

# Biogás de Aterros: a Contribuição do Brasil na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos e na Mitigação do Efeito Estufa através dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo

**Gleide B. M. Lacerda**<sup>1</sup>

**Hoji Y'a Henda da R. Guimarães**<sup>2</sup>

**Eurídice S. Mamede de Andrade**<sup>3</sup>

**Gisele Pereira Teixeira**<sup>4</sup>

**Marcos A. V. Freitas**<sup>5</sup>

Rua Pedro Calmon, s/nº - Prédio do IVIG/CETS/COPPE – Cidade Universitária – Ilha do Fundão – Rio de Janeiro - RJ

1 Engenheira Civil e Ambiental, MSc., Doutoranda do PPE/COPPE/UFRJ – gleidelacerda@ivig.coppe.ufrj.br – 21-9891.8892

2 Geógrafo, Mestrando do PPE/COPPE/UFRJ – henda40@yahoo.com.br - 21-8210.8880

3 Perita Ambiental, MSc, Doutoranda do PPE/COPPE/UFRJ – mamede@ivig.coppe.ufrj.br – 21-9966.0921

4 Engenheira Civil e Ambiental, MSc. – gieselepereira@demlurb.pmjff.jf.gov.br - 32-9979.3920

5 Geógrafo, DSc., Professor Adjunto do PPE/COPPE/UFRJ – mvfreitas@ppe.ufrj.br – 21-8211.9985

## Resumo

Trata-se de um estudo que focaliza o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para aterros sanitários no Brasil como instrumento de flexibilização e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, advindos do aquecimento global. A partir das informações do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), e de estudos documentais e prospectivos publicados sobre o tema, esta pesquisa apresenta um levantamento dos projetos de MDL para aterros sanitários no Brasil, considerando os Documentos de Concepção de Projetos (DCP's) aprovados até novembro de 2007.

Apresenta sinteticamente algumas metodologias para estudo do potencial de geração de energia a partir do biogás de aterros sanitários.

1550

Contribui para estudos de projetos de comercialização de créditos de carbono, bem como apresenta a relevância do instrumento MDL para a expansão da gestão adequada dos resíduos sólidos domiciliares, por impulsionar a implantação de aterros sanitários no país. Consta-se que a maioria dos DCP's aprovados pelo MCT, são de aterros sanitários operados pela iniciativa privada, em contratos de concessão de longo prazo, o que pode ser um fator positivo para a concretização dos mesmos, considerando que o controle e o monitoramento ambiental da planta de produção de biogás deve obedecer a padrões rigorosos suscetíveis à fiscalização da entidade certificadora.

**Palavras-chave:** mecanismo do desenvolvimento limpo, efeito estufa, aterro sanitário, crédito de carbono.

## 1- Introdução

O biogás gerado nos aterros sanitários é composto basicamente pelos seguintes gases: metano (CH<sub>4</sub> – de 55 à 65%), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub> – de 35 à 45%), nitrogênio (H<sub>2</sub> – de 0 à 1%), hidrogênio (H – de 0 à 1%) e gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S – de 0 à 1%) (POLPRASERT, 1996).

Estudos indicam que, considerando um período de 100 anos, 1 grama de metano contribui 21 vezes mais para a formação do efeito estufa do que 1 grama de dióxido de carbono. Sua queima transforma o metano em CO<sub>2</sub> e vapor d'água.

A geração do biogás em um aterro sanitário é iniciada alguns meses após o início do aterramento dos resíduos e continua por cerca de 15 anos após seu encerramento. Para cada tonelada de resíduo disposto em um aterro sanitário, são gerados em média 200 Nm<sup>3</sup> de biogás. Para que o biogás possa ser explorado comercialmente através de sua recuperação energética, o aterro sanitário deverá receber no mínimo 200 toneladas/dia

de resíduos, ter uma capacidade mínima de recepção da ordem de 500.000 toneladas ao longo de sua vida útil, e altura mínima de carregamento de 10 metros (World Bank, 2005).

Atualmente no Brasil, as alternativas de aproveitamento do biogás de aterros sanitários, são:

1 – Captação do biogás das células do aterro sanitário e sua queima total em flare, visando apenas a redução do potencial poluidor do metano para dióxido de carbono na proporção 21:1;

2 – Captação do biogás como fonte energética a partir da evaporação do chorume, cujo vapor quente, um dos produtos finais, passa por um filtro retentor de umidade e é conduzido a um queimador, de onde é lançado na atmosfera, seco e livre de impurezas. (Monteiro et al., 2001).

1551

3 – Captação de biogás para distribuição sem tratamento para comunidade, ou purificado e adicionado ao gás de petróleo para abastecimento doméstico, ou ainda, usado como combustível para abastecimento de frota de táxis (DANESE, 1981 in Duarte e Braga, 2006).

4 – Captação do biogás para geração de energia elétrica.

No final da década de 90, surge o Protocolo de Quioto (1997), tendo como meta a redução das emissões dos GEE (principalmente CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>), e propondo um modelo de flexibilização através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Este, por sua vez, propicia que países industrializados, que não conseguirem ou não desejarem reduzir suas emissões, emitam carbono, podendo adquirir os Certificados de Redução de Emissões – CRE, de países em desenvolvimento.

A negociação de créditos de carbono é a forma transacional do MDL (UNFCCC, 2006). Tais iniciativas induzem investimentos em projetos sustentáveis onde pode haver seqüestro de carbono, assegurando um modelo de desenvolvimento limpo para os países emergentes, onde os custos de implementação de tais projetos sejam menores (CEBDS, 2001).

O Brasil, enquanto país signatário do Tratado de Quioto, está habilitado a desenvolver projetos de redução dos GEE e emitir os créditos aos países industrializados que devam reduzir suas emissões até o ano 2012.

## **2 - Critérios ambientais e metodologia consolidada para projetos com gás de aterro sanitário no âmbito do MDL**

O artigo 12 do Tratado de Quioto, que define o MDL, estipula que todo projeto certificado do MDL deverá atender ao critério de adicionalidade ambiental, ou seja, as reduções de emissões dos GEE deverão ser adicionais àquelas que ocorreriam na ausência do projeto certificado. Isto significa evidenciar que tais emissões seriam maiores caso o projeto não fosse implementado (UNFCCC, 2006). Para verificar essa adicionalidade, é necessária a construção de uma linha de base confiável, condição necessária à aprovação do projeto pelo Comitê Executivo do MDL.

Como linha de base de um projeto, ou cenário de referência, entende-se o nível atual e a evolução das emissões dos GEE caso o projeto não seja implementado, o que possibilitará quantificar a redução dos GEE dentro dos critérios de adicionalidade ambiental (UNFCCC, 2006). No caso dos aterros sanitários, normalmente a linha de base é a emissão do gás para a atmosfera.

Segundo La Rovere, Costa e Dubeux (2005), o conteúdo de carbono evitado pelo projeto é que determinará a quantidade de Certificadas Reduções de Emissões (CREs) e a receita com a venda de créditos de carbono propiciada pelo projeto.

1552

Para conceder os CREs, o Comitê Executivo do MDL desenvolveu o DCP – Documento de Concepção de Projeto e um modelo de Ciclo de Um Projeto de MDL, como mostra a figura 1:

### **Figura 1 – Ciclo de um Projeto de MDL**

Fonte: Adaptado de UNFCCC (2006)

## **3 - Projetos de MDL dos Aterros Sanitários no Brasil**

No documento “Status atual das atividades de projeto no âmbito do MDL no Brasil e no mundo”, produzido pelo MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia, são apresentadas e ora reproduzidas, as estatísticas das atividades e projetos.

A tabela 1 mostra o total das atividades de projeto em estágio de validação, aprovação e registro. Em 13 de novembro de 2007, um total de 2698 projetos encontrava-se em alguma fase do ciclo de projetos do MDL, sendo 800 já registrados pelo Conselho Executivo do MDL e em outras fases do ciclo.

### **Tabela 1 – Total das atividades de projetos no sistema mundial do MDL**

Fonte: Elaboração própria, adaptado do MCT (nov/2007)

Como pode ser visto na tabela 2 abaixo, que o Brasil ocupa o 3º lugar em número de atividades de projeto, com 255 projetos (9%), sendo que em primeiro lugar encontra-se a China com 874 e em segundo, a Índia com 776 projetos.

1553

### **Tabela 2 – Classificação de países em nº. de atividades de projeto de MDL**

Fonte: Elaboração própria, adaptado do MCT (nov/2007)

No cenário global, conforme a tabela 3, o Brasil ocupa a terceira posição entre os países com maiores reduções anuais de emissões de gases de efeito estufa. Depreende-se que com incentivos e apoio técnico, muito ainda poderá ser feito.

**Tabela 3** – Classificação dos países em redução de emissões anuais projetadas para o primeiro período de obtenção de créditos, em nível mundial (até 13/11/07)

Fonte: Elaboração própria, adaptado do MCT (nov/2007) A tabela 4 apresenta a contribuição global dos gases de efeito estufa, reduzidos pelas atividades de projeto no âmbito do MDL desenvolvidas no Brasil. Nota-se que o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) é o mais relevante, seguido pelo metano (CH<sub>4</sub>) e pelo óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), respectivamente.

**Tabela 4** – Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo dos GEE

Fonte: Elaboração própria, adaptado do MCT (nov/2007)

A tabela 5 mostra que a maior parte das atividades de projeto desenvolvidas no Brasil está no setor energético, o que explica a predominância do CO<sub>2</sub> no balanço de reduções de emissões brasileiras. Este indicador mostra que as predominâncias de projetos estão no setor energético onde os escopos setoriais mais atraentes são:

1554

**Tabela 5** – Quantidade em % de projetos por escopo setorial no Brasil

Fonte: Elaboração própria, adaptado do MCT (nov/2007)

A tabela 6 demonstra que o maior número de projetos brasileiros (78%) é desenvolvido na área de geração elétrica e suinocultura.

**Tabela 6** – Distribuição das atividades de projeto no Brasil, por tipo

Fonte: MCT (nov/2007)

Na Tabela 6 acima constam 28 projetos aprovados, até novembro de 2007. Porém foram disponibilizados no site do MCT apenas 20 documentos, objetos desta pesquisa. Presume-se, portanto, que destes 28 projetos, 8 estejam ainda em fase de registro.

O Quadro 1 abaixo, conclui que 65% dos DCP's aprovados no Brasil são de captura e queima de GEE e 35% são de captura e/ou recuperação de GEE para geração de energia. A maior parte destes (71%) estão localizados na Região Sudeste e 50% no estado de São Paulo. No percentual dos DCPs aprovados para geração de energia, encontram-se os projetos com maior expectativa de redução de créditos de emissão e GEE. A expectativa total de redução de crédito de emissões para os 20 DCPs aprovados de Aterros Sanitários no Brasil, em um horizonte de 21 anos é de 12.647.704,6 t CO<sub>2</sub>/ano.

1555

**Quadro 1** - Resumo das concepções de projeto dos 20 DCP's para aterros sanitários aprovados pelo MCT - Novembro de 2007

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados MCT (nov/2007)

#### **4 - A Metodologia AM0003/Versão 4 da CQNUMC e a Metodologia da EPA para Cálculo de Emissões Futuras de GEE de Aterros Sanitários**

Não se pretende, com este estudo, confirmar que a AM003 seja a metodologia mais recomendada para todos os aterros sanitários brasileiros, pois para um Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), muitos outros dados técnicos, sociais e econômicos devem ser levantados para definição clara da

Linha de Base e do fator de Adicionalidade do Projeto, bem como outras metodologias poderão ser aplicáveis, dependendo das características de cada projeto.

Esta metodologia se aplica às atividades de projeto de captação de gás de aterro em que:

- O gás captado é queimado; ou
- O gás captado é usado para gerar eletricidade, mas não se reivindica nenhuma redução de emissão por se substituir ou evitar a geração de eletricidade por outras fontes.

As reduções de emissões dos gases de efeito estufa, obtidas pela atividade do projeto ( $ER_y$ ) durante um determinado ano, são a diferença entre a quantidade de metano realmente destruída ( $MD_{project_y}$ ) e a quantidade de metano destruída na ausência da atividade do projeto ( $MD_{baseline_y}$ ), vezes o valor do Potencial de Aquecimento Global aprovado para o metano ( $GWP_{CH_4}$ ).

$$ER_y = (MD_{project_y} - MD_{baseline_y}) \times GWP_{CH_4} \quad (1)$$

1556

A quantidade de metano destruída na ausência da atividade do projeto é a quantidade de gás de aterro que seria queimada ou, do contrário, destruída na ausência da atividade do projeto, levando-se em conta a efetividade dos sistemas de coleta de gás que seriam impostos por exigências regulamentares ou contratuais ou circunstâncias similares na época do início do projeto (o “Fator de Ajuste da Efetividade –EAF”).

$$MD_{baseline_y} = MD_{project_y} \times EAF \quad (2)$$

O EAF é definido como a razão entre a eficiência da destruição do sistema de coleta e destruição imposto por exigências regulamentares ou contratuais e o sistema de coleta e destruição na atividade de projeto. O “Fator de Ajuste da Efetividade” deve ser revisado no início de cada novo período de obtenção de créditos, levando-se em conta a quantidade de queima de gases de efeito estufa que ocorre como parte das práticas comuns da indústria no futuro.

Para o Documento de Concepção do Projeto (DCP), as estimativas das reduções de emissões (ex-ante) são feitas projetando-se as emissões futuras de gases de efeito estufa do aterro sanitário com o uso do Modelo de Decaimento de Primeira Ordem da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA). Essas estimativas são usadas apenas para fins de referência, porque as reduções de emissões serão determinadas (ex-post), medindo-se a quantidade real de metano captada e destruída após o início do funcionamento da atividade do projeto.

Com base nas equações acima, as reduções de emissões de gases de efeito estufa ( $ER_y$ ) obtidas pela atividade do projeto durante um determinado ano ( $y$ ) equivalem ao metano destruído ( $MD_{project_y}$ , expresso em toneladas) em razão da atividade do projeto durante aquele ano, menos o Fator de Ajuste da Efetividade (EAF), multiplicado pelo valor do Potencial de Aquecimento Global aprovado para o metano ( $GWP_{CH_4}$ ).

$$ER_y = MD_{project_y} (1 - EAF) \times GWP_{CH_4} \quad (3)$$

onde:

$ER_y$  são as reduções de emissões de gases de efeito estufa medidas em toneladas de equivalentes de  $CO_2$  (toneladas de  $CO_{2e}$ );

<sup>1557</sup>

$MD_{project_y}$  é o metano destruído pela atividade do projeto, medido em toneladas de metano;

EAF é o Fator de Ajuste da Efetividade, expresso como uma fração decimal.

O valor padrão é 0,20;

O valor do Potencial de Aquecimento Global aprovado para o metano para o primeiro período de compromisso é de 21 toneladas  $CO_{2e}$ /tonelada  $CH_4$ . Portanto,  $GWP_{CH_4} = 21$  até 31 de dezembro de 2012.

O metano destruído pela atividade de projeto ( $MD_{project_y}$ ) durante um ano é determinado monitorando-se a quantidade de metano realmente queimada e usada para gerar eletricidade.

$$MD_{project_y} = MD_{flared_y} + MD_{electricity_y} \quad (4) \quad MD_{flared_y} = (LFG_y * w_{CH_4,y} * D_{CH_4}) - (PE_{flare,y} / GWP_{CH_4}) \quad (5)$$

Onde:

$LFG_y$  é a quantidade de gás de aterro queimada durante o ano, medida em metros cúbicos ( $m^3$ );  $w_{CH_4,y}$  é a fração de metano do gás de aterro, medida periodicamente durante o ano;

$D_{CH_4}$  é a densidade de metano, expressa em toneladas de metano por metro cúbico de metano ( $t_{CH_4}/m^3_{CH_4}$ ).

$PE_{flare,y}$  são as emissões do projeto decorrentes da queima de gás residual no ano  $y$  ( $tCO_{2e}$ ), determinadas de acordo com o procedimento descrito na "Ferramenta para determinar as emissões do projeto decorrentes da queima de gases que contêm metano".

$$MD_{electricity_y} = EG_y * HR / EC_{CH_4} \quad (6)$$

A quantidade de metano destruída pela geração de eletricidade é a quantidade de eletricidade gerada ( $EG_y$ ) durante o ano, medida em MWh. HR é a taxa de calor, medida em GJ/MWh; e  $EC_{CH_4}$  é o teor de energia do metano, medido em GJ/ $t_{CH_4}$ .

<sup>1558</sup>

O cenário da linha de base e a adicionalidade são determinados por etapas. Etapa 1. Fornecer uma justificativa convincente de que não há um outro cenário da linha de base plausível exceto o cenário do projeto e o tendencial (*business as usual*). Se houver outro cenário da linha de base plausível, esta metodologia não poderá ser usada.

Etapa 2. Calcular uma taxa interna de retorno (TIR) conservadora para a atividade de projeto proposta, excluindo-se a renda esperada da venda de reduções certificadas de emissões (CREs). O cálculo deve incluir o custo do investimento incremental, os custos operacionais e de manutenção, e todos outros custos de atualização do cenário tendencial para a atividade de projeto proposta. O cálculo deve incluir também toda a renda gerada pela

atividade do projeto, inclusive a renda proveniente da venda de eletricidade e economia de custos por se evitar a compra de eletricidade, com exceção da renda proveniente da venda de CREs.

Etapa 3. Determinar se a TIR do projeto é significativamente mais baixa do que uma TIR esperada e aceitável de modo conservador como alternativa para esse projeto ou um tipo de projeto comparável no país em questão.

Etapa 4. Analisar o desenvolvimento esperado do cenário da linha de base mais provável durante o período de obtenção de créditos e fornecer uma breve descrição.

Se a eletricidade gerada a partir do gás de aterro recuperado for suficiente para operar o sistema de coleta, não haverá fugas. As únicas fontes de fugas são as emissões resultantes da geração de eletricidade usada para bombear o gás de aterro no equipamento de coleta adicional.

Se a eletricidade comprada usada para operar o sistema de coleta ultrapassar a quantidade total de eletricidade vendida à rede, as emissões associadas devem ser calculadas do modo especificado para as fugas na metodologia de linha de base aprovada AM0002 (“Reduções de Emissões de Gases de Efeito Estufa por meio da Captação e Queima de Gás de Aterro em que a Linha de Base é Estabelecida mediante um Contrato de Concessão Pública”)

com as emissões resultantes sendo deduzidas das reduções de emissões estimadas durante o ano.

O monitoramento se baseia na medição direta da quantidade de gás de aterro captada e destruída na plataforma de queima e na(s) unidade(s) de geração de eletricidade. O plano de monitoramento prevê a medição contínua da quantidade e qualidade do gás de aterro queimado e da eletricidade gerada. As principais variáveis que precisam ser determinadas são a <sup>1559</sup>quantidade de metano realmente queimada ( $MD_{\text{flared},y}$ ) e a quantidade de metano usada para gerar eletricidade ( $MD_{\text{electricity},y}$ ). O analisador contínuo de metano é importante porque o teor de metano no gás de aterro captado pode variar em mais de 20% durante um único dia em razão das condições da rede de captação de gás (diluição com o ar nas cabeças de poços, vazamentos nos dutos, etc.).

O modelo Recomendado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) é do *software Landgem (Landfill Gas Emission Model)*. O programa foi desenvolvido pelo CTC (*Control Technology Center*), e baseia-se em modelo com cinética de primeira ordem. O *Landgem* calcula a quantidade de metano, dióxido de carbono e mais 48 tipos de gases presentes no biogás. A estimativa de produção de metano pelo *Landgem* está expressa na Equação 7:

$$LFG = L_0 R (e^{-kc} - e^{-kt}) \quad (7)$$

onde:

- $LFG$  = quantidade total de gás gerado ( $m^3$ /ano);
- $L_0$  = potencial total de geração de metano ( $m^3$ /tonelada);
- $R$  = variação média de RSU no aterro (tonelada/ano);
- $k$  = velocidade de degradação do lixo (1/ano);

- $t$  = tempo que o aterro está aberto (anos);
- $c$  = tempo desde que o aterro foi fechado (anos).

Os dados de quantidade de lixo anual são inseridos e os parâmetros de velocidade de degradação ( $k$ ) e potencial de metano ( $L_0$ ) são adotados de acordo com as condições da região estudada.

O cálculo não considera as dificuldades de captação do biogás, gerando informações teóricas que necessitam ser ajustadas, como representado na **Equação 8**, que é empregada para corrigir a estimativa de produção de metano fornecida pelo *Landgem*. Assim, a quantidade efetiva ( $LFGe$ ) de gás gerado é dada por:

$$LFGe = n \cdot m \cdot LFG \quad (8)$$

1560

onde:

$n$  = coeficiente de eficiência de captação do biogás;

$m$  = coeficiente de operação, proporcional a área útil de captação do aterro.

## 5 - Considerações Finais e Recomendações

A recuperação do biogás e seu aproveitamento geram impactos ambientais positivos por promover a viabilidade do saneamento ambiental urbano. Este potencial torna-se vetor de promoção de melhorias nas condições dos lixões, que hoje representam mais de 60% da situação de disposição final dos resíduos domiciliares.

Sob o ponto de vista sócio-econômico, a recuperação do biogás representa ganhos para a sociedade (geração de empregos e redução de subempregos), para as prefeituras (pois representam uma fonte extra de renda com a comercialização da energia gerada pelo biogás) e para o meio ambiente (com redução de emissões de CH<sub>4</sub>, possível redução de combustíveis fósseis, no caso de aproveitamento energético, redução de odores nos aterros devido a boas práticas de gerenciamento, dentre outras).

Os custos de registro e monitoramento dos projetos aprovados de MDL deverão ser reduzidos, pois podem inviabilizar os empreendimentos de pequena escala, uma vez que os créditos gerados pelos projetos são baixos, face os investimentos exigidos.

Sugere-se a adoção de medidas em favor do postulante dos créditos a fim de reduzir os custos de aprovação de projetos de MDL. A formação de consórcio de projetos de pequena escala para municípios com população inferior a 500.000 habitantes, situados numa mesma região/bacia aérea, parece ser uma alternativa atraente para viabilizar a obtenção de CREs a partir de queima ou geração de energia elétrica de biogás de aterros.

Embora a Avaliação Prévia demonstre a Aplicabilidade da Metodologia AM003/Versão 4, muitos outros estudos devem ser investigados antes da finalização de um PDD. Propõe-se que seja analisada, também, a possibilidade da aplicabilidade de outras metodologias nos DCP's de aterros sanitários brasileiros.

A maioria dos aterros é operada pela municipalidade, o que compromete muito os investimentos iniciais, a manutenção e o monitoramento ambiental dos resultados. Além disso, trata-se de um projeto de risco tanto econômico, quanto técnico, constatando-se que a maioria dos DCP's <sup>1561</sup>aprovados pelo MCT até nov/2007, são de aterros sanitários operados pela iniciativa privada a partir de contratos de concessão de longo prazo, o que pode ser considerado como um fator bastante positivo para a concretização dos mesmos. Inclusive quando se considera que o controle e o monitoramento ambiental da planta de produção de biogás devem obedecer a padrões rigorosos suscetíveis à fiscalização da entidade certificadora.

## 6 – Referências Bibliográficas

CEBDS - Câmara de Mudanças Climáticas do Conselho Empresarial Brasileiro do Desenvolvimento Sustentável. <http://www.cebds.org.br/cebds/mc-convencaoclima.asp>, COMLURB. *Potencial Energético do Biogás de Aterros*. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/>

DUARTE, Adriana Carneiro; BRAGA, Maria Cristina Borba – *Projetos de MDL em Aterros Sanitários Brasileiros*. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

ECOSECURITIES LTD. Projeto de Aproveitamento do Biogás de Aterro Sanitário – NovaGerar. Documento de Concepção do Projeto (PDD). Fevereiro, 2004.

HANSEN, J. *Desarmando a Bomba Relógio do Aquecimento Global*. Scientific American Brasil (12), pp.16-25. Edição Especial. São Paulo, 2005.

LACERDA, Gleide B. M., TEIXEIRA, Gisele P. et al. Metodologia de Operação de Aterro Sanitário – Município de Juiz de Fora – MG. VIII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos. ABES, São Luís-MA, dezembro, 2006.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA – MCT. [www.mct.gov.br/index.php/content/view/3893.html](http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/3893.html)

MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEREDO, C.E.M; MAGALHÃES, A. F.; MELO M. A.F. de; BRITO, J. C.X. de; ALMEIDA T. P. F. de; MANSUR, G. L. – *Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

POLPRASERT, C. *Organic waste recycling – technology and management*. 2nd edition. John Wiley & Sons. 412 p. Chichester, 1996.

ROVERE, Emílio Lebre La; COSTA, Cláudio do Vale; DUBEUX, Carolina Burle Schmidt – *Aterros Sanitários no Brasil e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): Oportunidades de promoção de desenvolvimento sócio-ambiental*. NAE-Secom/PR, 2005.

SALES, Renata Hotencia Figueiredo; SILVA, Fernando José Araújo da – *Aterro sanitário e Crédito de Carbono: Perspectivas para Região Metropolitana de Fortaleza*. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

SOUTO, Mirela Chiapani – *Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) Para o Tratamento de Gases de Efeito Estufa, Gerado no Aterro Sanitário da Marca Ambiental/ES Através da Comercialização do Crédito de Carbono, Atende ao Protocolo de Quioto*. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

<sup>1562</sup>

UM – United Nations. Kyoto protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations. 21 p. Washington – DC, 1998.

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto Protocol <<http://unfccc.int/2860.php>> Acesso em 26 nov. 2007a.

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. Overview of Project Activity Cycle. Disponível em <<http://unfccc.int/2860.php>> Acesso em 25 nov. 2007b.

WORLD BANK – *Guidance Note on Recuperation of Landfill Gas from Municipal Solid Waste Landfills*,  
2005.  
1563