo. Não há muitas pesquisas que esclarecem por que aterros conseguem resultados positivos ou negativos, isso nos faz perceber que existe uma lacuna no estudo dos fatores de sucesso e das causas de fracasso nesses projetos, havendo, portanto uma demanda de pesquisas no tema.

Esse tipo de abordagem possivelmente levará a pesquisas mais aprofundadas, superando a superficialidade dos trabalhos publicados até o momento voltado a projetos de MDL com total demonstração de resultados reais é escassa, precisando então entender quais os motivos para o não aprofundamento das informações desses projetos.

MÉTODOS E TÉCNICAS

Esta seção descreve os métodos de coleta e análise dos dados.

Numa primeira etapa, foram utilizados dados secundários da base de dados da UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) que inclui informações sobre cada projeto de MDL registrado o período e datas do pedido de créditos de carbono e documentos públicos tais como os documentos de concepção dos projetos e relatórios de monitoramento.

No momento em que foram consolidados os dados (2013), havia 28 projetos registrados na base de dados que representavam projetos em aterros sanitários com queima e/ou conversão de energia.

A Organização das Nações Unidas valida e controla os projetos que buscam reduzir a emissão de gases do efeito estufa. O site UNFCC - United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenção -Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas) disponibiliza informações de todos os projetos cadastrados em todo o mundo.

São informações detalhadas desde a ideia até a implantação, com controle periódico da quantidade de redução dos gases de efeito estufa. Os interessados têm de se registrar e comprovar que o local pretendido para implantação é adequado ou poderá adequar-se para que as previsões de redução sejam alcançadas.

Há uma grande quantidade de projetos implantados em aterros sanitários, já que estes têm potencial de emissão de gases poluentes. No Brasil estavam registrados 28 projetos até o ano de 2012. No site da UNFCC são disponibilizadas informações sobre implantação do projeto, previsão de redução, metodologia utilizada, países investidores, e dados colhidos periodicamente dos valores realmente capitados nos aterros, incluindo os Project Design Documents e relatórios de monitoramento.

Foram identificados os projetos brasileiros em uma planilhas com as seguintes informações:

- Nome do projeto;
- Metodologia utilizada;
- Previsão de reduções ao mês, ou seja os valores pretendidos mensalmente de acordo com previsões e cálculos anteriores, dado que nem sempre se concretiza, pois existem muitas variáveis que interferem nos resultados;
- O período em que o projeto está “licenciado para funcionar”, com data de início e fim;
- A previsão anual de créditos a serem recolhidos – pois mesmo que as metas mensais possam não ser alcançadas, anualmente o resultados pode ser positivo;
- Os períodos de medição da redução dos gases – estes períodos não seguem uma regra, podem variar , como por exemplo: alguns de 6 meses e outros de 9 meses;
- Créditos – o valor realmente registrado em cada período; e
- Status – se os créditos obtidos foram aceitos (ISSUED), se estão em análise pela UNFCCC ou se foram negados.

A partir destes dados gerais que foram retirados do próprio site, foram calculados a porcentagem de aproveitamento em cada recolhimento de créditos. Os dados coletados na base de dados foram organizados em uma planilha em Microsoft Excel ® e foram calculadas as taxas de sucesso, de acordo com a fórmula:

$$S = \frac{12 \frac{\sum_{i=1}^n Coi}{n}}{Cp}$$

onde:

S é a taxa de sucesso de cada aterro específico;

Coi são os créditos obtidos ao longo de n meses, conforme os períodos de solicitação de créditos do aterro

Cp são os créditos previstos em bases anuais, de acordo com a documentação de cada PDD

Para efeito de análise, os dados foram organizados em planilhas Excel visando:

- Descrever as estatísticas dos projetos e buscar evidência estatística de eventuais correlações entre a taxa de sucesso dos aterros e suas características básicas: versão da metodologia ACM0001 utilizada, tipo de projeto (se apenas queima de gás ou se adicionalmente tem geração de energia) e data da aprovação do projeto;
- Descrever a visão dos respondentes dos questionários, calculando-se as distribuições de frequência das respostas, de modo a identificar os principais fatores potencialmente que contribuem para o sucesso ou insucesso do projeto.

Assim a planilha está completa com a quantidade de meses presentes em cada período e a porcentagem de “aproveitamento” de acordo com a previsão mensal do projeto.

Posteriormente a tabela foi reduzida para que houvesse uma visualização de cada projeto de uma maneira geral, se ele foi ou não bem sucedido de acordo com as previsões; portanto calculou-se a média de aproveitamento em porcentagem de cada projeto analisado.

Para estudo das potenciais correlações entre os resultados e fatores como a versão da metodologia ACM 001 utilizada, os tipos e portes dos projetos, foram utilizados testes de correlação (Costa Neto, 1988) ao nível de significância de 5%.

RESULTADO GERAL

A figura 1 mostra uma distribuição dos projetos em termos de seu porte. Verifica-se que a maior parte dos projetos trabalha com reduções de até 200.000 ton/ano.

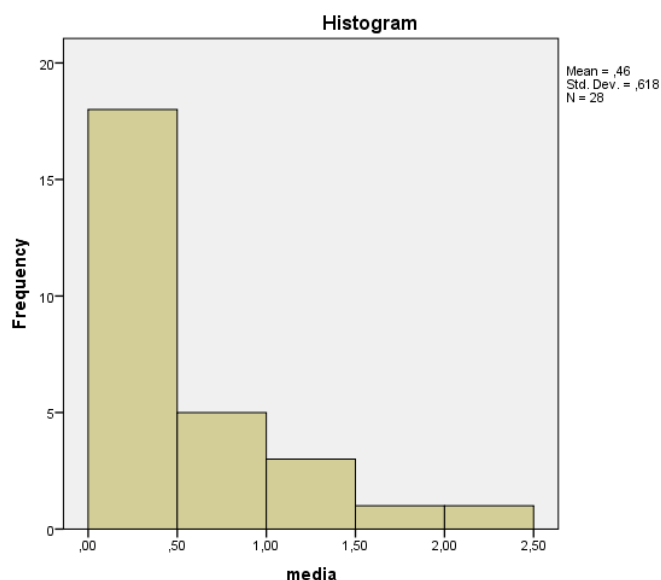


Figura 1: Distribuição de Projetos por Porte.

Dos quatro projetos que superaram a meta, dois deles foram submetidos utilizando-se a metodologia ACM 001 versão 11, um na versão 5 e um na versão 6. Três deles são projetos envolvendo apenas a queima do biogás e um deles envolve queima e geração de energia.

Nota-se também que os projetos mais recentes, baseados nas versões 11 e 12 da metodologia ACM 001, tem uma proporção maior de projetos com geração de energia.

A Tabela 3 mostra a lista de resultados dos projetos MDL de aterros no Brasil no período estudado. Nota-se que a distribuição não é normal, confirmada tanto visualmente quanto pelo teste de normalidade, portanto os testes de correlação realizados foram os testes não-paramétricos baseados na estatística de Spearman.

Tabela 3: Resultados dos Projetos de MDL em Aterros no Brasil.

TÍTULO	VERSÃO ACM 000.	TIPO	DATA DE INÍCIO	MESES/ REAL	MÉDIA DE SUCESSO (%) CRÉDITOS OBTIDOS
CTL Landfill Gas Project	11	Queima e Geração de Energia	01/07/2012	3	61,8%
Manaus Landfill Gas Project	11	Queima e Geração de Energia	08/07/2011	17	32,1%
CGR Guatapara Landfill Project	11	Queima e Geração de Energia	18/07/2012	0	0,0%
ESTRE Itapevi Landfill Gas Project (EILGP)	4	Queima	17/08/2007	63	75,1%
São João Landfill Gas to Energy Project (SJ)	2	Queima e Geração de Energia	30/06/2006	62,5	65,9%
Natal Landfill Gas to Energy Project	12	Queima e Geração de Energia	01/12/2012	0	0,0%
Alto-Tietê landfill gas capture project	5	Queima	01/03/2008	21	41,3%
Projeto de Gás de Aterro TECIPAR - PROGAT	12	Queima e Geração de Energia	01/01/2013	0	0,0%
Canabrava Landfill Gas Project	4	Queima	08/04/2007	9	6,1%
SANTECH - Saneamento & Tecnologia Ambiental Ltda. - SANTEC Resíduos landfill gas emission reduction Project Activity	6	Queima	19/02/2009	0	0,0%
Central de Resíduos do Recreio Landfill Gas Project (CRRLLGP)	3	Queima	01/01/2007	60	179,0%
PROBIOGAS-JP - João Pessoa Landfill Gas	6	Queima	30/01/2008	24,5	7,8%
Aurá Landfill Gas Project	4	Queima	30/04/2007	91	69,5%
CTRVV Landfill emission reduction project	5	Queima	28/05/2008	6	6,1%
Embraliwo/Araúna - Bragança Landfill Gas	6	Queima	01/01/2008	10	12,0%
Exploitation of the biogas from Controlled Landfill in Solid Waste Management Central - CTRIS /	11	Queima e Geração de Energia	04/06/2011	3	243,6%
Terrestre Ambiental Landfill Gás Project	6	Queima	06/05/2008	15	115,6%
CTR Candeias Landfill Gas Project	11	Queima e Geração de Energia	29/09/2011	0	0,0%
URBAM/ARAÚNA - Landfill Gas Project (UALGP)	5	Queima	21/10/2008	12,5	58,7%
Anaconda Landfill Gas Project	3	Queima	15/01/2007	28,5	18,4%
Itaoca Landfill Gas Project	11	Queima	11/08/2011	0	0,0%
Quitaúna Landfill Gas Project (QLGP)	4	Queima	27/05/2007	0	0,0%
Caieiras landfill gas emission reduction	2	Queima	31/03/2006	0	0,0%
Uberlândia landfills I and II	12	Queima e Geração de Energia	04/09/2012	0	0,0%
ESTRE Pedreira Landfill Gás Project (EPLGP)	6	Queima	12/02/2008	34	104,5%
Bandeirantes Landfill Gas to Energy Project (BLFGE)	2	Queima e Geração de Energia	23/12/2010	44	45,0%
Proactiva Tijuquinhas Landfill Gas Capture and Flaring project	5	Queima	29/10/2008	53,5	133,8%
Feira de Santana Landfill Gas Project	6	Queima e Geração de Energia	12/07/2008	0	0,0%

A INFLUÊNCIA DA ATUALIZAÇÃO DA VERSÃO UTILIZADA DA METODOLOGIA ACM 001

Nesta seção é discutida a potencial influência da versão da metodologia ACM 001 utilizada nos projetos MDL.

A Figura 2 mostra a distribuição das versões nos projetos, e a Figura 3 mostra a eficiência média de cada versão.

Foi realizado o teste de correlação de Spearman, tendo como hipótese nula a inexistência de correlação entre o grau de sucesso dos projetos na obtenção de créditos de carbono e a versão de atualização da metodologia ACM. Não houve evidência estatística suficiente para rejeitar a hipótese.

A fim de tentar excluir o efeito de projetos recentes que ainda não receberam créditos por não ter tido a oportunidade de fechar um ciclo de verificação, o teste foi repetido retirando-se os projetos com "zero" créditos obtidos. Ainda assim, não há uma evidência estatística de diferenças entre as metodologias.

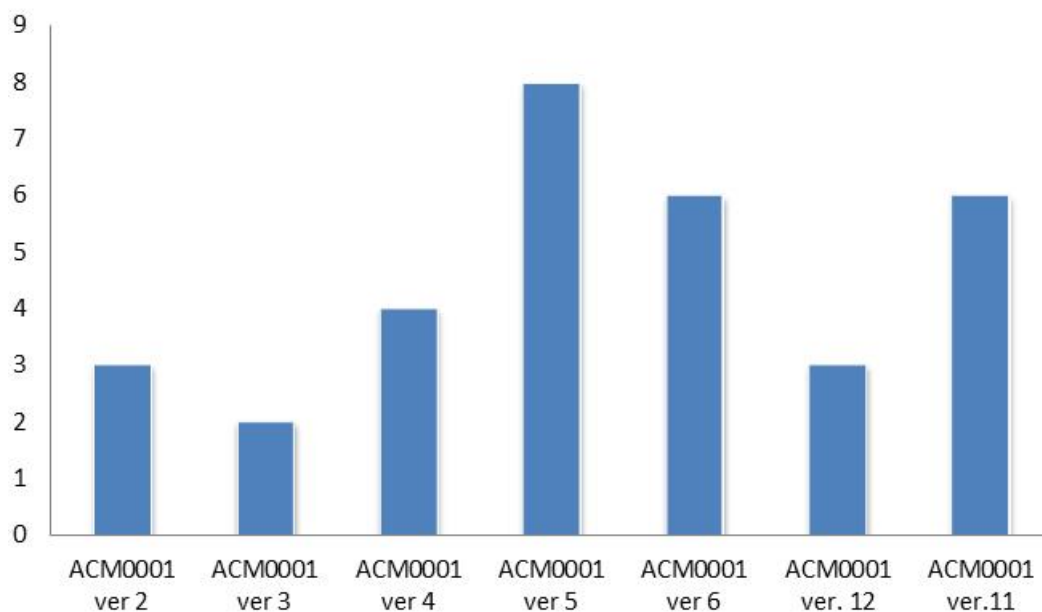


Figura 2: Distribuição de Projetos por Metodologia.

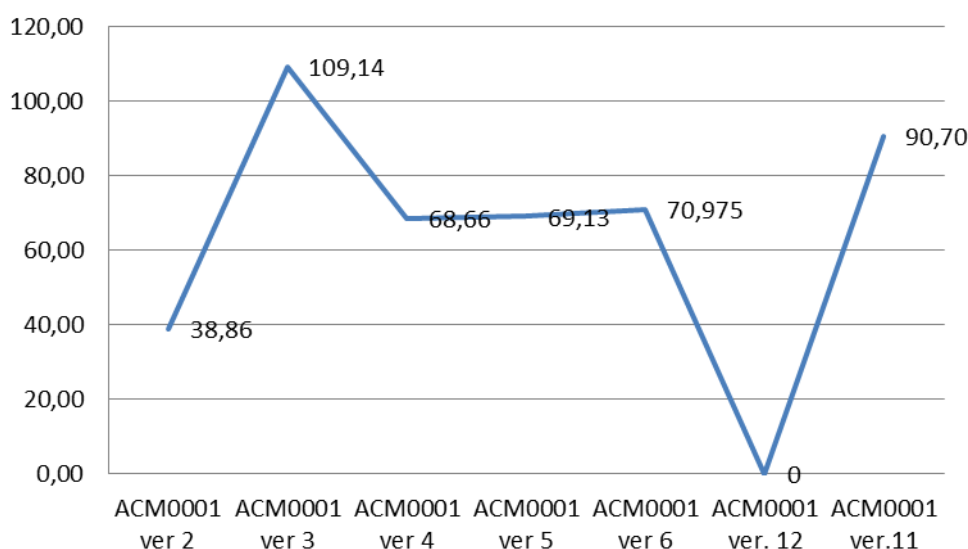


Figura 3: Eficiência Média de Cada Versão.

INFLUÊNCIA DO PORTE E TIPO DO PROJETO

Foram testadas também as potenciais correlações entre o porte do projeto em termos de reduções anuais de carbono previstas e o grau de sucesso. A hipótese nula desse teste foi a inexistência de correlação, e não houve evidência estatística para rejeitá-la.

A influência do porte do projeto foi feita testando-se a correlação entre as reduções anuais previstas em projeto com a média real de reduções, e a correlação não resultou significativa.

Também o tipo do projeto, se queima simples ou queima com geração de energia também não resultou em correlação positiva.

DISCUSSÃO

Uma visão geral dos resultados confirma o que Cruz e Paulino (2013) notaram que os projetos nos aterros Bandeirantes e Sítio São João em São Paulo estavam gerando menos que a metade dos créditos previstos, e cogitaram que o motivo residia no fato de que os aterros no Brasil não são normalmente projetados para otimizar a recuperação do gás, no entanto não apresentam fontes para essa afirmativa. Conforme mostram Pedott e Aguiar (2014), outros motivos poderiam influenciar os resultados. De qualquer modo, o resultado do presente trabalho confirma que há uma grande dificuldade em atingir os resultados previstos.

Dentre os motivos levantados por Pedott e Aguiar, não há evidência em nosso estudo para mostrar que efetivamente tenha havido uma melhoria nos resultados da metodologia ACM 001 em função de suas sucessivas revisões. No entanto, em parte isso pode ser resultado de que diversos projetos recentes ainda não haviam solicitado créditos de carbono no período do estudo. Isso demandaria aguardar mais um tempo para a coleta de novos dados.

Por outro lado, isso pode também reforçar as hipóteses de Pedott e Aguiar (2014) sobre a importância de aspectos operacionais dos aterros, e a necessidade de se adaptar a metodologia de estimativa a condições reais de aterros existentes.

PRÓXIMOS PASSOS

Em uma segunda etapa, profissionais envolvidos na operação dos aterros serão convidados a responder a um questionário sobre questões operacionais vivenciadas nos aterros, utilizando-se um conjunto de assertivas com escala do tipo Likert de 1 a 5, tais como as que seguem:

- O processo para solicitar créditos de carbono é muito caro.
- Não temos pessoal qualificado para providenciar a solicitação dos créditos de carbono.
- Não temos informações suficientes para solicitar créditos de carbono.
- Faltou planejamento para conseguirmos os créditos de carbono.
- Não temos experiência com a solicitação de créditos de carbono.
- Não implantamos o projeto aprovado porque era muito caro.
- Não implantamos o projeto aprovado porque não sabemos colocá-lo em prática.
- Perdemos gás porque a grama provoca rachaduras.
- Perdemos gás porque o solo de cobertura é mais arenoso que o previsto.
- Os resíduos aterrados são diferentes do que o previsto.
- Monitoramos frequentemente a composição gravimétrica.
- Normalmente chove mais do que o previsto no projeto.
- A equipe de manutenção consegue resolver vazamentos rapidamente.
- O medidor de vazão ou volume do gás funciona adequadamente.
- A quantidade de resíduos aterrados é maior do que a prevista.
- A temperatura ambiente geralmente é mais baixa do que a prevista no projeto.
- As empresas envolvidas na operação do aterro colaboram com a eficiência da captura do gás.
- A prefeitura ou órgão municipal envolvido colabora com o projeto em geral.
- A tecnologia do sistema de captação do gás é adequada para o aterro.
- Temos frequentes problemas devido ao fato de que o aterro originalmente não foi feito para captura de gás.
- Temos medidores de vazão ou volume de gás suficientes.

CONCLUSÕES

Esperava-se com esse trabalho identificar potenciais causas do insucesso de projetos de MDL visando a recuperação de créditos de carbono por queima e/ou recuperação de energia de gás de aterros e a metodologia influencia a taxa de sucesso dos projetos, já que cada revisão de metodologia inclui ou substitui variáveis presentes nos cálculos de quantidade de redução dos gases de efeito estufa.

No caso da correlação positiva da taxa de sucesso com as versões mais novas da metodologia ACM0001, não se obteve a esperada correlação.

Espera-se que haja uma diferença significativa entre as taxas de sucesso entre o tipo do projeto, e entre projetos com datas de aprovação mais antigas e mais novas.

Quanto a descrição das principais causas, dentre as causas potenciais apontadas por Pedott e Aguiar (2014), espera-se que as questões associadas a composição dos resíduos, a cobertura do aterro (grama e tipo de solo) e a manutenção da estrutura estejam entre as mais importantes.

Os resultados esperados contribuirão para avaliar a eficácia do MDL em aterros sanitários. Espera-se também que do trabalho surjam recomendações para que sejam ajustados os projetos de queima de gás e de geração de energia, aproximando as previsões da realidade operacional e de modo a contribuir para melhoria nas ações gerenciais na operação de aterros, no qual os aperfeiçoamentos dos métodos de estudo favoreçam o aproveitamento do gás, além de demonstrar como funciona o pedido de crédito de carbono, sua validação, e qual metodologia atualmente traz resultados mais positivos, no sentido de fazer com que o previsto de coleta alcance um número muito próximo ao real apresentado em cada projeto de MDL.

Nota-se que após análise de pesquisa bibliográfica, constatou-se que são poucos os artigos que esclarecem quais são as influências para um projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) em aterros sanitários ser bem sucedido.

Foram relacionadas as metodologias utilizadas por cada aterro em seus projetos de MDL e isso mostrou a influência no sucesso ou insucesso dos projetos. Alguns a mesma metodologia garantia sucesso de projeto, porém ao mesmo tempo em outro projeto não atingia o esperado, com isso os fatores do insucesso de projetos vai além das metodologias, pois elas podem ser uma variável determinante ou não.

Essa questão se fez clara, no levantamento estatístico realizado para observar quais aterros conseguiram atingir o esperado de sucesso entre os projetos vinculados ao MDL.

Entretanto, é de fundamental importância perceber que os insucessos dos projetos podem ser por fatores tais como, poucos investimentos adequados de tecnologia que mensuram os objetivos de cada projeto de MDL, falta de mão de obra qualificada, investimento no setor, entre outros obstáculos de dificuldade à atingir resultados positivos.

Dessa forma, das pesquisas bibliográficas feitas para descrever esse artigo, muitas delas descrevem parte de fundamentação de como um projeto de MDL funciona, o porquê da sua existência, no que ele influenciará.

Se faz necessário, maiores artigos relacionados a análise de resultados de implantação de projetos em aterros sobre MDL, já que isso permitiria relacionar os motivos dos insucessos obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABI-ESBER, L.; EL-FADEL, M. Economic viability of LFG recovery under the CDM mechanism. **Waste Management and the Environment** VI, v. 163, p. 83, 2012.
2. ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. São Paulo: ABRELPE, 2013.
3. BARBOSA, R. M. *et al.* Características do lixão de canabrava, em Salvador-BA, e seus impactos ambientais. In: **Saneamento ambiental: desafio para o século 21**. ABES, 2001. p. 1-11.
4. COMITÊ INTERSECRETARIAL PARA A POLÍTICA MUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. Plano De Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo s.l. s.d. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf>. Acesso em 04 Mai 2015.
5. CORBERA, E.; JOVER, N. The undelivered promises of the Clean Development Mechanism: insights from three projects in Mexico. **Carbon Management**, v. 3, n. 1, p. 39-54, 2012.
6. COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.

7. COUTH, R.; TROIS, C. Cost effective waste management through composting in Africa. **Waste management**, v. 32, n. 12, p. 2518-2525, 2012a.
8. COUTH, R.; TROIS, C. Sustainable waste management in Africa through CDM projects. **Waste management**, v. 32, n. 11, p. 2115-2125, 2012b.
9. CRUZ, S. S.; PAULINO, S. R. Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) em aterros sanitários e a gestão de resíduos sólidos na cidade de São Paulo. **V Encontro Nacional da ANPPAS**, v. 4, 2010.
10. CRUZ, S. S.; PAULINO, S. R. Local use of resources from clean development mechanism projects in landfill sites in the city of São Paulo. **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 1, p. 117-140, 2013.
11. CRUZ, S. S.; PAULINO, S.R. Public Service Innovation and Evaluation Indicators. **Journal of technology management & innovation**, v. 8, p. 26-26, 2013.
12. EL-FADEL, M.; ABI-ESBER, L.; SALHAB, S. Emission assessment at the Burj Hammoud inactive municipal landfill: Viability of landfill gas recovery under the clean development mechanism. **Waste management**, v. 32, n. 11, p. 2106-2114, 2012.
13. FRIEDRICH, E.; TROIS, C. GHG emission factors developed for the collection, transport and landfilling of municipal waste in South African municipalities. **Waste management**, v. 33, n. 4, p. 1013-1026, 2013.
14. GODOY, S. G. M. Projects to reduce greenhouse gas emissions: performance and transaction costs. **Revista de Administração**, v. 48, n. 2, p. 310-326, 2013.
15. GODOY, S. G. M.; PAMPLONA, J. B. O protocolo de Kyoto e os países em desenvolvimento. Pesquisa & Debate. **Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política**. ISSN 1806-9029, v. 18, n. 2 (32), 2007.
16. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
17. IPAM. INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA. **Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**. Disponível em: <http://www.ipam.org.br/biblioteca/livro/Inventario-Brasileiro-das-Emissoes-e-Remocoes-Antropicas-de-Gases-de-Efeito-Estufa/255>. Acesso em: 01 Mai 2015.
18. IPCC. INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Fourth Assessment Report: Climate Change 2007**. Disponível em: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html. Acesso em: 13 Abr 2015.
19. JANKE, L. *et al.* Development and application of a methodology for a clean development mechanism to avoid methane emissions in closed landfills. **Environmental technology**, v. 34, n. 18, p. 2607-2616, 2013.
20. KING, M. F.; GUTBERLET, J.. Contribution of cooperative sector recycling to greenhouse gas emissions reduction: A case study of Ribeirão Pires, Brazil. **Waste management**, v. 33, n. 12, p. 2771-2780, 2013.
21. LEE, C. M. *et al.* A ton is not always a ton: A road-test of landfill, manure, and afforestation/reforestation offset protocols in the US carbon market. **Environmental Science & Policy**, v. 33, p. 53-62, 2013.
22. LEME, M. M. V. *et al.* Techno-economic analysis and environmental impact assessment of energy recovery from Municipal Solid Waste (MSW) in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 87, p. 8-20, 2014.
23. LIU, H.-T. , ZHENG, H.-X., CHEN, T.-B., ZHENG, G.-D., GAO, D. (2013) Reduction in greenhouse gas emissions from sewage sludge aerobic compost in China. **Water Science & Technology**. [Article in press] doi:10.2166/wst.2013.773
24. MARCHEZI, R.S.M. **Uso do mecanismo de desenvolvimento limpo(MDL): Uma visão de negócios para projetos ambientais**. Estudo de caso de aplicação de MDL em um aterro sanitário no Espírito Santo, 2009. Niterói: Latec, 2009. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão).
25. MARTINEZ, C. A.; BOWEN, J. D. The Clean Development Mechanism in the Solid Waste Management Sector: Sustainable for Whom? **Ecological Economics**, v. 82, p. 123-125, 2012.
26. MEERA, M.; AGAMUTHU, P. Phytoextraction of As and Fe using Hibiscus cannabinus L. from soil polluted with landfill leachate. **International journal of phytoremediation**, v. 14, n. 2, p. 186-199, 2012.
27. MITCHELL, C.; KUSUMOWATI, J.. Is carbon financing trashing integrated waste management? Experience from Indonesia. **Climate and Development**, v. 5, n. 4, p. 268-276, 2013.
28. MOTTA, R.S. *et al.* Mecanismo de desenvolvimento limpo e o financiamento do desenvolvimento sustentável no Brasil, 2000.
29. MUDHOO, A. *et al.* Greenhouse gas emissions reductions from in-situ aeration in a landfill: a multi-parameter sensitivity analysis approach. **Journal of environmental informatics**, v. 22, n. 2, p. 78-91, 2013.

30. OGATA, M. G. **Os resíduos sólidos na organização do espaço e na qualidade do ambiente urbano: uma contribuição geográfica ao estudo do problema na cidade de São Paulo**. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.
31. OLIVEIRA, C. C.; SILVA, E. G.; SOUZA, M. T. S. Viabilidade de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) em aterros sanitários para investidores: um estudo de caso do PBGAGE. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais. Salvador, BA, Brasil, 2009.
32. PAVAN, M. C. O.; PARENTE, V. Projetos de MDL em aterros sanitários do Brasil: análise política, socioeconômica e ambiental. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2006.
33. PEDOTT, J. G. J.; AGUIAR, A. O. Biogás Em Aterros Sanitários: Comparando a Geração Estimada Com a Quantidade Validada Em Projetos De Mecanismo De Desenvolvimento Limpo. **Holos**, v. 4, p. 195-211, 2014.
34. PENTEADO, R. *et al.* Application of the IPCC model to a Brazilian landfill: First results. **Energy Policy**, v. 42, p. 551-556, 2012.
35. REDDY, M. V. Municipal solid waste–waste to energy conversion in India: an overview. *International Journal of Environmental Technology and Management*, v. 17, n. 2, p. 283-292, 2014.
36. RIZZI, C. A. A questão da participação da comunidade do Distrito de Perus-(São Paulo/Brasil), no projeto MDL Aterro Bandeirantes. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, n. 11, s.p., 2011.
37. RODRIGUES, A. C.; MARTINS, G. Geração de energia a partir de biogás de aterros sanitários no Brasil: potencial, marcos legais, incentivos e projetos. **Revista AIDIS**, v. 1, n. 44, p. 1-14, 2008.
38. SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.. Avaliação de risco ambiental por contaminação metálica e material orgânico em sedimentos da bacia do Rio Aurá, Região Metropolitana de Belém-PA. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 1, p. 51-62, 2013.
39. TOLIS, A. *et al.* Decisions Under Uncertainty in Municipal Solid Waste Cogeneration Investments. In: **Waste to Energy**. Springer London, 2012. p. 197-218.
40. UNFCCC - UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. Project activities. Disponível em: <https://cdm.unfccc.int/Statistics/Public/CDMinsights/index.html>. Acesso em 27 Abr 2015.
41. VAN BRUNT, M.; KANTOR, B.; JOHNSON, N.. Generating and Selling Carbon Offset Credits. In: **20th Annual North American Waste-to-Energy Conference**. American Society of Mechanical Engineers, 2012. p. 159-165.
42. ZHENG, H.-x *et al.* Reduction in greenhouse gas emissions from sewage sludge aerobic compost in China. *Water Science & Technology* [in press] 2013.
43. ZHENG, L. *et al.* Preferential policies promote municipal solid waste (MSW) to energy in China: Current status and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 36, p. 135-148, 2014.