



FAED

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC

**BIOGÁS PRODUZIDO EM ATERRO SANITÁRIO COMO FONTE DE
ENERGIA – UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

TAINARA BRUNA MONTAGNA

Curso de Engenharia Ambiental

**Dois Vizinhos - PR
2013**

TAINARA BRUNA MONTAGNA

**BIOGÁS PRODUZIDO EM ATERRO SANITÁRIO COMO FONTE DE ENERGIA –
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
apresentado ao curso de Engenharia
Ambiental como requisito para a obtenção
do título de Bacharel Engenharia
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Sidney Becker Onofre

**DOIS VIZINHOS - PR
2013**

TERMO DE APROVAÇÃO

Tainara Bruna Montagna

BIOGÁS PRODUZIDO EM ATERRO SANITÁRIO COMO FONTE DE ENERGIA – UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau Bacharel em Engenharia Ambiental pela Faculdade Educacional de Dois Vizinhos - União de Ensino do Sudoeste do Paraná.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Sideney Becker Onofre
Orientador

Profa. M.S. Kione Baggio Bordignon
Banca 1

Profa. MSc. Amarildo Tessaro
Banca 2

Dois Vizinhos, 04 de Julho de 2013

DEDICATÓRIA

- ◆ Dedico aqueles que são os pilares da minha vida e sem os quais a mesma não teria sentido: meus pais, Edegar e Ronilse, minha irmã, Suéllen. Pelos incentivos, exemplos e amor incondicional. E, ao meu amor Jonas por estar ao meu lado em todos os momentos.

“Se você tem metas para um ano. Plante arroz...Se você tem metas para 10 anos. Plante uma árvore... Se você tem metas para 100 anos então eduque uma criança... Se você tem metas para 1000 anos, então preserve o meio ambiente.”

(Confúcio)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente dirijo minha gratidão a Deus, por me dar forças para não desistir e assim conquistar mais uma etapa em minha vida.

A vocês, queridos pais, o meu agradecimento. Por todo apoio que me deram, cujo exemplo me fizeram ser quem sou hoje, que abdicaram de muitos sonhos para que os meus pudessem ser realizados. Dedico este trabalho a vocês que sempre serviram de exemplo para a minha formação, a quem eu devo tudo que tenho e que sou. Obrigada por permanecerem ao meu lado, me apoiando e incentivando, pela determinação, por serem minha referência em vários aspectos e por estarem presente em minha vida de uma forma indispensável. Amo vocês.

A minha irmã Suéllen que mesmo a quilômetros de distância, sempre me apoiou e acreditou que eu seria capaz de conquistar meus objetivos. Minha linda “Enquanto houver você do outro lado, aqui do outro eu consigo me orientar”.

A Jonas, namorado, amigo, companheiro, sinônimo de carinho e compreensão. Você foi muito mais que eu poderia pedir. Sem você por perto, com certeza, tudo teria sido mais difícil. Pela sua dedicação e por suportar comigo tempos difíceis, tenho por você minha mais sincera gratidão.

Aos meus amigos da Jornada Jovem de Marmeleiro, pessoas com quem construí mais do que verdadeiros laços de amizade e sim uma família. Vocês são jóias raras que eu agradeço por terem cruzado meu caminho e por nele permanecerem.

A todos os professores, não somente por terem me ensinado, mas sim por terem me feito aprender, e muitos ainda por se tornarem amigos.

Ao meu orientador o Prof. Dr. Sideney Becker Onofre, por toda dedicação, paciência, ensinamento e compreensão das minhas dificuldades.

Aos colegas do curso, ao qual levarei cada um no coração. Por partilharem aflições e momentos de descontração e acima de tudo serem grandes parceiros. Mais do que colegas vocês se tornaram grandes amigos.

A todos vocês dedico meu trabalho, sem ajuda, confiança, conselhos, companheirismo e compreensão de todos, esta etapa não seria concluída. Muito obrigada nunca será suficiente para demonstrar a grandeza do que recebi de vocês. Peço a Deus que os recompense a altura. “Amizade é o amor que nunca morre.”

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE ABREVIATURAS	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivos Gerais.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. METODOLOGIA	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1 Resíduos Sólidos.....	16
3.1.1 Origem dos resíduos sólidos.....	16
3.1.2 Classificação dos resíduos sólidos.....	17
3.2 Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos.....	18
3.3 Lixão.....	21
3.4 Aterro Controlado.....	24
3.5 Aterros Sanitários.....	26
3.5.1 Projeto.....	27
3.6 Cenário Energético Brasileiro.....	33
3.7 Biogás.....	34
3.7.1 Sistema para extração e tratamento do biogás do aterro.....	38
3.7.2 Sistema de queima de flares.....	40
3.8 Alternativas para uso do biogás.....	41
3.8.1 Geração de energia elétrica.....	42
3.8.2 Geração de energia térmica.....	43
3.9 O mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).....	44
3.10 Projetos de MDL em Aterros Sanitários.....	47
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxo do sistema integrado de resíduos sólidos urbanos.....	19
Figura 2	Ilustração da poluição dos solo originário do chorume.....	21
Figura 3	Vista de um lixão.....	23
Figura 4	Seção transversal de um aterro controlado.....	24
Figura 5	Funcionamento de um aterro controlado.....	25
Figura 6	Funcionamento de um aterro sanitário.....	31
Figura 7	Diagrama do Processo do Biogás.....	37
Figura 8	Dreno típico de aterro, que pode ser adaptado no sistema de captação do biogás.....	38
Figura 9	Cabeçote de adaptação de dreno existente.....	39
Figura 10	Flare enclausurado.....	41
Figura 11	Diagrama com as alternativas de aproveitamento de biogás.....	42
Figura 12	Alternativas para recuperação de energia térmica do biogás.....	43
Figura 13	Ciclo de um Projeto de MDL.....	47

LISTA DE ABREVIações

- ONU** - Organização das Nações Unidas
- GEE** - Gases do Efeito Estufa
- MDL** – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
- CER** – Certificado de Emissões Reduzidas
- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR** – Norma Brasileira
- CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- IBAM** – Instituto Brasileiro de Administração Municipal
- LP** – Licença Prévia
- LI** – Licença de Instalação
- LO** – Licença de Operação
- ETE** – Estação de Tratamento de Esgoto
- SEMA** – Secretaria Estadual do Meio Ambiente
- IAP** – Instituto Ambiental do Paraná
- BEN** – Balanço Energético Nacional
- PIB** – Produto Interno Bruto
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- PRs** – Ponto de Regularização de Fluxo
- O₂** – Oxigênio
- H₂S** – Dióxido de Enxofre
- M³** - Metro Cúbico
- DCP** – Documento de Concepções do Projeto
- EOD** – Entidade Operacional Designada
- EIA** – Estudo de Impacto Ambiental
- RIMA** – Relatório de Impacto do Meio Ambiente

RESUMO

MONTAGNA, Tainara¹
ONOFRE, Sidney Becker Onofre²

A disposição irregular dos resíduos sólidos é um dos grandes problemas enfrentados no mundo, ao qual vem sendo implantados vários sistemas para o seu controle, uma alternativa sustentável para isto são os aterros sanitários, que é uma forma eficaz e ambientalmente correta. Nesse contexto, este trabalho estudou os aspectos técnicos, econômicos e ambientais que estão associados a captação do biogás e o seu aproveitamento a partir dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários. Através da apresentação de processos, são estabelecidas vantagens relacionadas a geração de energia renovável e acima de tudo limpa, que reduz os impactos provocados no processo de tratamento e principalmente pela queima dos resíduos proporcionando geração de créditos de carbono. Através de uma revisão bibliográfica este trabalho ilustrou as etapas de concepção de um aterro sanitário, bem como a captação do biogás para posteriormente ser utilizado como fonte de energia. O estudo aponta para o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) ao qual permite reduções nas emissões de gases do efeito estufa (GEE), tendo como principal objetivo a recuperação e preservação ambiental, possibilitando através dos aterros sanitários uma forma simples, econômica e ambientalmente correta de geração de energia e também para a redução dos impactos ambientais gerados neste setor.

Palavras chaves: Resíduos sólidos, aterro sanitário, biogás, MDL.

¹ Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade Educacional de Dois Vizinhos em 2013.

² Prof. Titular da União de Ensino do Sudoeste do Paraná – UNISEP – Curso de Engenharia Ambiental. Dois Vizinhos – PR.

ABSTRACT

MONTAGNA, Tainara¹
ONOFRE, Sidney Becker Onofre²

The irregular disposal of solid waste is one of the major problems facing the world, which has been deployed several systems for its control, a sustainable alternative to this are the landfills, which is a more efficient and environmentally friendly. In this context, this paper studied the technical, economic and environmental factors that are associated with uptake and its utilization of biogas from municipal solid waste in landfills. By submitting processes are established advantages related to renewable energy generation and above all clean, which reduces impacts on the treatment process and especially the burning of waste generation providing carbon credits. Through a literature review this paper illustrated the design stages of a landfill, as well as the capture of biogas to be used later as an energy source. The study points to the clean development mechanism (CDM) which allows reductions in emissions of greenhouse gases (GHG), having as main objective the restoration and preservation of the environment, allowing landfills through a simple, economical and environmentally friendly power generation and also to reduce environmental impacts in this sector.

Keywords: solid waste landfill, biogas, CDM.

¹ Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade Educacional de Dois Vizinhos em 2013.

² Prof. Titular da União de Ensino do Sudoeste do Paraná – UNISEP – Curso de Engenharia Ambiental. Dois Vizinhos – PR.

1. INTRODUÇÃO

A disposição final dos resíduos sólidos urbanos é um dos grandes desafios enfrentados na atualidade. Uma das alternativas do tratamento para esses resíduos são os aterros sanitários, onde é uma técnica mais econômica e segura para a saúde da população. Nele, são utilizados métodos de engenharia para armazenar os dejetos na menor área possível, o solo é impermeabilizado com geomembrana de polietileno de alta densidade, evitando assim a contaminação e os resíduos são condensados para obter um menor volume, sendo cobertos freqüentemente com camadas de terra.

Após dispostos em aterros sanitários ocorre a decomposição dos resíduos sólidos, ocorrendo por meio de dois processos. O primeiro, aeróbio, acontece no período de decomposição do lixo no solo, ocorrendo a redução de oxigênio e assim formando a fase anaeróbia, onde a ação dos microrganismos transformam a matéria orgânica no gás Metano, sendo este denominado como Biogás. Vale ressaltar, que em aterros sanitários, devido a condições propícias, como a temperatura, ausência de ar, disponibilidade de ar, auxilia ao desenvolvimento destas bactérias, causas do surgimento do biogás.

Uma das características negativas do metano é a participação da formação do efeito estufa favorecendo para o aquecimento global. Além disso, a emissão imoderada proveniente da decomposição do lixo causa os danos a saúde humana e a vegetação. Se inalado o metano pode causar parada cardíaca, asfixia câncer, danos no sistema nervoso central, e outras doenças que atacam o fígado, rins e pulmões. Sabendo que o gás é altamente inflamável, ocorre o perigo de explosões e incêndios a lugares próximos aos aterros. Outro ponto negativo são os odores provenientes dos gases, gerando desconforto aos moradores que residem em localidades próximas.

A fim de reduzir este impacto, buscas constantes em prol de outras formas de energia acontecem a todo instante. Através da Organização das Nações Unidas (ONU) e diante das questões ambientais, os primeiros projetos para aproveitamento energético do biogás iniciou-se nos anos 70, com o objetivo de diminuir as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) e levando ao favorecimento em aspectos ambientais. Assim surgiu o Protocolo de Quioto e em decorrência, o chamado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), com a finalidade de auxiliar no

processo de redução de gases e colaborar no desenvolvimento sustentável. Mediante confirmação da atividade, é lançado um Certificado de Emissões Reduzidas (CER).

O aproveitamento energético do biogás ressalta para a geração de energia elétrica e para o uso de combustível utilizado para diversos fins, gerando assim uma abordagem elíptica quanto às iniciativas geradas para as energias renováveis. Por se tratar de uma iniciativa recente no Brasil e além de auxiliar na redução das mudanças climáticas, esta atividade utiliza-se da matéria-prima em que para a atmosfera é esquecida, o biogás, sendo avaliado como energia alternativa, ou seja, fonte de custos reduzidos, abundante e não poluidora. Outro ganho que o biogás pode auxiliar, é por ser considerado um Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, recebendo Certificados de Emissões Reduzidas e conseqüentemente sendo vendidos como Créditos de Carbono.

Para que seja possível a coleta do biogás produzido pelo aterro, é necessário que seja constituído por etapas e medidas para a retirada do produto, sendo esta realizada por três fases: a preparação, a execução e a conclusão. Enquanto que o chorume é captado e transportado para as estações de tratamento de efluente, o biogás é extraído e queimado, ou ainda, sendo usado para fins energéticos.

Normalmente em aterro sanitários, há dois tipos de sistemas de coleta de biogás. O primeiro, chamado passivo, tem o propósito de evitar que os gases se dissipem na atmosfera, impedindo a emissão na superfície e no solo para as áreas vizinhas. Já o ativo, é necessário utilizar de componentes para que haja o aproveitamento energético do gás, este inclui uma rede coletora, drenos verticais, compressor e sistema de purificação do biogás.

Diante as novas tecnologias em busca de energias renováveis, o biogás ganha ênfase mediante seus inúmeros efeitos positivos, possibilitando ganhos em termos econômicos, ambientais e sociais, e servindo como ferramenta para a instrumentalização do MDL, incentivando projetos desta modalidade.

O presente trabalho, apresenta como alternativa a redução na emissão de gases na atmosfera, e como consequência a busca insana por novas fontes de energias limpas, se enquadrando como tal, o biogás, gerando energia limpa e portanto se ajustando nas exigências de desenvolvimento sustentável.

O estudo efetuado neste trabalho, dirige-se as vantagens e ganhos de inserir sistemas de geração de energia elétrica aplicando biogás como combustível, do mesmo modo do local onde este pode ser implantado.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

- Realizar um estudo de viabilidade para a implantação de um sistema de geração de energia a partir do biogás como alternativa apropriada para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos, por meio de uma revisão bibliográfica.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar métodos de aproveitamento e de avaliações técnicas do processo e transporte do biogás originado em aterros sanitários.
- Destacar os benefícios da inserção do método em todos os períodos do sistema, assim como o acréscimo da eficiência da tomada do biogás; Redução na emissão de gases poluentes na atmosfera, bem como a diminuição do impacto ambiental, causada pelo mesmo.
- Confirmar a viabilidade econômica, técnica e ambiental da geração de energia elétrica por meio do biogás e utilizar indícios para estimar os efeitos ambientais de projetos de MDL em aterros sanitários.

2 METODOLOGIA

O estudo desenvolvido trata-se de uma pesquisa descritiva, bibliográfica, de caráter qualitativo, a qual buscou compreender e examinar a viabilidade da implantação de um sistema de geração de energia a partir do biogás como alternativa apropriada para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos.

Segundo Rampazzo (2002) *apud* Haddad (2004) a pesquisa descritiva observa, registra, analisa e correlaciona atos ou fenômenos do mundo físico e, especialmente, do mundo humano, sem a interferência do pesquisador. Este método procura descobrir com a precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com os outros, sua natureza e características.

Estudos realizados por meio de revisão de literatura, segundo Cervo e Bervian (2002, p. 65) “procuram explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos. Podem ser realizados independentemente ou como parte da pesquisa descritiva ou experimental”. “[...] a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras” (LAKATOS; MARCONI, 2006, p. 185).

O levantamento bibliográfico abrangeu a produção científica a respeito do tema da viabilidade da implantação de um sistema de geração de energia a partir do biogás como alternativa apropriada para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos. Buscou-se artigos desta área, mais especificamente os relacionados à área ambiental e livros que fizerem referência ao tema escolhido. Os materiais foram classificados por meio dos seguintes aspectos: ano de publicação⁵, tipo de documento (tese, dissertação, livro, artigo científico), foco do trabalho.

Foram levantadas teses e dissertações, disponíveis nos sites de universidades, sobre o tema. Os periódicos selecionados foram todos os da área ambiental indexados em bases de dados eletrônicas nacionais, internacionais e institucionais, tais como: BIREME, LILACS, BDEF, SCIELO, publicados até o ano de 2013. Já os livros selecionados pertencem ao acervo da biblioteca da Unisep, Campus de Dois Vizinhos e Francisco Beltrão (PR).

⁵ O ano de publicação das obras poderá ultrapassar 10 anos, uma vez que estas referências serão utilizadas para relatar eventos históricos relacionados a viabilidade da implantação de um sistema de geração de energia a partir do biogás como alternativa apropriada para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Resíduos Sólidos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas define resíduos sólidos, como sendo:

Resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos que resultam da atividade da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Considera-se também, resíduo sólido os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face a melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2004).

3.1.1 Origem dos Resíduos Sólidos

Definem-se as características dos resíduos de acordo com sua composição. A importância desta definição está relacionada à escolha da melhor tecnologia para o tratamento e ou aproveitamento e destinação final dos resíduos. De acordo com sua origem, define-se a tipologia de resíduos sólidos. Esta classificação permitirá a escolha mais adequada para a destinação final do lixo. (Resolução nº 005 / CONAMA, de 5 de agosto de 1993 – NBR 10.004 - BRASIL, 2004).

a) Resíduos Sólidos Domiciliares: São os resíduos gerados pelas atividades diárias em casas, apartamentos, condomínios e demais edificações residenciais. Apresenta elevado percentual de matéria orgânica (cerca de 60%).

b) Resíduos Sólidos Comerciais: Resíduos oriundos de estabelecimentos comerciais, as quais suas características dependem da atividade ali desenvolvida, muitas vezes predominam os resíduos orgânicos.

c) Resíduos Sólidos Públicos: É constituído pelos resíduos sólidos resultantes das atividades de limpeza de vias e logradouros públicos, tais como, folhas, terra, areia, poeira e também aqueles descartados incorretamente pela população, como entulho, papéis, restos de embalagens e alimentos.

d) Resíduos Especiais: São resíduos que em função de suas características peculiares, passam a merecer cuidados especiais em seu acondicionamento,

transporte, manipulação e disposição final. Nesta classificação, estão inseridos os resíduos industriais e os de portos e terminais rodoviários.

- Resíduos Sólidos de Portos, Aeroportos, Terminais Rodoviários e Ferroviários: Gerados tanto nos terminais, como dentro dos navios, aviões e veículos de transporte. Estes são oriundos do consumo de passageiros em veículos e aeronaves podendo apresentar riscos de doenças.

- Resíduos Sólidos Industriais: Compreendem os resíduos originários de atividades industriais. Por serem diversificados, os resíduos dependem do tipo de indústria e de seu processamento, pois nem todos devem ser classificados como resíduos industriais, uma vez que produzem resíduos idênticos aos domiciliares, mas em maior quantidade.

Os resíduos industriais perigosos são os resíduos não possíveis de tratamento convencional que através de suas características apresentam periculosidade ou potencial à saúde humana ou ao meio ambiente.

e) Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde: Compreende os resíduos gerados nas instituições destinadas a saúde, provenientes de hospitais, centros cirúrgicos, ambulatórios, postos médicos e odontológicos, clínicas, laboratórios e farmácias.

3.1.2 Classificação dos Resíduos Sólidos

A classificação dos resíduos sólidos compreende a identificação do método ou procedimento que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes com listagens de resíduos e substâncias que provocam impactos a saúde e ao meio ambiente (BRASIL, 2004).

Classificação dos Resíduos Sólidos segundo as suas classes.

Resíduos	Descrição
Classe I – Perigosos	Apresentam periculosidade e características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade e que possam apresentar riscos à saúde pública ou efeitos adversos ao meio ambiente.
Classe II - Não Perigosos	Não apresentam nenhuma das

	características acima, podem ser divididos em Classe II A – Não inertes e Classe II B – Inertes.
Classe II A - Não Inertes	São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I – Perigosos ou de resíduos Classe II B – Inertes. Possuem propriedades, tais como: Biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
Classe II B – Inertes	Resíduos que quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (BRASIL, 2004).

3.2 Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos

O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos se define como sendo a participação de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil com a finalidade de ocorrer a limpeza urbana, a coleta, o tratamento e a disposição final do lixo, promovendo uma melhor qualidade de vida a população e elevando a higiene e limpeza do município, analisando os aspectos das características das fontes de produção, volume, tipo de resíduo, características sociais, culturais e econômicas dos cidadãos e características demográficas, climáticas e urbanísticas. (MONTEIRO, 2001)

Um gerenciamento integrado de resíduos sólidos eficiente baseia-se no uso de práticas administrativas de resíduos, ou seja, é a participação efetiva da

comunidade, instruída na colaboração de limpeza das ruas, reduzindo o descarte, reaproveitando e reciclando os materiais para depois dirigi-los ao lixo. Além do manejo seguro e efetivo fluxo de RSU, atingindo o mínimo de impactos sobre a saúde pública e meio ambiente. (OLIVEIRA; PASQUAL, 1998). Este fluxo é representado na Figura 01.

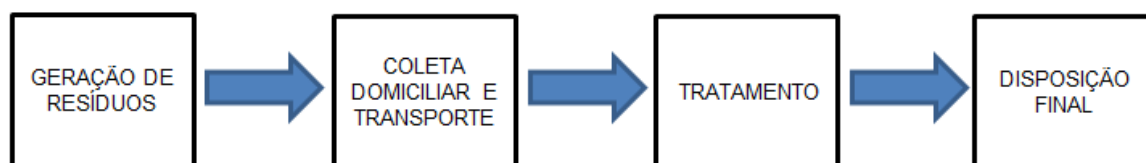


Figura 01 - Fluxo do sistema integrado de resíduos sólidos urbanos. Fonte: OLIVEIRA; PASQUAL (1998).

São indicados programas de limpeza urbana, destacando condições que sejam alcançadas a máxima redução na produção de lixo, o máximo reaproveitamento e reciclagem de materiais e a disposição dos resíduos de forma mais adequada perante aos aspectos sanitários e ambientais, compreendendo toda a população, auxiliando na redução de custos do sistema e contribuindo na proteção e melhoria do ambiente. Deste modo, para compor um sistema de gerenciamento é necessário não somente a busca por parceiros e entidades, mas por medidas que visem a redução de impactos ambientais decorrentes da geração de resíduos. (MONTEIRO, 2001).

A *coleta* dos RSU e o seu *transporte* para áreas de tratamento e disposição final são medidas do serviço público, de grande valia para a população. Estes resíduos são conduzidos do local de geração até a disposição final, sendo que ocorre o acondicionamento dos resíduos pela participação da população. Dentre os tipos de serviços de coleta, estão: coleta domiciliar (regular ou convencional); coleta de feiras, praias, calçadas e demais logradouros públicos; coleta especial (coleta de entulhos e outros); coleta de resíduos de serviço de saúde e coleta seletiva. (OLIVEIRA; PASQUAL, 1998).

O sistema de *tratamento* dos resíduos sólidos é constituído de medidas e procedimentos que alteram as características físicas, químicas ou biológicas do resíduo, reduzindo o risco à saúde pública e ao meio ambiente. São eles: reciclagem (aproveitamento inorgânico dos resíduos, reduzindo níveis de consumo de energia,

poluição ambiental e visual e auxiliando na saúde pública e limpeza urbana); compostagem (processo biológico de decomposição de materiais orgânicos dos resíduos, obtendo o composto, rico em nutrientes e condicionador de solos), e incineração (consiste na queima do resíduo para transformação de resíduos sólidos, líquidos e gases combustíveis em dióxido de carbono) (OLIVEIRA; PASQUAL, 1998).

Segundo a Lei Federal do Brasil nº 12.305 de 2010, (BRASIL, 2010), a disposição final ambientalmente adequada é caracterizada como sendo a distribuição ordenada dos rejeitos em aterros, levando em consideração normas operacionais específicas de forma a impedir danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos.

A terceirização dos serviços de limpeza pública ganha ênfase frente as administrações públicas, visto que exercem funções de planejar e definir o sistema de coleta; tratar e conceder a disposição final aos resíduos sólidos e realizar a fiscalização ou controle efetivo dos serviços contratados (LINDENBERG, 1991).

Dentre os sistemas de disposição final estão: descarga a céu aberto ou lixão (forma inadequada de disposição sem nenhum sistema de tratamento e proteção ao meio ambiente); aterro controlado (disposição similar ao lixão, porém, os resíduos são cobertos por uma camada de terra, reduzindo odor e poluição visual, no entanto, não há impermeabilização na base e sistema de tratamento do chorume), e aterro sanitário (técnica adequada de disposição de resíduos sólidos com o uso de procedimentos que visem a minimização de impactos a saúde da população e do meio ambiente, possuindo controle e monitoramento ambiental).

Britto (2006) ressalta que destinar o lixo de uma maneira correta é prever o que vai ser aterrado. Embora o gerenciamento integrado dos resíduos seja uma atribuição da prefeitura, os governantes juntos com a comunidade, devem decidir a proporção do lixo a ser aterrada juntamente com a forma que o aterro deve ser feito, levando em consideração que os impactos ambientais, sociais e econômicos da disposição final afetam a população como um todo, tendo em vista que envolver a comunidade torna uma maior conscientização neste aspecto.

3.3 Lixão

O lixão ou vazadouro, consiste no modo mais inadequado de disposição final. Os resíduos são depositados a céu aberto, sem nenhuma medida de proteção ambiental e de saúde pública. A proliferação de vetores de doença e a emissão de poluentes gasosos e líquidos são frequentes, pois resultam da decomposição dos diferentes materiais que contaminam o ar, o solo e os lençóis freáticos (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012).

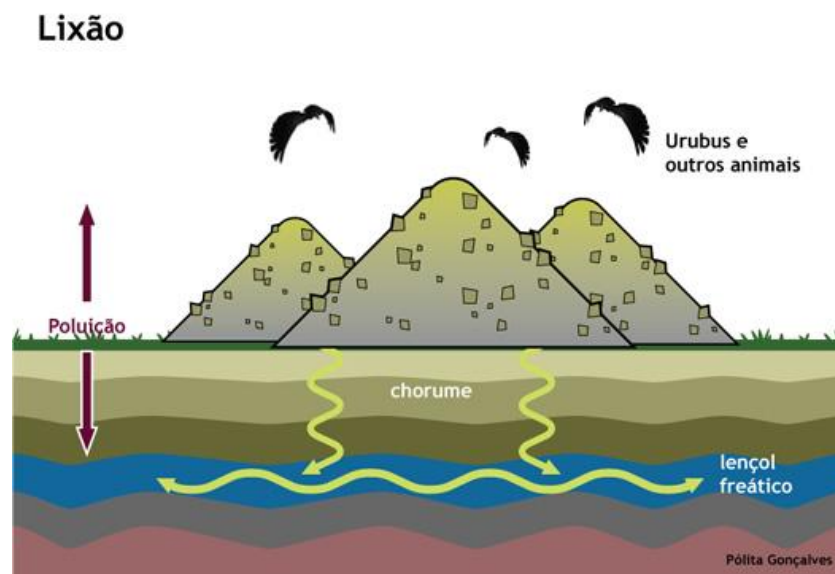


Figura 2: Ilustração da poluição do solo originário do chorume. Fonte: Lixo (2010).

Silva (2011) ressalta que em um lixão não há preparação prévia do solo e nem um sistema de tratamento do chorume. A falta destes tratamentos permite a deficiência no que diz respeito aos riscos ambientais, sociais e econômicos. Como prejuízos ao meio ambiente oriundos do descarte inadequado dos resíduos no solo pode-se citar:

a) Poluição visual: Ampla variedade de lixo descartadas de maneira inadequada, ocasionando um impacto visual na população e contribuindo na perda do valor natural e econômico da área em que o resíduo é descartado.

b) Poluição do solo: Através da decomposição do lixo, ocorre a geração do chorume, este altera as características físico-químicas do solo, tornando-o indisponível para outros fins e conseqüentemente trazendo malefícios ao meio

ambiente. Outra consequência negativa dos lixões é funcionar como criadouros de vetores de doenças (moscas, ratos, baratas).

c) Poluição da água: Descendente do chorume que ao escorrer ou percolar pelo solo, acaba poluindo e modificando as características dos mananciais de água subterrâneos e superficiais.

d) Poluição do ar: Através da decomposição dos resíduos, forma-se gases, como o dióxido de carbono, metano e ácido sulfídrico, ocasionando riscos, explosões, doenças respiratórias para a população vizinha e a queima da vegetação.

Segundo Martins (2007) a descarga de resíduos a céu aberto não leva em consideração os seguintes aspectos:

- A área em que está sendo feita a descarga;
- O escoamento de líquidos formados e percolados, contaminando as águas superficiais e subterrâneas;
- A liberação de gases, em especial o gás metano, considerado um combustível, contudo seja produzido em menor escala devido a não compactação, pois há presença de ar;
- O espalhamento do lixo pelas áreas da cidade devido a ação do vento;
- A possibilidade de criação de animais no local ou nas proximidades vasculhando o lixo como forma de sustento.



Figura 3: Vista geral de um lixão. Fonte: O Cidadão (2013).

Monteiro (2001) relata que o lixão é uma forma inadequada de dispor os resíduos sólidos urbanos, pois provoca inúmeros impactos ambientais negativos. Estes devem ser recuperados para que estes impactos sejam minimizados. Uma forma simples e econômica de recuperação degradada por um lixão fundamenta-se nos seguintes procedimentos:

- Definir com precisão através de funcionários antigos, a extensão da área que recebeu o lixo;
- Delimitar a área, cercando-a completamente;
- Efetuar sondagens com o intuito de definir a espessura da camada de lixo ao longo da área degradada;
- Remover o lixo tal que sua espessura seja menor que um metro;
- Recuperar a área escavada com solo natural da região;
- Executar valetas ao longo de todo o perímetro da pilha de lixo;
- Executar um ou mais poços para a acumulação do chorume coletado pelas valetas;
- Construir poços verticais para a drenagem do gás;
- Espalhar uma camada de solo vegetal sobre a camada de argila;

- Promover o plantio de espécies nativas;
- Implantar poços de monitoramento a montante e a jusante do lixão recuperado.

3.4 Aterro Controlado

O aterro controlado são similares aos aterros sanitários no aspecto da realização da cobertura por uma camada inerte, usualmente terra ou entulho, no final do período diário de trabalho, porém, Reis., Fadigas., Carvalho (2012) relatam que neste tipo de disposição não há impermeabilização da base do solo nem tratamento dos gases ou chorume. Esta técnica reduz os impactos, mas não resolve os problemas.

Como não possui um sistema de coleta de chorume, o líquido fica retido no interior do aterro. É de grande vantagem que o volume de água da chuva que infiltra no aterro seja o menor possível, devido a reduzir a quantidade de chorume, sendo realizada uma técnica para obtenção da mesma utilizando material argiloso para a camada de cobertura provisória e uma camada de impermeabilização superior quando o aterro atingir a cota máxima permitida. Além de ser adequado que a área de implantação do aterro possua um lençol freático profundo com mais de três metros do nível do terreno. (MONTEIRO, 2001).

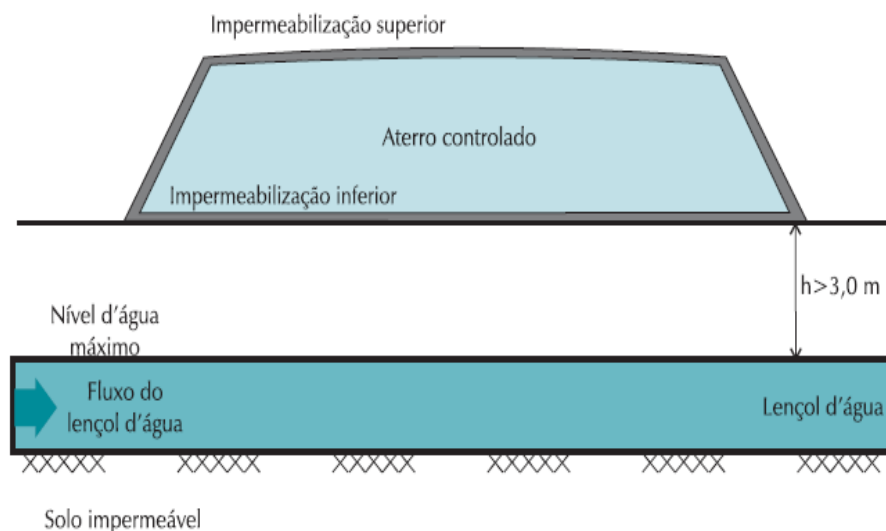


Figura 4: Seção transversal de um aterro controlado. Fonte: Monteiro (2001).

Na maneira como o material é disponibilizado no local, cercado e cobrindo-o, realizando um tratamento controlado deste resíduo, a poluição acaba sendo examinada, uma vez que a extensão da área de disposição é reduzida. Quando se avalia este tratamento comparando com o lixão, é identificado avanços neste procedimento, porém, devido aos impactos ambientais e os custos de operação, sua qualidade é inferior ao aterro sanitário (SILVA, 2010).

Segundo a ABNT, NBR 8.849/1985, (BRASIL, 1985) neste tratamento são destinadas células para a deposição do lixo, sendo seladas e tapadas no preenchimento. Com a saturação do aterro controlado, é realizado o recobrimento da massa de resíduos com camadas de terra de 1,0 a 1,5 m de espessura. Logo após, a área pode ser utilizada para outros fins, como arborização, campos de jogos, entre outros.

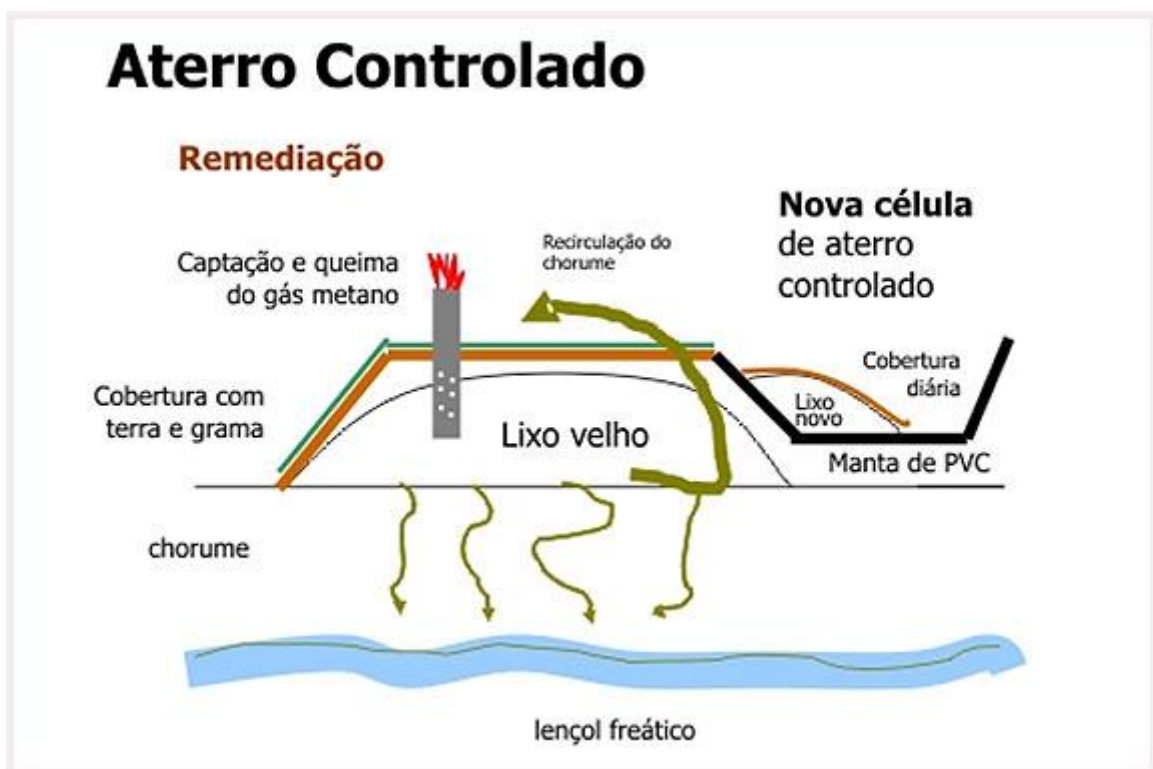


Figura 5: Funcionamento de um aterro controlado. Fonte: Meio Ambiente Online (2012).

3.5 Aterros Sanitários

De acordo com a norma da ABNT NBR 8.419/1992, o aterro sanitário é definido como:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

A Norma Técnica NBR 8419 (ABNT, 1984), traz algumas limitações para a construção e instalação de aterros sanitários, tais como:

- O aterro não deve ser construído em áreas sujeitas à inundação.
- Entre a superfície interior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada de espessura mínima de 1,5 m de solo insaturado.
- O nível do solo deve ser medido durante a época de maior precipitação pluviométrica da região.
- O solo deve ser de baixa permeabilidade (argiloso).
- O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 metros de qualquer curso d'água.
- Deve ser de fácil acesso.
- A arborização deve ser adequada nas redondezas para evitar erosões, espalhamento da poeira e retenção dos odores.
- Devem ser construídos poços de monitoramento para avaliar se estão ocorrendo vazamentos e contaminação do lençol freático.
- O efluente da lagoa deve ser monitorado pelo menos quatro vezes ao ano.

O projeto de um aterro sanitário deve obrigatoriamente conter as seguintes etapas: memorial descritivo, memorial técnico, apresentação da estimativa de custos e do cronograma, plantas e desenho técnico (NBR 8419/84)

Segundo Elk (2007), todo aterro antes de ser implementado deve obter as licenças exigidas pelos órgãos ambientais, municipais, estaduais ou federais.

Através do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o licenciamento deve ocorrer através das seguintes resoluções:

Resolução CONAMA 01/1986: define responsabilidades e critérios para a Avaliação de Impacto Ambiental e determina as atividades que necessitam do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do mesmo o Relatório de Impacto do Meio Ambiente (RIMA).

Resolução CONAMA 237/1997: dispõe sobre o Licenciamento Ambiental, a regulamentação dos seus aspectos como estabelecidos pela Política Nacional do Meio Ambiente.

Resolução CONAMA 308/2002: instruem as diretrizes do Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte, devendo ser requerida as seguintes licenças:

Licença Prévia (LP): requerida com a apresentação do projeto básico, verificando a adequação da localização e a viabilidade do empreendimento.

Licença de Instalação (LI): após a aprovação dos estudos (EIA/RIMA) e o projeto executivo elaborado, é solicitado pelo empreendedor a licença de instalação da obra. Com a permissão da LI, o empreendedor pode dar início a obra do aterro sanitário.

Licença de Operação (LO): depois de ser concluída a obra é solicitada a licença para operar o aterro sanitário, esta será concedida desde que a obra tenha sido estabelecida de acordo com o projeto licenciado na LI.

3.5.1 Projeto

Conforme Elk (2007), o projeto de concepção de um aterro sanitário passa por diferentes etapas. A primeira aplica-se aos estudos preliminares, que baseiam-se na caracterização do município e no desenvolvimento de um diagnóstico de um gerenciamento de resíduos sólidos no local, estes visam o levantamento de informações na geração per capita de resíduos sólidos gerados no município, a composição gravimétrica e os serviços de limpeza. A segunda etapa consiste na escolha da área para a implantação, levando em consideração aspectos técnicos, ambientais, operacionais e sociais, através de levantamentos topográficos,

geológicos, geotécnicos e climatológicos. Para a operação do aterro deve ser procedida do estudo da área, elementos do projeto, monitoramento e operação e uso futuro da área, os quais são listados abaixo:

- Estudo de área

A escolha correta do local traz grandes benefícios, pois diminui custos, evitando gastos desnecessários com infra-estrutura, impedimentos legais e oposição popular. O primeiro passo é uma pré-seleção de áreas disponíveis no município, e em seguida realiza um levantamento dos dados do meio físico e biótico. Para a escolha da área, são utilizados critérios técnicos, econômicas, sociais e políticas. Os técnicos são impostos pela Norma ABNT NBR 10.157 e através da legislação federal, estadual e municipal, abordando aspectos ambientais e as ocupações do solo. Os critérios econômicos referem-se a custos relacionados a aquisição do terreno, manutenção do sistema e investimento em construção. E, os critérios políticos e sociais abordam a aceitação da população para a construção do aterro, acesso a áreas através de vias com baixa densidade e a distância dos núcleos urbanos de baixa renda.

- Elementos de projeto

O projeto de um aterro sanitário deve conter elementos para captação, armazenamento e tratamento dos lixiviados e biogás, além de sistemas de impermeabilização superior e inferior. Quando executados e monitorados de forma correta, esses componentes são de suma importância, tornando a obra mais segura e ambientalmente correta.

- Sistemas de drenagem das águas superficiais: Tem a finalidade de impedir a entrada de água de escoamento superficial no aterro. A definição do local e dimensionamento do sistema de drenagem superficial é considerado a partir dos dados alcançados pelos levantamentos topográficos e climatológicos.

- Sistemas de impermeabilização de fundo e de laterais: Tem por objetivo proteger e evitar a percolação do chorume para o subsolo e aquíferos existentes. No Brasil, é utilizado nas camadas de fundo e laterais, uma camada simples, no qual o material a ser usado é argila compactada de permeabilidade inferior a 10^{-7} cm/s ou geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) com espessura mínima de 1mm.

- **Sistema de drenagem dos lixiviados:** O lixiviado, também chamado de chorume, é gerado de várias origens: umidade natural dos resíduos, o qual retém líquidos pela absorção capilar; através de fontes externas, como água da chuva, superficiais e de mananciais subterrâneos, de água de formação da matéria orgânica e das bactérias, dissolvendo matéria orgânica e formando o líquido. Os lixiviados apresentam alto teor de matéria orgânica e substâncias sólidas, contaminando os lençóis de água subterrâneo. É importante a implantação de um sistema eficaz de drenagem para evitar a acumulação dos mesmos dentro do aterro sanitário. A drenagem pode ser realizada por uma rede de drenos internos composta de tubos perfurados e preenchidos com brita, levando o chorume drenado para um sistema de tratamento.

- **Sistema de tratamento de lixiviados:** Os lixiviados são altamente contaminantes, modificando sua qualidade e quantidade com o passar do tempo em um mesmo aterro. Para o lançamento dos lixiviados, a legislação ambiental exige tratamento adequado, sendo utilizados diferentes métodos. Dentre os processos, os mais comuns são: tratamentos biológicos aeróbios ou anaeróbios (lodos ativados, lagoas, filtros biológicos) e os tratamentos físicos-químicos (diluição, filtração, coagulação, floculação, precipitação, sedimentação, adsorção, troca iônica, oxidação química). Os dois tipos de tratamento podem ser combinados, para obter melhores resultados. Com o intuito de manter o grau de umidade no processo de decomposição dos resíduos orgânicos, o chorume também pode ser recirculado para o interior da massa de resíduos, ou, conduzidos para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

- **Sistema de drenagem dos gases:** É executado por uma rede de drenagem eficaz, que tem por objetivo impedir que os gases escapem pelos meios porosos do subsolo atingindo fossas, esgotos e edificações. Os drenos são formados, por uma coluna de tubos perfurados de concreto e envolvidos por uma camada de brita, sendo fixada na coluna de tubos por uma tela metálica.

- **Cobertura intermediária e final:** O sistema de cobertura diário (intermediário e final) tem por finalidade eliminar a proliferação de vetores, reduzir a formação de lixiviados, diminuir a exalação de odores e impedir a saída descontrolada do biogás. A cobertura diária é feita no final do período de trabalho, já a cobertura intermediária é realizada nos locais onde a superfície de disposição

ficará inativa por mais tempo, e a cobertura final tem a intenção de impedir a infiltração de águas pluviais.

- **Componentes complementares:** Além destes elementos, um aterro sanitário pode contar com os outros componentes, como cercas para impedir a entrada de pessoas e animais, vias de acesso interno transitáveis, área verde ao redor do aterro, sistema de controle de quantidade e tipo de resíduo, oficina de manutenção, iluminação para operação noturna, banheiros, identificação do local as frentes de aterramento.

- **Monitoramento**

Para garantir a preservação do meio ambiente, a qualidade de vida da população, a segurança da obra e principalmente a conservação dos sistemas de drenagem de lixiviados, é necessário um sistema eficaz de monitoramento do aterro durante sua operação e após o término das atividades. O sistema é formado por monitoramento ambiental e geotécnico.

- **Monitoramento ambiental:** Tem por finalidade atender aos órgãos e a legislação vigente de controle ambiental, como: Controle das águas superficiais através de análises físico-químicas e bacteriológicas, a montante e a jusante do aterro; Monitoramento das águas subterrâneas, instalando poços a montante e a jusante no sentido do fluxo ao lençol freático; Estação pluviométrica para aterros de maior porte; Controle da qualidade do chorume depois de ser tratado, utilizando análises físico-químicas; Controle de descarga de líquidos lixiviados no sistema de tratamento.

- **Monitoramento geotécnico:** Determina analisar o comportamento deformacional e aponta as formas de degradação e situações de risco, podendo ser medida com: Inspeção visual (sinal de movimento da massa de resíduos); deslocamento verticais e horizontais; Medidas de pressões de gases e líquidos no interior do maciço.

- **Operação e uso futuro da área**

Após serem concluídas as obras de implantação e ser obtida a licença de operação, acontece o início do recebimento das cargas de resíduo no aterro, obedecendo a um plano operacional, devendo ser simples e contendo todas as atividades rotineiras de um aterro. No final de sua vida útil, um projeto de aterro sanitário deve prever o reaproveitamento da área, utilizada como fontes de lazer,

construção de parques, centros de treinamento, edificações e urbanizações ou para gerações de renda e empregos à população, aplicando iniciativas ambientalmente corretas. Devido a composição heterogênea dos resíduos é comum ter recalques elevados, além de ocorrer mudanças nas características dos resíduos com os processos de degradação química e biológica, dificultando a construção em áreas de aterro, devendo assim, ter uma precaução neste aspecto.



Figura 6 – Funcionamento de um aterro sanitário. Fonte: Meio Ambiente Online (2012).

De acordo com Obladen et al (2009), em sua obra chamada Guia para Elaboração de Projetos de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos, estabelece algumas medidas para o monitoramento adequado do aterro, entre elas estão:

- A Qualidade do ar;
- A poluição sonora;
- A qualidade das águas:
 - Superficiais;
 - Subterrâneas.
- O controle do solo;
- A recuperação vegetal;

- A preservação da fauna terrestre;
- A preservação dos ecossistemas aquáticos;
- O controle do efluente tratado.

Qualidade do ar: Recuperação, restauração e adensamento de áreas comprometidas pelo empreendimento, pela utilização de espécies nativas; Captação dos gases (biogás) para queima ou aproveitamento em projetos de MDL; Plantio de cerca viva nas divisas abertas do aterro para o enfraquecimento dos ventos.

Poluição sonora: A movimentação de veículos, operação de máquinas e equipamentos pesados devem estar dentro dos limites, não sendo expandido para fora do aterro.

Qualidade das águas: Para prevenir a degradação da águas subterrâneas e superficiais, deverá ser monitorado adequadamente, pois o líquido (chorume) altera a qualidade destas águas. Assim, são implantados: rede coletora e tratamento de esgotos sanitários; impermeabilização de valas, células e bacias de contenção; rede coletora e tratamento de águas residuárias, bacias de contenção, pátios e estacionamento de veículos de carga; rede coletora de águas pluviais superficiais para lançamento adequado na hidrográfica; rede coletora e tratamento do chorume; poços de monitoramento de montante e jusante; recirculação do efluente tratado ao corpo do aterro; fertirrigação do efluente tratado, quando recomendado pelo órgão ambiental responsável e lançamento do efluente tratado para diluição na rede hidrográfica.

Controle do solo: Os aterros sanitários projetados e construídos de acordo com as Normas da ABNT e Resoluções CONAMA/SEMA-IAP, buscam reduzir ao máximo a erosão. Para tanto, os cortes que sejam necessários devem evitar o carregamento do solo. As atividades a serem desenvolvidas são: pavimentação dos acessos internos e pátios, considerando uma movimentação mínima do solo por cortes; drenagem de águas pluviais superficiais para o lançamento no caminho do vale e monitoramento dos taludes (plano inclinado que limita um aterro).

Recuperação vegetal: Ocorre com a preservação da mata nativa e o adensamento das redes hidrográficas.

Preservação da fauna terrestre: A avifauna e mastofauna silvestre são expulsas com a implantação de um aterro sanitário. Contrariamente, ocorre a

invasão de vetores (urubus, garças, mamíferos e outros) que representam irregularidades na cobertura diária do aterro, devendo restabelecer o controle para a operação adequada do aterro.

Preservação de ecossistemas aquáticos: Devido a precipitações pluviométricas sobre a área do aterro, pode ocorrer o escoamento superficial das águas, conduzindo sedimentos. Essas devem ser nulas ou de pequena significância.

Controle do efluente tratado: O efluente tratado deverá ter um controle satisfatório e eficiente, tendo em vista as substâncias de alto teor de contaminação presentes no mesmo.

3.6 Cenário Energético Brasileiro

Os dados contidos neste capítulo levam como base o Balanço Energético Nacional – BEN publicado em 2012, referente ao ano de 2011, apresentando os resultados preliminares e reunindo as avaliações sobre quanto e como se usou a energia no Brasil no ano de 2011 e principalmente apresentar a contabilização relacionada à oferta e consumo de energia no Brasil, contendo as atividades de extração de recursos energéticos primários, sua transformação em formas secundárias, importação e exportação, distribuição e uso final da energia.

Os dados estão divididos em duas formas de energias, sendo as renováveis, que são composta por biomassa de cana, hidráulica e eletricidade, lenha e carvão vegetal e lixívia e outras renováveis, e as energias não renováveis que são petróleo e derivados, gás natural, carvão mineral e urânio.

No Brasil, o consumo de petróleo e seus derivados é dominante (38,6%), em seguida o gás natural (10,1%) e carvão mineral (5,6%). Estas fontes de energia consideradas como não renováveis totalizam 55,9% da matriz nacional. Já as energias renováveis somam um total de 44,1% o que é muito significativo.

A participação de energias renováveis na matriz energética brasileira mantém-se entre as mais elevadas do mundo, mesmo com uma pequena redução do ano de 2010 para 2011 devido a menor oferta do etanol. Mesmo assim a participação de renováveis foi mantida em 44,1% bem acima da média mundial que é de apenas 13,3%.

Aumentou-se a participação de energias renováveis na matriz energética brasileira. A presença de renováveis na produção de eletricidade deu um acréscimo de 2,5 pontos percentuais em 2011, atingindo 88. Já na bioeletricidade (a partir da biomassa da cana) houve redução. Em contrapartida o ano de 2011 exibiu condições hidrológicas favoráveis, o que garantiu um aumento de 6,1% na produção de hidroelétrica. Ressaltando a ampliação da geração eólica em cerca de 20%, tornando claro que deve ocorrer de forma mais significativa nos próximos anos.

A oferta interna de energia aumentou 1,3% em 2011, considerada como uma evolução menor que a do PIB (soma de todas as riquezas produzidas no Brasil), que segundo o IBGE expandiu 2,7%. Na demanda de energia o menor crescimento significa que a economia gastou menos energia para produzir a mesma quantidade de bens e serviços. A demanda de energia per capita ficou em 1,41 tep por habitante. Já o consumo final de energia cresceu 2,6% mais do que a oferta interna, atingindo 228,7 Mtep. Assim sendo, que foi usado menos energia para oferecer ao consumidor final o mesmo serviço energético. A diferença entre a oferta interna e o consumo final de energia é o que se gasta nos processos de transformação da energia primária.

As emissões antrópicas (resultantes da ação do ser humano) associadas a matriz energética brasileira atingiram 395,8 MtCO₂^{-eq} no ano de 2011, sendo a maior parte oriundo no setor de transportes.

Em relação a emissões por habitante, cada brasileiro, produzindo e consumindo energia emitiu durante o ano de 2011 cerca de 2,0 tCO₂^{-eq}, resultando em quatro vezes menos que um europeu, nove vezes menos que um americano e menos da metade do que um chinês emite. Por apresentar alto índice na participação de renováveis, na produção de 1 MWh emitindo 56 kg CO₂ no setor elétrico.

3.7 Biogás

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2008), o biogás é definido como sendo:

Um tipo de mistura gasosa de dióxido de carbono e metano, semelhante ao gás natural – mas com menor poder calorífero, produzido naturalmente em meio anaeróbico pela ação de bactérias em matérias orgânicas, que são

fermentadas dentro de determinados limites de temperatura, teor de umidade e acidez. Pode ser produzido artificialmente com o uso de um equipamento chamado biodigestor anaeróbico e utilizando dejetos animais como fonte.

Estimada como uma atividade recente no Brasil que atrai benefícios na redução da emissão de gases do efeito estufa, o uso energético do biogás gerado por aterros sanitários auxilia na redução de mudanças climáticas globais. Por utilizar uma fonte de energia que é desperdiçada na atmosfera, sendo esta a principal vantagem da utilização do biogás, considerada uma energia alternativa, outro ganho que o biogás vem a proporcionar é que a atividade é classificada como um projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, sendo obtidos Certificados de Emissões Reduzidas e estes vendidos como Créditos de Carbono. Embora tenha insuficientes dados sobre a disposição final dos resíduos sólidos no país, o mesmo apresenta potencial para aplicação de projetos do uso de biogás para geração de energia. (ALVES et al, 2008)

Considerado mais leve que o ar atmosférico, oposto a outros gases como o butano e o propano, o biogás apresenta baixos riscos de explosão na medida em que sua acumulação ao nível do solo torna-se mais complexo. Devido a sua baixa densidade, é necessário que se ocupe um volume significativo e que a sua liquefação seja possível a temperaturas abaixo de 0°C, certificando algumas desvantagens nos aspectos de transporte e utilização. (PIEROBON, 2007). O quadro a seguir ilustra a composição do biogás.

Composição do biogás

GASES	QUANTIDADE (%)
Metano	50 a 75
Dióxido de Carbono	25 a 40
Nitrogênio	0,5 a 2,5
Oxigênio	0,1 a 1
Sulfeto de Nitrogênio	0,1 a 0,5
Amoníaco	0,1 a 0,5
Monóxido de Carbono	0 a 0,1
Hidrogênio	1 a 3

Fonte: Silva (2009)

Oliveira; Gomes (2008), descrevem que os resíduos que até então eram desprezados surgem como possibilidades no fator de aproveitamento para a geração de energia elétrica proveniente do biogás. Sua disponibilidade não depende das características de cada região e a potência energética depende apenas da

composição do lixo de cada localidade variando com a época do ano e alterações na disposição de matéria orgânica.

Pecora et al (2008), relata que para a geração de gás de um aterro sanitário depende de muitos elementos, como, a umidade, composição do resíduo, entre outros. A taxa de geração e a formação dos principais componentes do biogás é variável durante um período de tempo. A taxa de decomposição em condições normais atinge um pico entre o primeiro e o segundo ano, diminuindo constantemente com o passar dos anos, tendo em vista que a geração do biogás se prolongue durante 20 anos, segundo estudos. Outro benefício que a queima do biogás proporciona é a redução de gases do efeito estufa, tendo em vista que o gás metano transforma-se em gás carbônico, possibilitando um aquecimento de cerca de 20 vezes menor.

Devido a ausência de ar nos aterros sanitários, temperatura adequada, disponibilidade de água e matéria orgânica estimula o favorecimento de um ambiente adequado a para o desenvolvimento de bactérias anaeróbias, responsáveis pela formação do biogás. A geração de energia a partir do biogás de aterros sanitários exige investimento e planejamento em instalações essenciais de modo que o biogás deverá ser transportado através de tubos de coletas para a usina, utilizando exaustores e compressores para auxiliar. No gerador ocorre a combustão do biogás para geração de eletricidade sendo destinada para a rede elétrica (OLIVEIRA; GOMES, 2008).

No procedimento para gerar energia o biogás é submetido a queima. Da combustão do metano, que é um dos principais gases que compõe o biogás, resulta-se o gás carbônico, entre outros produtos. Após a queima do biogás, já é possível obter grandes vantagens ao meio ambiente, pois o gás carbônico é considerado menos poluente e tem menor intensificação do efeito estufa a comparado com o metano. A queima do biogás proporciona além de dar utilidade a um gás descartado, elimina e reduz o risco de explosão, odores desagradáveis e toxinas do ar. (OLIVEIRA; GOMES 2008).

Segundo Ensinas et al (2004), cada instalação de aproveitamento do biogás em aterros tem sua característica, dependendo da localização, do investimento financeiro, das necessidades energéticas do local e da legislação vigente, considerando avaliação prévia das alternativas de aproveitamento antes de se

definir o projeto. Normalmente os aterros possuem sistema de coleta de biogás gerado pela decomposição do lixo. Há dois tipos de sistema de coleta: passivo e ativo. O sistema passivo tem a função de drenar os gases para a atmosfera evitando a emissão descontrolada na superfície e impedindo a migração dos gases para áreas vizinhas. Já o sistema ativo possui exaustores e compressores, e é utilizado em projetos de aproveitamento energético do biogás.

O biogás pode ser substituído pelos gases de origem animal, como o GLP (popularmente conhecido como gás de cozinha) e o gás natural, e também sendo utilizado na geração de energia elétrica, sendo esta necessária a utilização de geradores elétricos específicos. (SANTOS, 2008)

De acordo com o Manual para Aproveitamento de Biogás (2009), por conter um alto teor de metano (CH_4), o biogás exerce diferentes aplicações energéticas. Sua principal aplicação é como combustível em motor de combustão interna a gás que movimenta um gerador de energia elétrica, porém, pode ser direcionado na produção de calor de processo, secagem de lodo em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), aquecimento de granjas, secagem de grãos em propriedades rurais, iluminação a gás, queima em caldeiras, tratamento de churume, entre outros.

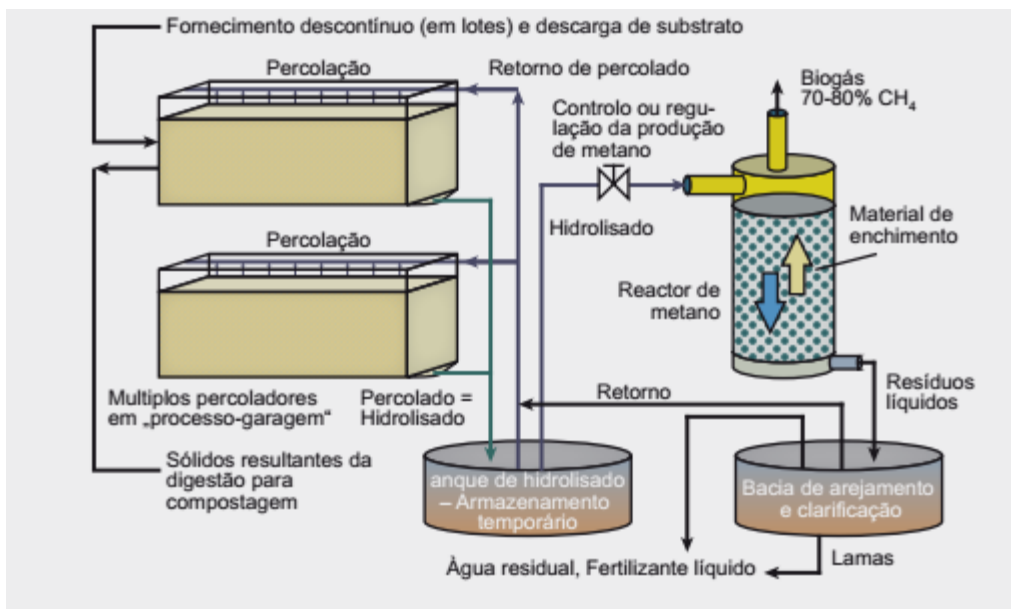


Figura 7: Diagrama do Processo do Biogás. Fonte: GICON (2011).

Independente da melhor escolha para a utilização do metano oriundo da degradação do lixo, o Manual para Aproveitamento de Biogás (2009), cita as etapas

que devem ser seguidas para o aproveitamento do biogás gerado em aterros sanitários. Estas são relatadas abaixo.

3.7.1 Sistema para Extração e Tratamento do Biogás do Aterro

O sistema de extração é constituído por drenos horizontais e verticais, sopradores, filtros para remoção do material particulado e tanques separadores de condensado. Este pré-tratamento tem a função de proteger os sopradores, aumentando sua vida útil. Na grande maioria dos aterros sanitário já existe os drenos, podendo ser adaptados e interligados no sistema de captação, sendo impermeabilizada a parte superior dos drenos, instalando um cabeçote e por fim interligando ao sistema de coleta.

As tubulações dos drenos são interligadas a pontos de regularização de fluxo e estes são interligados a uma linha principal que encaminha o biogás para o sistema de queima em flares ou para o reaproveitamento energético. Através da pressão negativa gerada pelo soprador é que acontece a força motriz par a extração do biogás.



Figura 8: Dreno típico de aterro, que pode ser adaptado no sistema de captação do biogás. Fonte: CENBIO (2009).



Figura 9: Cabeçote de adaptação de dreno existente. Fonte: CENBIO (2009).

Para a verificação da vazão do biogás na linha de entrada diretamente, usa-se uma válvula borboleta, para a indireta um inversor de frequência acoplado ao motor do soprador, sendo acionado por um transmissor de pressão que é instalado na linha de sucção. Desta forma, o inversor de frequência regula o ponto de operação do motor do soprador em função da pressão, mantendo sempre a vazão constante.

Normalmente é instalado na mesma linha um termômetro, que tem por função indicar a temperatura do gás no interior da tubulação. Após o biogás ser extraído, ocorre as etapas de tratamento do mesmo. A primeira é a passagem do biogás por um filtro com o intuito de remover o material particulado que é arrastado junto com o gás. Na montante e jusante deste filtro é instalado medidores de pressão (vacuômetros) com a finalidade de monitorar o aumento da perda de carga e permitir identificar o momento da troca do elemento filtrante.

Depois de passar pelo filtro, o biogás é encaminhado para um tanque separador de líquidos, chamado de desumidificador.

O sistema de desumidificação mais usado são chamados de demisters, que tem a função de evacuar as gotículas de líquidos contidos no biogás, evitando a contribuição para os sopradores do sistema de extração de gases. Após ser livre de partículas sólidas e de gotículas líquidas, o biogás passa pelo soprador - que tem a função de succionar o biogás no interior do aterro, e é guiado para a queima controlada no flare ou para sistemas de aproveitamento energético.

No sistema de captação pode ser utilizado tubulações individuais de captação para cada poço ou grupo de poços de drenagem de gás ligados a pontos de regularização de fluxo (PRs) ou manifolds que são distribuídos pelo aterro. Os pontos de regularização são ligados aos coletores principais. Através de uma válvula instalada na saída de cada manifold controla-se o fluxo de cada conjunto, constituído por no máximo 10 poços. Os pontos de amostragem devem ser instalados em cada tubulação ligando os poços aos PRs, determinando assim as velocidades, temperaturas e umidade do gás com a utilização de um anemômetro portátil. Para mencionar a quantidade da composição do gás gerado em termos de concentração de metano (CH_4), oxigênio (O_2) e ácido sulfídrico (H_2S), é utilizado um fotoionizador, sendo que para a tomada de amostras de gás é necessário usar válvulas de amostragem em cada tubulação sendo que estas são ligadas aos pontos de regularização de fluxo.

Cada m^3 de gás, contém aproximadamente 60 a 100 ml de condensado, devido que o gás extraído do aterro é 100% saturado. A temperatura do gás estará entre 40°C e 50°C no ponto de saída dos drenos. Para o resfriamento ao longo da tubulação é gerado um condensado em grande quantidade. O líquido vai ser direcionado para os pontos mais baixos do sistema devido a tubulação que será instalada com caimento de no mínimo 3% e para impedir o entupimento dos tubos, é necessário implantar drenos com sifões, permitindo que o condensado reinfiltre no depósito de lixo.

3.7.2 Sistema de queima em flares

Qualquer que seja a utilização energética escolhida para o biogás, é recomendado que seja instalado um flare eclausurado, em especial para projetos destinados a obtenção de créditos de carbono, devido que caso haja falha no sistema de geração de energia, é evitado a emissão de metano para a atmosfera e consequentemente a perda de créditos de carbono.

Os flares eclausurados, são construídos em aço carbônico e isolados com fibra cerâmica, possuem queimadores internos que são fixados a um coletor inferior, interligados com o duto do biogás. Este duto apresenta uma bifurcação que envia o gás para os sistemas de geração de energia.



Figura 10: Flare eclausurado. Fonte: Combustec Queimadores (2013).

3.8 Alternativas para uso do biogás

Com o intuito de viabilizar o aproveitamento de biogás em aterros sanitários, existem várias alternativas. O diagrama a seguir, ilustra algumas dessas opções.

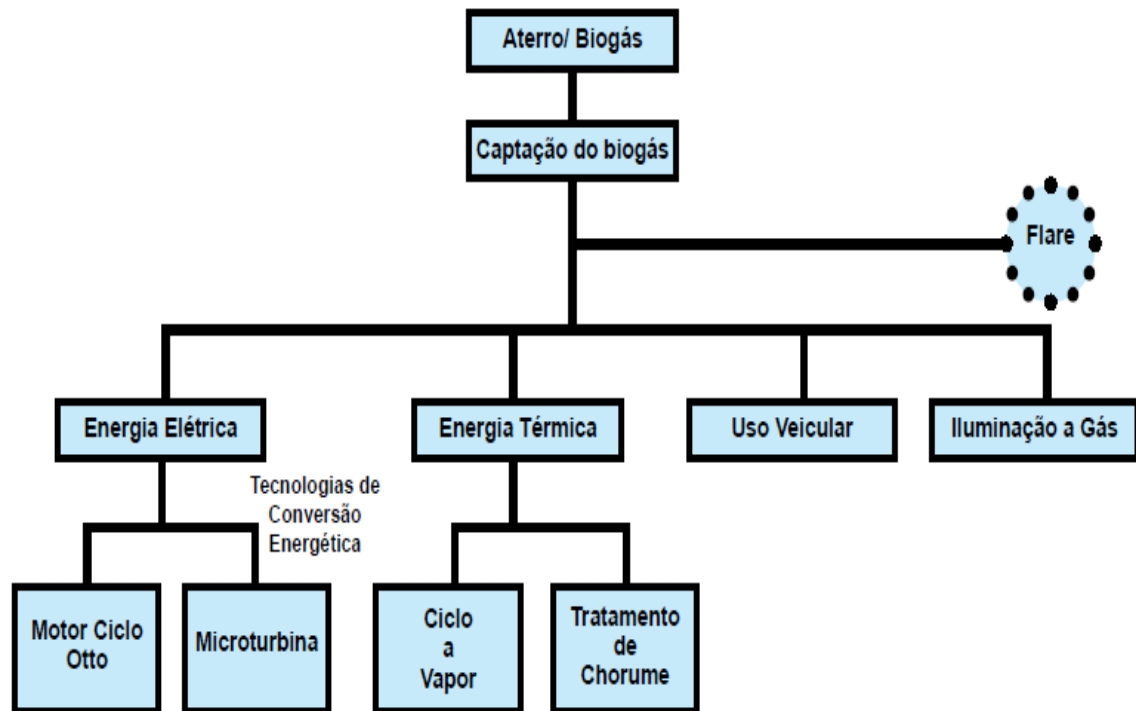


Figura 11: Diagrama com as alternativas de aproveitamento de biogás. Fonte: Instituto Agir (2009).

3.8.1 Geração de energia elétrica

- Motores Ciclo Otto

Utiliza-se o biogás como combustível para a geração de energia. É considerado o equipamento mais utilizado para a queima de biogás por possuir um maior rendimento elétrico e um menor custo comparado as outras tecnologias. São necessárias algumas modificações nos sistemas de alimentação, ignição e taxa de compressão para acontecer a queima nos motores ciclo otto.

- Microturbina a gás

Neste processo move-se a turbina através do gás gerando energia. Nas microturbinas o ar é aspirado e forçado para seu interior em alta velocidade e pressão, sendo misturado ao combustível para ser queimado na câmara de combustão. Através dos gases quentes resultantes da combustão são expandidos na turbina e o calor dos gases da exaustão é aproveitado para o aquecimento do ar de combustão.

3.8.2 Geração de energia térmica

Na geração de energia térmica, as tecnologias existentes são ilustradas na figura a seguir:

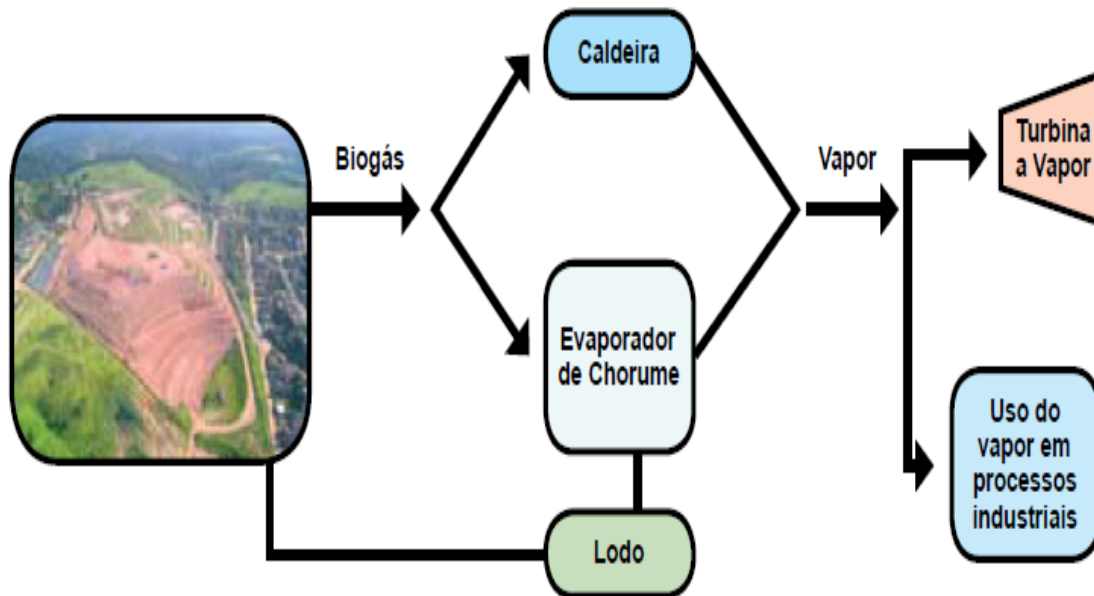


Figura 12: Alternativas para recuperação de energia térmica do biogás. Fonte: Instituto Agir Sustentável, apud Manual para aproveitamento de Biogás (2009)

- Ciclo a vapor Rankine

O gás é queimado como forma de combustível de caldeiras para geração de vapor, movimentando turbinas e gerando energia. O calor da combustão de biogás é utilizado em uma caldeira para gerar vapor, que pode ser usado para processos industriais, aquecimento direto ou geração de energia elétrica por meio do acionamento da turbina a vapor acoplada a um gerador.

- Evaporador de chorume

O chorume oriundo da decomposição anaeróbia dos resíduos, é considerado poluidor de alto nível, É necessário um evaporador, a fim de tratar o chorume, permitindo uma redução de até 70% do volume lixiviado, no equipamento o chorume é aquecido a altas temperaturas, utilizando o biogás como combustível e evaporando a parte líquida e o vapor quente passando pelo processo de purificação ou sendo utilizado na geração de energia térmica.

- Produção de Combustível Veicular

Para o uso veicular é necessário que o biogás passe por um processo de remoção de alguns de seus componentes, sendo alguns: umidade, ácido sulfídrico (H₂S), dióxido de carbono (CO₂) e partículas. É importante a retirada do dióxido de carbono (CO₂) para que a porcentagem de metano fique próxima ao gás natural, para ser usada para os mesmos fins.

- Iluminação a gás

Neste modelo de sistema a iluminação ocorre com a queima direta de biogás. É necessário que os postes de iluminação não sejam instalados próximos aos dutos de biogás em um aterro sanitário, pelo fato que o biogás é considerado altamente explosivo, havendo riscos.

3.9 O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

Através do Protocolo de Kyoto criaram-se mecanismos de flexibilização, o qual permite a redução das emissões ou o aumento da remoção de gases de efeito estufa por suas partes, podendo ser obtidos além de suas fronteiras. Um dos mecanismos criados foi o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). (LIMIRO, 2008)

O MDL é considerado um instrumento jurídico-econômico que reduz a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera através de fontes de emissão ou sumidouros. Originário da mobilização da comunidade internacional, o MDL por meio da Organização das Nações Unidas (ONU), busca soluções para a questão socioambiental causada pelo fenômeno mundial de mudanças climáticas. (NETO, 2009).

Segundo o Artigo 12 do Protocolo de Kyoto ficam estabelecidos os procedimentos e condições a serem seguidos, qualificando projetos a fim de gerar reduções certificadas de emissão.

O Protocolo de Kyoto no artigo 12.2 fica definido:

O objetivo do mecanismo de desenvolvimento limpo deve ser assistir às Partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir às

Partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no art.3º.

E o artigo 12.3 relata que:

(a) As Partes não incluídas no Anexo I beneficiar-se-ão de atividades de projetos que resultem em reduções certificadas de emissões; e (b) As Partes incluídas no Anexo I podem utilizar as reduções certificadas de emissões, resultantes de tais atividades de projetos, para contribuir com o cumprimento de parte de seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3, como determinado pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo.

Limiro (2008), destaca que o MDL é o único dos mecanismos de flexibilização aplicável apenas às Partes Não-Anexo I, ou seja, para os países em desenvolvimento que tenham ratificado o Protocolo de Kyoto. Para os outros, é mantido sob a autoridade da Conferência das Partes, estando sujeito as suas orientações. Sua proposta baseia no desenvolvimento de atividades de projetos nos territórios das Partes Não-Anexo I, reduzindo as emissões de gases do efeito estufa ou removendo, colaborando para o alcance do desenvolvimento sustentável.

O principal objetivo do MDL é incentivar os países em desenvolvimento para que implantem projetos e tecnologias com o intuito da recuperação e preservação ambiental, auxiliando os países desenvolvidos a cumprir metas de redução de emissão estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto, atingindo o desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento, utilizando de recursos dos países desenvolvidos. Assim os países poluidores utilizam uma menor quantidade de recursos, se comparado ao custo de implantação destes projetos no próprio local de emissão. (FIGUEIREDO, 2011).

O Artigo 12.5 do Protocolo de Kyoto relata que:

As reduções de emissões resultantes de cada atividade de projeto devem ser certificadas por entidades operacionais a serem designadas pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, com base em: (a) Participação voluntária aprovada por cada Parte envolvida;(b) Benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima, e (c) Reduções de emissões que sejam adicionais as que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto.

De acordo com Neto (2009), para que um projeto tenha a obtenção de reduções certificadas de emissões (RCE), suas atividades devem proceder a seis fases. A primeira fase corresponde a concepção do projeto, a segunda é a fase de

aprovação e validação do projeto, a terceira é o registro do projeto, a quarta fase consiste no monitoramento da implementação do projeto, a quinta compreende a verificação e a certificação dos créditos de carbono, encerrando com a última fase que é a emissão das RCE.

Ainda segundo Neto (2009), explica cada fase corresponde a obtenção de RCE, sendo:

- O Documento de Concepção do Projeto (DCP): É avaliado pelo órgão delegado certificador para a validação do projeto. Este documento deve conter a descrição das atividades do projeto, a qualificação das pessoas participantes, a metodologia de cálculo da quantificação do cenário de referência e a metodologia da quantificação das reduções de emissões de GEE. Deverá conter também, a justificativa da adicionalidade, o licenciamento ambiental e o comentário das pessoas interessadas no projeto, além do plano de monitoramento.

- Validação: É a fase de avaliação do projeto por uma Entidade Operacional Designada (EOD), para verificar se houve ou não a satisfação dos requisitos do MDL, e também se houve a aprovação pela AND (Autoridade Nacional Designada) e a sua contribuição para o desenvolvimento sustentável.

- Registro do Projeto: É o ato formal de aceitação do proposto como um projeto válido de MDL.

- Monitoramento da Implementação do Projeto: É necessário monitorar todos os dados do DCP em execução pelos participantes do projeto, sendo emitidos relatórios periódicos a EOD sobre os dados monitorados.

- Verificação e Certificação dos Créditos de Carbono: A EOD faz a verificação *in loco*, comprovando o cumprimento das metas de redução de emissões de GEE que o projeto propôs em realizar. Em seguida é certificado por escrito o cumprimento das metas de redução de GEE a determinado período de tempo constante no DCP.

- Emissão das RCE: É comunicado ao Conselho Executivo, para que tendo a certeza da efetiva redução de emissões de GEE alcançada, emita os créditos de carbono sob forma de RCE.

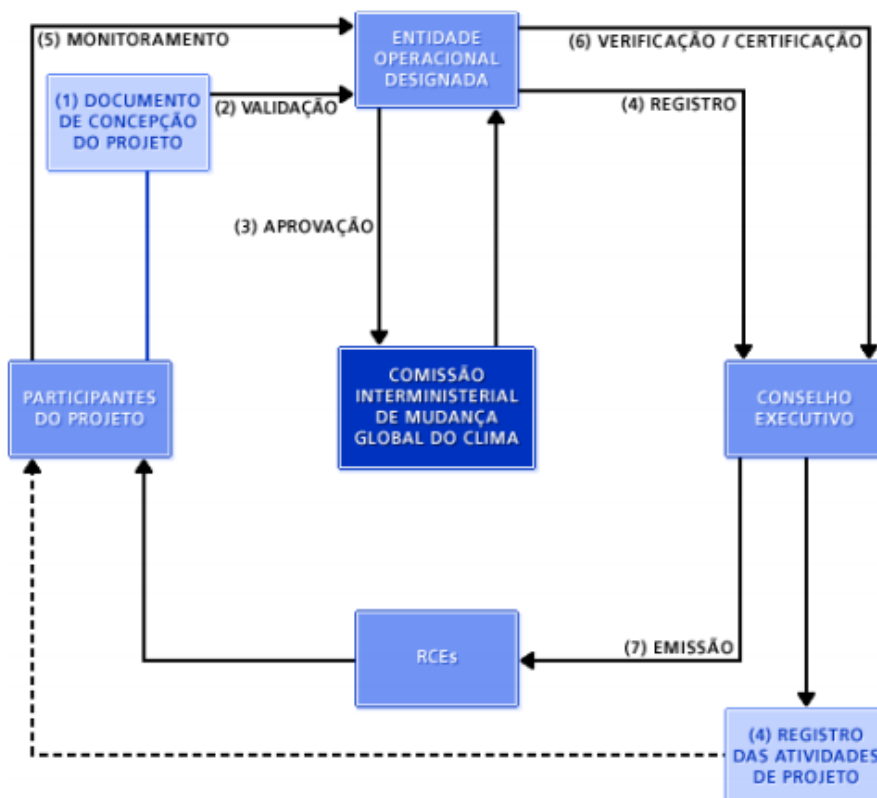


Figura 13: Ciclo de um Projeto de MDL. Fonte: LIMIRO (2011).

3.10 Projetos de MDL em Aterros Sanitários

Limiro (2008), destaca que vinte e sete são o total de projetos de aterros sanitários em processo de validação/aprovação, o que representa apenas 10% de todas as atividades de projeto de MDL desenvolvidas. Apesar desse percentual ser insignificante, esses 27 projetos colaborarão com a redução anual de emissão de gases de efeito estufa em 24%, correspondendo aproximadamente $\frac{1}{4}$. O interessante é salientar que os aterros sanitários podem ganhar duplamente com as atividades de projeto de MDL, como:

1. Mediante a incineração do metano contido no biogás, se faz necessário inutilizar os drenos tradicionais, fazendo com que o biogás seja queimado apenas em flares, precisando ser trabalhada sua capacidade de carga máxima;

2. Através da energia gerada com a queima do biogás, se faz necessário instalar uma subestação elétrica no local, com o intuito de que a companhia de eletricidade possa instalar seus equipamentos para a conexão com o sistema de distribuição.

O Brasil possui um grande potencial gerador de créditos de carbono em aterros sanitários, formando uma oportunidade a fim de promover a sustentabilidade social e ambiental no desenvolvimento municipal do país, através da contribuição para uma gestão mais apropriada dos resíduos sólidos urbanos, sendo que estes projetos devem estar vinculados a políticas de resíduos sólidos auxiliando nas práticas de educação ambiental, reuso, reciclagem e redução favorecendo a geração de biogás. (CRUZ, 2012).

De acordo com Abreu (2009), o Brasil é um dos países com maior experiência com projetos de transformação de biogás em energia. A maioria desses projetos estão sendo colocados em funcionamento nos últimos anos ou estão sendo implantados, incluindo projetos desenvolvidos sob o MDL. Os parâmetros para novas metodologias de projetos de gás de aterro, levaram em conta a definição de linha de base e monitoramento de três aterros sanitários brasileiros, nos termos do MDL, resultando no desenvolvimentos desses projetos não apenas no Brasil como em outras regiões. Porém, há barreiras no mercado para que os projetos atinjam seu potencial, podendo ser técnicas, institucionais, legais e financeiras.

A geração de energia através da captação do biogás originário dos aterros sanitários apresenta-se de maneira eficiente e vantajosa, pois reúne em uma mesma solução uma forma de despoluir com o cumprimento das determinações da ONU e com o MDL estabelecido no Protocolo de Kyoto, gerando ganhos financeiros com a venda de créditos de carbono, além dos benefícios ambientais com a redução do efeito estufa. (MONTILHA, 2005).

Conforme o Manual para Aproveitamento de Biogás em Aterros Sanitários (2009), para escolher a melhor alternativa a ser implantada em um aterro é necessário analisar a viabilidade econômica, entretanto nem sempre é a melhor em termos ambientais. Isto, pode ser comprovado na maioria dos projetos de MDL atualmente implantados, onde ocorre apenas a queima do biogás em flare eclausurado, devido a razões financeiras, desperdiçando assim o grande potencial energético do biogás.

Limiro (2008), destaca que em relação ao desenvolvimento sustentável, a implantação do projeto de MDL nos aterros sanitários contribui em três aspectos, sejam eles, ambiental, social e econômico. No ambiental ressalta que a coleta e a combustão do biogás auxiliarão na redução das emissões de gases de efeito estufa,

além de que a implantação do projeto de MDL propicia a queima eficiente desses gases, removendo os riscos de efeitos tóxicos na comunidade e no ambiente. Quanto ao aspecto social, a maior vantagem é para os catadores, pois diminuem-se o volume dos resíduos depositados nos aterros, além disto a criação de novas vagas de emprego, tendo em vistas novas tecnologias que são instaladas nos aterros. E finalmente no âmbito econômico, uma atividade de projeto de MDL, terá maiores arrecadações devido a atração de investimento estrangeiro, tendo destaque as vendas de RCEs.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme mostrado neste trabalho, por meio da gestão eficiente e correta dos resíduos sólidos urbanos é vantajoso o aproveitamento do potencial energético do biogás tanto em termos econômicos, como em sociais e principalmente ambientais.

O trabalho conclui que os aterros sanitários são alternativas benéficas para a disposição final do lixo, tendo em vista que são captados os gases, e que posteriormente são transformados de metano para gás carbônico, reduzindo dessa forma a emissão de gases do efeito estufa e levando em consideração a geração de energia considerada uma fonte alternativa, renovável e de fácil acesso.

Em relação às propostas de aproveitamento para desenvolvimento de projetos de utilização de biogás é necessário que se faça presente o uso de investimentos de infra-estrutura, sistemas de purificação e equipamentos, avaliando a vida útil do aterro para geração e exploração do biogás.

Por meio deste estudo mostrou-se de maneira apropriada a implantação de um sistema de geração de energia a partir do biogás, sendo totalmente eficaz a alternativa apropriada para os resíduos sólidos urbanos, bem como a eficiência do biogás na redução de gases poluentes da atmosfera e conseqüentemente a diminuição do impacto ambiental causada.

Sendo assim, confirma-se através de uma viabilidade econômica, técnica e ambiental a geração de energia por meio do biogás, estimulando os efeitos ambientais para possíveis projetos de MDL em aterros sanitários.

Através deste estudo fica a motivação para projetos de cunho ambiental que visem as reduções climáticas globais e conseqüentemente gerem projetos de mecanismo limpo, sendo posteriormente vendidos como créditos de carbono, gerando ganhos econômicos, sociais e principalmente ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8.849**: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1985.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8.419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos. Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ABREU, F. de. **Análise de Viabilidade Técnica e Econômica da Geração de Energia Através do Biogás de Lixo em Aterros Sanitários**. 2009. Dissertação (Mestrado em Fenômenos de Transporte) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- ALVES, L.; COLARES, R.; UTURBEY, W. **As atratividades ambientais e econômicas do uso do biogás produzido pelo aterro sanitário de Belo Horizonte para geração de energia elétrica**. 2008. Belo Horizonte: Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos: 2008.
- BRASIL. Decreto nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 147, 03 de agosto de 2010.
- BRITTO, M. C. S. **Taxa de Emissão de Biogás e Parâmetros de Biodegradação de Resíduos Sólidos Urbanos no Aterro Metropolitano Centro**. 2006. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.
- COMBUSTEC Indústria e Comércio de Queimadores. **Flare Eclausurado**. DISPONÍVEL EM: <<http://www.combustecqueimadores.com.br>>. Acesso em 14 maio, 2013.
- CRUZ, S. R. S. **Mercado de carbono em aterros sanitários como instrumento para a inovação em serviços públicos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2012.
- ELK, A. G. H. P. van. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo Aplicado a Resíduos Sólidos**. Redução de Emissões na Disposição Final. Rio de Janeiro: 2007.
- ENSINAS, A. V.; BIZZO, W. A.; SANCHEZ, C. G. Estudo da geração de biogás no aterro delta da cidade de Campinas. **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável**. Florianópolis, 2004.
- FIGUEIREDO, N. J. V. **Utilização de Biogás de Aterro Sanitário para Geração de Energia Elétrica – Estudo de Caso**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- GICON Bioenergie GmbH. **Tecnologias Inovativas para Geração e Valorização de Biogás**. 2011.
- LIMIRO, D. **Créditos de Carbono - Protocolo de Kyoto e Projetos de MDL**. Goiânia: Juruá Editora, 2008.
- LINDENBERG, R. C. **Tendência é partir para a privatização**. Prefeitura Municipal, p.10-11, 1991.

- ICLEI - Manual para aproveitamento de biogás. **Aterros sanitários**. São Paulo: ICLEI, Volume I, 2009.
- MARTINS, D. R. **LIXO: Consumindo com responsabilidade social**. 2007. Monografia (Especialista em Planejamento e Educação Ambiental) - Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2007.
- MCT- Ministério da Ciência e Tecnologia. **Protocolo de Kyoto**. Brasília: 1997.
- MEIO AMBIENTE ONLINE. **Galeria: Limpeza Urbana – Tratamento e Disposição**. Disponível em: <<http://www.meioambienteonline.ufu.br>>. Acesso em 15 maio, 2013.
- MME - Ministério de Minas e Energia. **Levantamento do potencial de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento de dejetos animais no Brasil**. Brasília: 2008.
- MONTILHA, F. **Biogás: Energia Renovável**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil com ênfase Ambiental) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005
- MONTEIRO, J. H. et. al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- NETO, A. L. **Contrato de créditos de carbono - Análise crítica das mudanças climáticas**. Maringá: Juruá Editora, 2009.
- OBLADEN, N. L.; OBLADEN, N. T. R.; BARROS, K. R. de. **Guia para elaboração de Projetos de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos**. Volume III. 2009.
- O CIDADÃO. **Lixão**. Disponível em: <<http://ocidadaorj.com.br>>. Acesso em: 20 abril, 2013.
- OLIVEIRA, K. T. L. L.; GOMES, R. A. Contribuições da Recuperação do Biogás de Aterro Sanitário: uma análise para Goiânia. **Boletim Trimestral Conjuntura Econômica Goiânia**, 2008.
- OLIVEIRA, S. de; PASQUAL, A. **Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Médias e Pequenas Comunidades**. São Paulo: UNESP, 1998.
- O LIXO. **Gestão de Resíduos – Lixão x Aterro**. Disponível em: <<http://www.lixo.com.br/>>. Acesso em 15 maio, 2013.
- PECORA V, FIGUEIREDO N. J. V; VELÁSQUEZ S. M. S. G; COELHO S.T; **Aproveitamento do biogás proveniente de aterro sanitário para geração de energia elétrica e iluminação a gás**. 2008. IEE/CENBIO – Instituto de Eletrotécnica e Energia / Centro Nacional de Referência em Biomassa – Universidade de São Paulo (USP) Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2008.
- PIEROBON, L. R. P. **Sistema de Geração de Energia de Baixo Custo Utilizando Biogás Proveniente de Aterro Sanitário**. 2007. Porto Alegre: Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 2007.
- REIS, L. B. dos; FADIGAS, E. A. F. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**. 2. ed. São Paulo: Manole 2012.
- SANTOS, A. F. da S. **Estudo de viabilidade de aplicação do biogás no ambiente urbano**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

SILVA, N. L. da S. **Aterro sanitário para resíduos sólidos urbanos – RSU - Matriz para seleção da área de implantação.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2011.

SILVA, W. R. da. **BIOGÁS: Potencialidade dos aterros sanitários do estado do Paraná.** 2010. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2010.