



**LIZA EDUARDA SOARES**

**ATERROS SANITÁRIOS COM  
APROVEITAMENTO ENERGÉTICO NO  
BRASIL: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ANÁLISE  
DE POTENCIALIDADES FUTURAS**

**LAVRAS-MG**

**2013**

**LIZA EDUARDA SOARES**

**ATERROS SANITÁRIOS COM APROVEITAMENTO ENERGÉTICO  
NO BRASIL: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ANÁLISE DE  
POTENCIALIDADES FUTURAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras para obtenção do  
Certificado de Pós-Graduação Lato Sensu  
(Especialização) em Formas Alternativas de Energia.

**Orientador**

**Hosmanny Mauro Goulart Coelho**

**LAVRAS-MG**

**2013**

Soares, Liza Eduarda.

Aterros Sanitários com aproveitamento energético no Brasil: Eficiência energética e análise de potencialidades futuras - Lavras: Ufla, 2013.

Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Hosmanny Mauro Goulart Coelho

CDD – xxx.x

LIZA EDUARDA SOARES

**ATERROS SANITÁRIOS COM APROVEITAMENTO ENERGÉTICO  
NO BRASIL: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ANÁLISE DE  
POTENCIALIDADES FUTURAS**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras para obtenção do  
Certificado de Pós-Graduação Lato Sensu  
(Especialização) em Formas Alternativas de  
Energia**

**APROVADA em 11 de março de 2013**

**Dr. Gilmar Tavares**

**UFLA**

**Dr.**

**Dr.**

**Dr. Hosmanny Mauro Goulart Coelho**

**Orientador**

**LAVRAS - MG**

**2013**

## AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio, dedicação e empenho para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos professores do Curso de Pós Graduação em Formas Alternativas de Energia, ministrado na UFLA.

Aos colegas de turma que me possibilitaram maior conhecimento em diversas áreas.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade de aprendizagem e apoio neste trabalho.

Ao professor Dr. Hosmanny Mauro Goulart Coelho pela orientação e dedicação a mim prestados para a conclusão deste trabalho.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

Albert Einstein

## RESUMO

A sociedade busca cada vez mais a qualidade de vida, visto que no passado a sobrevivência do homem era tão somente por fontes naturais. Antes os resíduos gerados em sua maioria eram orgânicos, ou seja, o ambiente tinha condições de reagir e os transformar novamente em fonte de energia para animais e plantas, hoje, porém, a quantidade de “lixo” descartado pela sociedade é substancialmente maior que a capacidade do meio ambiente de se regenerar.

Os lugares corretos utilizados para a destinação final dos resíduos sólidos, os chamados aterros sanitários, ainda são poucos no Brasil. Os lixões servem apenas para tirar o lixo de nossas vistas, não possuem normas e formas corretas de gerenciamento, o que causa degradação ambiental, além de serem fontes de transmissão de doenças para aqueles que vivem nos entornos.

Os estudos a seguir, mostram a evolução dos resíduos e uma possível forma de reutilizá-los, já em lugares específicos (aterros sanitários) em prol da sociedade e do meio ambiente. Todos os dados foram obtidos a partir de consultas e pesquisas bibliográficas referentes a resíduos sólidos urbanos, aproveitamento energético e geração de energia através do biogás.

## **ABSTRACT**

The society seeks more quality of life, as in the past man's survival was merely by natural sources. Before the waste generated were mostly organic, the environment was able to react and transform back into a source of energy for animals and plants today, however, the amount of "junk" discarded by society is substantially higher than the environment's ability to regenerate.

The right places used for the disposal of solid waste in Brazil are still scarce, called landfills. The dumps are only to take out the trash from our sight, do not have proper rules and forms management, which causes environmental degradation, besides being a source of disease transmission for those who live around it.

The studies will show the evolution of waste and a way to reuse them, as in specific places (landfills) on behalf of society and the environment. All data were obtained from literature searches and queries relating to municipal solid waste, energy use and generation of energy through biogas.



## **LISTA DE SIGLAS**

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**BEN** – Balanço Energético Nacional

**CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente

**CQNUMC** – Convenção Quadro das Nações Unidas Sobre Mudanças do Clima

**CRT** – Central Tratamento Resíduos

**GEE** – Gases de Efeito Estufa

**GLP** – Gás Liquefeito de Petróleo

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**MDL** – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

**MMA** – Ministérios do Meio Ambiente

**PEAD** – Polietileno de Alta Densidade

**PMSP** – Prefeitura Municipal do Estado de São Paulo

**PNAD** – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

**RSU** – Resíduos Sólidos Urbanos

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Matriz Energética Brasileira.....	21
Figura 2 Ilustração de um Aterro Sanitário.....	25
Figura 3 Vista do Aterro Bandeirantes.....	39
Figura 4 Vista geral do Aterro São João.....	40
Figura 5 Vista do Aterro CTR Nova Iguaçu.....	41
Tabela 1 Redução de Emissões de GEE.....	23
Tabela 2 Composição do biogás gerado em aterro.....	30
Tabela 3 Desenvolvimento do Aterro CTR Nova Iguaçu.....	43
Tabela 4 Comparativo entre os aterros analisados.....	46

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
3.1 Definição RSU.....	16
3.2 Classificação dos resíduos sólidos.....	16
3.2.1 Resíduos Classe I – Perigosos.....	16
3.2.2 Resíduos Classe II – Não perigosos.....	20
3.3 Cenário Energético.....	20
3.4 MDL – Mecanismo de desenvolvimento limpo.....	21
3.5 Aterros Sanitários.....	23
3.6 Extração e tratamento do biogás de aterro.....	26
3.7 Geração de energia elétrica através dos RSU.....	28
3.8 Possibilidades para utilização do biogás de aterro.....	30
3.8.1 Energia Elétrica.....	31
3.8.2 Energia Térmica.....	31
3.8.3 Energia de uso veicular.....	32
3.8.4 Iluminação a gás.....	33
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
4.1 Tema e objetivos.....	34
4.2 Embasamento teórico.....	35
4.3 Resultados.....	35
4.4 Considerações finais.....	36
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>37</b>
5.1 Descarte e destino dos RSU.....	37
5.2 Aterros Sanitários com aproveitamento do biogás no Brasil.....	38
5.2.1 Aterro Sanitário Bandeirantes – São Paulo.....	38
5.2.2 Aterro Sanitário São João –São Paulo.....	39
5.2.3 Aterro Sanitário CTR Nova Iguaçu – Rio de Janeiro.....	40

<b>5.3 Eficiência energética.....</b>	<b>41</b>
<b>5.4 Capacidade de geração de energia.....</b>	<b>43</b>
<b>5.5 Energia do lixo.....</b>	<b>46</b>
<b>5.6 Vantagens e desvantagens do biogás.....</b>	<b>47</b>
<b>6. Considerações finais.....</b>	<b>49</b>
<b>Referência Bibliográficas.....</b>	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O modelo econômico atual nos obriga ao consumo dos descartáveis, já que tudo o que compramos parece ser feito para durar menos, e nossas vidas acabam sempre girando em torno do comércio. Podemos dizer que hoje temos uma vida mais confortável, com um poder de escolha maior, mas também temos mais propagandas, *marketing* e conseqüentemente um consumo excessivo de produtos com um imenso descarte sem a preocupação de onde nossos resíduos vão parar.

É fácil dizer que a taxa de descarte cresceu porque os seres humanos se desenvolveram e continuam se desenvolvendo aceleradamente, mas o que também cresce e poucos notam é a “vida descartável” que criamos. Diariamente, milhares de consumidores saem às compras em busca de algo novo para suas vidas, seja um carro novo, um eletrodoméstico, comida ou qualquer outra coisa que julguem necessário. Para tanta vontade e procura, é necessário mais investimento, como novas indústrias e muito mais energia capaz de suprir cada necessidade do homem. Porém, sabemos que gerar mais energia implica em mais impactos ambientais, portanto, atender às necessidades humanas e gerar energia sem causar danos significativos ao meio ambiente é uma tarefa cada vez mais desafiadora para aqueles que se preocupam com nossas áreas verdes.

A cada nova atividade, podendo ser ela simples como um acender de luzes ou mais complexa como a criação de uma nova indústria, exige a utilização de algum tipo de energia. Essas energias podem vir por meio de combustíveis fósseis ou não, e a junção delas nos dá nossa matriz energética, que hoje é constituída por mais de 40% de fontes renováveis, como energias vindas do vento, da biomassa e da água.

A forma mais evidente de energia dentre todas as outras e também a que as pessoas realmente se preocupam é a eletricidade, quase tudo que utilizamos depende dela para funcionar, porém não nos damos conta do quanto a desperdiçamos e o quanto poderá ela nos fazer falta se não mantivermos o controle. Hoje são raros aqueles que conseguiriam viver sem computador, celular, ar condicionado e água quente no banho, e são raros também aqueles que se preocupam em estudar e utilizar novas formas de energia, como a biomassa, para a diminuição de gastos e poluição ambiental.

Segundo José Goldemberg, professor do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP, a matriz energética mundial sofrerá sérias mudanças nos próximos 40 anos, devido à dependência dos combustíveis fósseis que a maioria dos países têm. O professor ressalta que a obtenção desses combustíveis será mais difícil, tornando-os mais caros e até inexistentes em alguns lugares. Goldemberg ainda nos mostra que o Brasil representa apenas 2% do consumo mundial de energia, e que estamos no caminho certo quanto à utilização de formas alternativas de energia.

Os RSU antes de sumirem dos nossos olhos passam por muitas etapas, e o mais importante é que mesmo depois de aterrados podem gerar energia e contribuir para um desenvolvimento mais sustentável. O estudo e um melhor conhecimento de tudo o que descartamos e julgamos inutilizável pode nos despertar um olhar diferente para o futuro, principalmente quando dizemos que esses resíduos são capazes de gerar energia elétrica para a população mundial.

Tendo isso em vista, o presente trabalho detalha aspectos normativos e específicos referentes a aterros sanitários, biogás, destinação de resíduos, fornecimento de energia elétrica, clima e potencialidades futuras.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Enfatizar estudos sobre Aterros Sanitários com aproveitamento energético no Brasil, sua eficiência energética e analisar potencialidades futuras.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Mostrar a importância do correto descarte e destinação de resíduos sólidos urbanos;
- Enfatizar o aproveitamento energético do biogás em aterros sanitários;
- Avaliar a eficiência energética para estudos futuros.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Definição de Resíduos Sólidos**

Segundo a ABNT NBR 10004:2004, resíduos sólidos são os resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição 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 tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

#### **3.2 Classificação dos resíduos**

##### **3.2.1 Resíduos classe I - Perigosos**

###### **Inflamabilidade**

Um resíduo sólido é caracterizado como inflamável se uma amostra representativa dele, obtida conforme a ABNT NBR 10007, apresentar qualquer uma das seguintes propriedades:

- a)** Ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60°C, determinado conforme ABNT NBR 14598 ou equivalente, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 24% de álcool em volume;



- b) Não ser líquida e ser capaz de, sob condições de temperatura e pressão de 25°C e 0,1 MPa (1 atm), produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas e, quando inflamada, queimar vigorosa e persistentemente, dificultando a extinção do fogo;
- c) Ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material;
- d) Ser um gás comprimido inflamável, conforme a Legislação Federal sobre transporte de produtos perigosos (Portaria nº 204/1997 do Ministério dos Transportes).

### **Corrosividade**

Um resíduo é caracterizado como corrosivo se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) Ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5;
- b) Ser líquida ou, quando misturada em peso equivalente de água, produzir um líquido e corroer o aço a uma razão maior que 6,35 mm ao ano, a uma temperatura de 55°C.

### **Reatividade**

Um resíduo é caracterizado como reativo se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) Ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar;
- b) Reagir violentamente com a água;
- c) Formar misturas potencialmente explosivas com a água;
- d) Gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água;
- e) Ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou temperatura em ambientes confinados;
- f) Ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25°C e 0,1 MPa (1 atm);
- g) Ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo preparado para este fim.

### **Toxicidade**

Um resíduo é caracterizado como tóxico se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) Quando o extrato obtido desta amostra, segundo a ABNT NBR 10005, contiver qualquer um dos contaminantes em concentrações superiores aos valores constantes na norma. Neste caso, o resíduo deve ser caracterizado como tóxico, com base no ensaio de lixiviação.

b) Possuir uma ou mais substâncias constantes no anexo C e apresentar toxicidade. Para avaliação dessa toxicidade, devem ser considerados os seguintes fatores:

- Natureza da toxicidade apresentada pelo resíduo;
- Concentração do constituinte no resíduo;
- Potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para migrar do resíduo para o ambiente, sob condições impróprias de manuseio;
- Persistência do constituinte ou qualquer produto tóxico de sua degradação;
- Potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para degradar-se em constituintes não perigosos, considerando a velocidade em que ocorre a degradação;
- Extensão em que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, é capaz de bioacumulação nos ecossistemas;
- Efeito nocivo pela presença de agente teratogênico, mutagênico, carcinogênico ou ecotóxico, associados a substâncias isoladamente ou decorrente do sinergismo entre as substâncias constituintes do resíduo;

c) ser constituída por restos de embalagens contaminadas com substâncias constantes na norma;

d) resultar de derramamentos ou de produtos fora de especificação ou do prazo de validade que contenham quaisquer substâncias constantes na norma;

e) ser comprovadamente letal ao homem;

f) possuir substância em concentração comprovadamente letal ao homem.

### **Patogenicidade**

Um resíduo é caracterizado como patogênico se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, contiver ou se houver suspeita de conter, micro-organismos patogênicos, proteínas virais, ácido desoxirribonucleico (ADN) ou ácido ribonucleico (ARN) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmódios, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais.

### **3.2.2 Resíduos classe II – Não perigosos**

#### **Resíduos classe II A – Não inertes**

Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos, ou de resíduos classe II B - Inertes, nos termos da norma. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

#### **Resíduos classe II B – Inertes**

Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

### **3.3 Cenário Energético**

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN), publicado no ano 2009, os combustíveis derivados de petróleo ainda somam a maioria das fontes energéticas utilizadas no país.

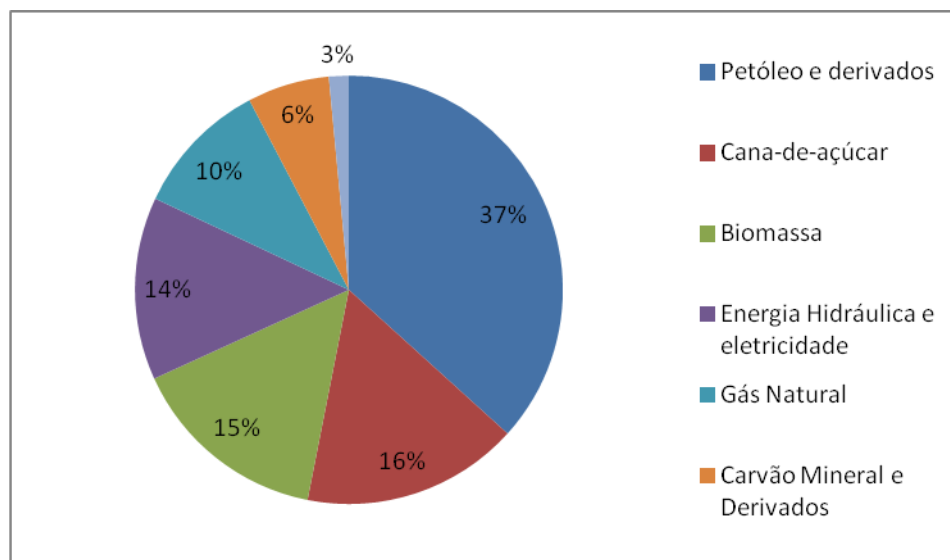


Figura 1: Matriz Energética Brasileira

Fonte: BEN, 2009.

Podemos concluir que a soma de todas as energias não renováveis resultam em mais de 50% da matriz brasileira, o que é preocupante do ponto de vista ambiental, e que a utilização das energias renováveis deve ser elevada e passar a assumir uma posição de mais destaque de agora em diante.

É fácil percebermos que em nosso país, ainda somos dependentes de derivados do petróleo, e também temos conhecimento de que esta é uma fonte finita de energia, ponto importante que nos faz começar uma modificação na maneira de pensarmos, e dar devida importância às fontes de energia renováveis, visando, por exemplo, um maior aproveitamento dos RSU.

### 3.4 MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo foi iniciado por uma proposta brasileira à CQNUMC (Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima). O MDL é um instrumento que permite a países em desenvolvimento ou aqueles sem compromissos de redução na emissão de GEE a participarem da proposta. O mercado de créditos de carbono surgiu no ano de 1997, com a assinatura do Protocolo de Kyoto (documento que determina que países do Anexo I reduzam as emissões de GEE em 5,2% relativas ao ano de 1990, entre 2008 e 2012).

Para o cumprimento das metas estipuladas, os mecanismos de flexibilização são alternativas favoráveis, pois caso algum país constante na lista não consiga atingir as metas reduzindo suas emissões, esse país poderá contar com outras nações que possuam o MDL, comprando seus créditos. Esses créditos seriam comprados, em tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente, pelos países desenvolvidos daqueles países em desenvolvimento (chamados de Partes Não Anexo I) que seguissem o projeto de MDL.

Existem também os mecanismos adicionais de implementação, que incluem, além do MDL, a Implementação Conjunta e o Comércio de Emissões, porém o MDL é o único desses mecanismos que permite a participação de países em desenvolvimento, como o Brasil.

Segundo o Guia de Orientação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, o objetivo final de mitigação de gases de efeito estufa é atingido através da implementação de atividades de projeto nos países em desenvolvimento que resultem na redução da emissão de gases de efeito estufa ou no aumento da remoção de CO<sub>2</sub>, mediante investimentos em tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso

da energia, florestamento e reflorestamento, entre outras. Para efeitos do MDL, entende-se por atividades de projeto (*project activities*) as atividades integrantes de um empreendimento que tenham por objeto a redução de emissões de gases de efeito estufa e/ou a remoção de CO<sub>2</sub>. As atividades de projeto devem estar exclusivamente relacionadas a determinados tipos de gases de efeito estufa e aos setores/fontes de atividades responsáveis pela maior parte das emissões, conforme previsto no Anexo A do Protocolo de Kyoto.

<b>Reduções de Emissões de GEE</b>			
<b>Energia</b>	Processos Industriais	Agricultura	Resíduos
<b>CO<sub>2</sub> – CH<sub>4</sub> – N<sub>2</sub>O</b>	<b>CO<sub>2</sub> – N<sub>2</sub>O – HFCs – PFCs – SF<sub>6</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub> – N<sub>2</sub>O</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>
Queima de Combustível			
Setor energético; Indústria de transformação; Indústria de construção; Transporte; Outros setores	Produtos minerais; Indústria química; Produção de metais; Produção e consumo de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre;	Fermentação entérica; Tratamento de dejetos; Cultivo de arroz; Solos agrícolas; Queimadas prescritas de cerrado;	Disposição de resíduos sólidos; Tratamento de esgoto sanitário; Tratamento de efluente líquido;
Emissões Fugitivas de Combustíveis	Uso de solventes;	Queimadas de resíduos agrícolas.	Incineração de resíduos.
Combustíveis sólidos; Petróleo e gás natural	outros.		
<b>Remoções de CO<sub>2</sub></b>			
<b>Florestamento/Reflorestamento</b>			
<b>Remove: CO<sub>2</sub> Libera: CH<sub>4</sub> – N<sub>2</sub>O – CO<sub>2</sub></b>			

Tabela 1: Reduções de Emissões de GEE.

Fonte: Guia de Orientação – MDL

### **3.5 Aterros Sanitários**

De uma forma geral, os Aterros Sanitários trabalham em fases, que vão sendo concluídas e dispostas de acordo com a capacidade do local e com o gerenciamento utilizado.

Existem os setores de preparação, execução e finalização:

Setor de preparação: Lugares utilizados para a disposição dos resíduos que serão recebidos futuramente. É nesta fase em que o Aterro tem seus cuidados iniciais e imprescindíveis para um bom funcionamento, onde deve haver a impermeabilização do solo, tubos para drenagem de chorume, nivelamento correto, saídas de gás e cercas que evitem a transição de animais e diminuam a poluição visual do local.

Setor de execução: Lugares já preparados segundo as normas específicas e que estão em serviço diário. Normalmente antes de serem aterrados, os resíduos são pesados com o intuito de controlar a capacidade e vida útil do Aterro.

Setor concluído: Local onde o espaço destinado ao aterramento dos resíduos já foi totalmente utilizado e finalizado. Quando isso acontece, o topo do setor deve ser revegetado, os gases queimados e o chorume destinado ao tratamento. Esse setor deve ininterruptamente ser monitorado, para evitar problemas e avaliar as obras e gerenciamento do aterro.



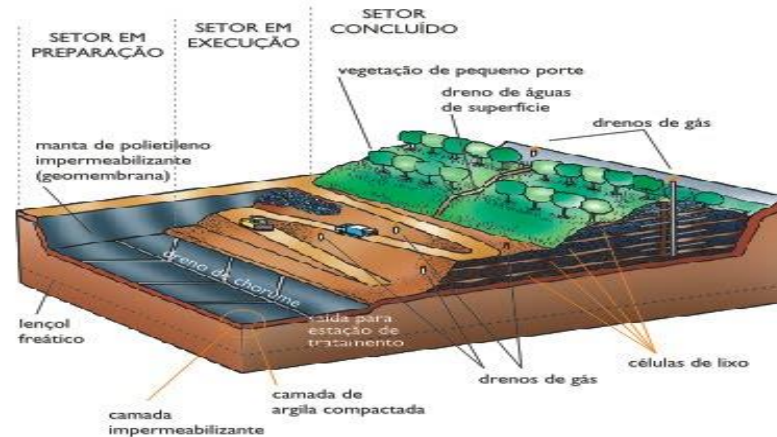


Figura 2: Ilustração de um Aterro Sanitário.

Fonte: IGCE, 1999.

Os aterros sanitários são projetados por engenheiros, com o objetivo de reduzir os impactos causados pelo lixo. Os resíduos são compactados e cobertos com camadas de terra. O local de disposição é impermeabilizado e isolado dos centros urbanos, visto que o processo de degradação tem chorume (líquido gerado pela degradação da matéria orgânica) e metais pesados como alguns de seus produtos finais.

### **Vantagens dos Aterros Sanitários**

Segundo Jardim, N.S, Coord. Lixo Municipal de São Paulo (1995), existem pontos positivos quanto aos aterros sanitários que devem ser levados em consideração. São eles:

- Evita o contato direto dos seres humanos com o lixo;
- Diminui o risco de contaminação das águas;

- Controla a proliferação de animais e insetos;
- Possui baixo custo operacional;
- Pode ser usado como fonte de energia pelo aproveitamento do biogás.

### **3.6 Extração e tratamento do biogás de aterro**

Com o desenvolvimento tecnológico evidente, hoje é possível retirar o gás de aterros sanitários já em funcionamento, e não necessariamente ter que se iniciar do zero a construção e implantação de um aterro com o aproveitamento energético incluso no projeto, o que pode ser considerado um ponto positivo, já que as instalações para a retirada do gás podem ser feitas de acordo com a necessidade do aterro, evitando um maior investimento inicial.

Para se retirar o biogás exige-se um sistema básico composto por drenos (horizontais e verticais), sopradores, filtros (utilizados para a separação e remoção de materiais particulados), e tanques separadores de condensado. A remoção inicial de materiais particulados e líquidos é extremamente importante, visto que essa ação protege e aumenta a vida útil dos sopradores. Em aterros sanitários, é comum a utilização de drenos, e estes podem ser adaptados e interligados ao sistema de captação quando se encontrarem em boas condições de vazão. Para a adaptação, são utilizados impermeabilizantes na parte superior, instalação de um cabeçote e interligação ao sistema. Os drenos são interligados aos pontos de regularização de fluxo (*manifolds*), que são interligados à linha principal, conduzindo o biogás aos sistemas de queima ou aproveitamento energético.

A vazão do biogás é diretamente controlada por uma válvula borboleta e por um inversor de frequência acoplado ao soprador, que é acionado por um

transmissor de pressão que já fora instalado na linha de sucção. O inversor regula a operação do motor do soprador, o que mantém a vazão de todo o processo constante. Ainda se instala um termômetro, que indica a temperatura do gás dentro da tubulação.

Na primeira parte da extração, o gás passa pela filtragem e os particulados são retirados. Antes e depois do filtro são utilizados medidores de pressão para o monitoramento da perda de carga e mostrar o momento de troca do filtro.

Após passar pelo filtro, o biogás se desloca para um desumidificador, de onde sai isento de partículas sólidas ou líquidas, vai, então, para o soprador e depois é encaminhado para o aproveitamento energético ou para a queima, dependendo da utilização desejada.

Um sistema de captação de gases pode trabalhar com tubulações individuais, ou em grupos para cada poço de drenagem ligado a pontos de regularização de fluxo, já distribuídos pelo aterro sanitário. Sendo assim, cada um será responsável pelo recebimento de gases de conjuntos de poços horizontais mais próximos. Os conjuntos de poços devem ser divididos em no máximo 10 por vez, e, para o controle de fluxo uma válvula borboleta, é instalada na saída de cada ponto. Além disso, em cada tubulação devesse ter um ponto de amostragem que funcionará como um determinador de características, como temperatura e umidade.

Estudos e estratégias para evitar problemas como entupimento dos tubos são necessários, visto que o gás extraído é 100% condensado, o que acaba gerando uma grande quantidade de material condensado, que não deve interferir no processo.

### 3.7 Geração de energia elétrica através dos RSU

As primeiras instalações para a geração de energia elétrica por biogás de aterro que se conhece, vem da década de 80, onde as primeiras termelétricas entraram em operação na Europa, Estados Unidos e Japão. O interesse por novas tecnologias que têm o objetivo de minimizar os impactos ambientais torna-se assunto de interesse mundial, equipamentos capazes de filtrar gases nocivos, parcerias municipais e governamentais incentivaram pesquisadores e o governo a investirem no conceito de um mundo menos poluído e mais ecológico.

Processos biológicos ou de incineração, são técnicas que permitem a geração de energia e diminuem quase totalmente o serviço dos aterros sanitários. Quando são biológicos, os processos tendem a agredir menos o meio ambiente, e é do processo de degradação da matéria que são emitidos os gases, no qual o metano, é captado e reutilizado na forma de energia. Ter como foco os aterros sanitários já existentes em diversas cidades em todo o país é um ponto a ser explorados, pois pode-se retirar gases a curto e médio prazo, visto que gases são produzidos por mais de dez anos, variando para mais ou menos tempo, de acordo com a quantidade e características específicas de cada região. Pode-se dizer que a utilização de biogás de aterro é a forma mais simples de se aproveitar resíduos.

Ao falarmos em gases nocivos e efeito estufa, podemos dizer que o gás metano é 21 vezes maior que o CO<sub>2</sub>, e que ao recuperarmos o mínimo, já fará uma grande diferença, além de estar sendo utilizado para fins benéficos em diversos setores.

A geração deste gás se dá através de processos ocorridos durante todo o período em atividade e vida útil de aterros:

**1ª - Fase anaeróbia**

É produzido o  $\text{CO}_2$ , e também o  $\text{N}_2$  em altas quantidades, que sofreram um declínio em fases seguintes;

**2ª - Fase de esgotamento de  $\text{O}_2$** 

Resulta em um ambiente anaeróbio com grandes quantidades de  $\text{CO}_2$  e um pouco de  $\text{H}_2$  produzido;

**3ª - Fase Anaeróbia**

Há uma redução no  $\text{CO}_2$  produzido, e começa-se a produção de  $\text{CH}_4$ ;

**4ª - Fase final**

Produção praticamente estável de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ .

Para se ter um sistema completo e um padrão para a coleta de biogás são necessários poços de coletas, tubos condutores, um sistema de tratamento e um compressor. O tempo de cada fase descrita acima depende de características específicas de cada aterro e o dos resíduos nele tratados, já para os gases excedentes no processo de coleta do biogás são queimados para evitar maiores problemas ambientais.

A vantagem maior de todos esses estudos é conseguir fazer com que gases de efeito estufa não sejam desperdiçados, visto que têm utilidades energéticas como, geração de energia elétrica, combustíveis, vapor entre outros.

Quando utilizado para a geração de energia elétrica, o biogás em geral trabalha alimentando grupos motor-gerador de combustão interna de baixa potência.

**Vantagens do aproveitamento do biogás de aterro:**

- Redução de gases de efeito estufa;

- Receita adicional para aterros existentes (energia + créditos de carbono);
- Utilização para geração de energia ou como combustível;
- Redução da possibilidade (remota) de ocorrência de auto-ignição e/ou explosão pelas altas concentrações de metano.

Na tabela 2, podemos visualizar a composição do biogás gerado em aterros:

COMPONENTES	QUANTIDADE	CONSIDERAÇÕES
Metano (CH <sub>4</sub> )	60%	Gás combustível, sendo um dos gases causadores do efeito estufa com potencial de aquecimento global 21 vezes superior ao do CO <sub>2</sub> .
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	~ 45%	Gás causador do efeito estufa
Outros Gases – Hidrogênio, Nitrogênio, Oxigênio, Amônia, Ácido Sulfídrico, Aminas Voláteis e Monóxido de Carbono	~ 5%	Entre esses gases, destaca-se o H <sub>2</sub> S, que além de mau odor, pode levar à ocorrência de chuva ácida

Tabela 2: Composição do biogás gerado em aterro

Fonte: WILLUMSEN, 2001.

### 3.8 Possibilidades para utilização do biogás de aterro

Depois de canalizado e extraído dos aterros, o biogás consegue de várias maneiras auxiliar em diversos setores. Sua utilidade vai desde a iluminação até o uso em veículos. As vantagens são muitas, e em um futuro bem próximo poderemos ver cada vez mais o nome biogás como uma coisa benéfica e

essencial quando se trata de sustentabilidade e recursos naturais, que estão disponíveis em abundância em todo o mundo.

### **3.8.1 Energia Elétrica**

#### **Motor Ciclo de Otto**

Os motores de Ciclo Otto são equipamentos utilizados para a queima de biogás. Eles possuem um rendimento maior quando comparado a outras tecnologias. Para um bom funcionamento quando se trata de biogás de aterro, os motores devem ser modificados nos sistemas de alimentação, ignição e taxa de compressão.

#### **Microturbinas a gás**

As microturbinas a gás apresentam boas perspectivas para a geração descentralizada de eletricidade em pequena escala. No seu interior, o ar é aspirado e forçado para seu interior à alta velocidade e pressão, misturado ao combustível, onde ocorre a queima na câmara de combustão. Os gases quentes resultantes da combustão são expandidos na turbina.

#### **Vantagens da microturbina:**

- Pouca taxa de ruídos e vibrações (menos poluição auditiva);
- Pode-se utilizar vários combustíveis como, por exemplo, o biogás;
- Fácil instalação.

### **3.8.2 Energia Térmica**

A energia térmica pode ser obtida de várias formas. Por atrito, resistência elétrica e queima de materiais. Hoje, essa forma de energia é bastante utilizada, destacando o ciclo a vapor de Rankie, e evaporadores de chorume.

Ciclo de Rankie: Utiliza-se o calor de combustão do biogás de aterro para a geração de vapor que, posteriormente, poderá ser utilizado para a geração de energia elétrica, aquecimento ou em processos industriais.

As partes interessadas em utilizar a energia térmica devem estar situadas em lugares próximos aos da geração, o calor gerado na forma de vapor não se desloca por grandes distâncias com facilidade. Pequenas adaptações nos equipamentos quanto ao novo combustível são necessárias.

Evaporador de chorume: Sabemos que o chorume, líquido resultante do processo de degradação da matéria orgânica, é composto por diversos elementos que apresentam alta carga poluidora. Para diminuir mais esse fator poluidor de um aterro, os evaporadores de chorume são utilizados. Esses equipamentos conseguem diminuir em até 70% os lixiviados e conseqüentemente, contribuem para a diminuição do lançamento de gases na atmosfera. O processo se dá pelo aquecimento do biogás. Há, então, uma separação de líquidos e sólidos, os sólidos (ou lodos) retornam ao aterro e os líquidos (em forma de vapor) são utilizados para aquecimento ou resfriamento.

### **3.8.3 Energia de uso veicular**

Quando é destinado ao uso veicular, o biogás deve passar por um processo de remoção de substâncias como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, umidade e outras partículas.



A purificação do biogás se dá pela remoção de determinada quantidade de CO<sub>2</sub>, até se conseguir uma porcentagem de metano semelhante ao do gás natural, podendo, então, ser utilizado para o abastecimento de veículos.

#### **3.8.4 Iluminação a gás**

O processo de iluminação a gás é extremamente interessante do ponto de vista econômico. Essa alternativa proporciona a comercialização de créditos de carbono, redução de verbas para a manutenção elétrica do aterro e a diminuição de GEE na atmosfera.

A iluminação acontece no próprio aterro, com a queima direta do gás. Precauções quanto aos locais de instalação devem ser consideradas, pois os gases são altamente explosivos e em caso de vazamentos, não devem entrar em contato com os dutos do aterro.

## **4 METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi realizada uma pesquisa detalhada sobre a geração de energia através dos gases provenientes da decomposição de resíduos de aterros sanitários, tendo como objetivo principal a geração de energia elétrica e a redução dos impactos ambientais causados pelo descarte diário de RSU.

O estudo foi baseado em procedimentos de recolhimento, tratamento e distribuição do biogás coletado e posteriormente sua utilização para fins energéticos. Para um melhor entendimento, fez-se necessária a definição de temas e abordagem específica referente a resíduos.

O desenvolvimento do projeto buscou considerar o cenário energético atual do país, entender as possibilidades para colocar a fonte de energia (biogás) em prática e relacionar aterros sanitários brasileiros que já realizam tal atividade. O procedimento pode ser mais detalhadamente entendido com a leitura dos pontos principais relacionados abaixo.

### **4.1 Tema e objetivos**

Visto que as questões ambientais estão sendo cada vez mais requeridas e necessárias para a manutenção da qualidade de vida da população mundial, uma das formas alternativas de energia buscada foi a utilização do biogás de aterros sanitários para a geração de energia elétrica.

A cada etapa deste projeto, materiais foram lidos e utilizados separadamente, com consultas específicas mantendo foco em determinado assunto, não deixando de lado normas técnicas, leis e teses já realizadas.

Com análise prévia de diferentes temas, levou-se em consideração o imenso descarte de resíduos realizados pela população, e o aproveitamento mínimo de tudo isso, que simplesmente é jogado fora sem uma reflexão maior sobre grandes danos que serão causados em um futuro cada vez mais próximo. Logo, concluiu-se que o tema biogás e seus objetivos teriam grande valor para futuros estudos, e na elaboração de novos projetos para aproveitamento energético de gases nocivos ao meio ambiente e os benefícios dessa atividade.

#### **4.2 Embasamento Teórico**

Nesta fase do projeto, foram utilizados livros e arquivos relacionados ao tema proposto, procura em bibliotecas e leitura de artigos, reportagens e sites especializados em questões ambientais e energias alternativas.

A busca por essas informações foram colocadas separadamente de acordo com sua necessidade e importância, sendo assim, podemos esboçá-las na seguinte ordem:

- Definição dos RSU;
- Classificação dos RSU;
- Cenário Energético;
- MDL;
- Aterros Sanitários;
- Extração do Biogás;
- Geração de Energia elétrica através do biogás;
- Possibilidades para utilização do Biogás.

#### **4.3 Resultados**

Com todo o estudo e devidos materiais colocados em foco, foi realizado o desenvolvimento do trabalho, e posteriormente um estudo sobre as questões práticas também foram dissertadas e discutidas, mostrando suas principais vantagens e a obtenção de resultados alcançados a médio e longo prazo.

#### **4.4 Conclusão**

A conclusão foi construída com base no tema central, utilizando uma visão crítica e racional, juntamente com a absorção de dados, estudos, visitas técnicas e, ao longo de todo o curso realizado na UFLA, em Formas Alternativas de Energia. Procurou-se principalmente, mostrar a importância que todas as energias disponíveis de forma alternativa têm e devem ser utilizadas, mesmo com a existência de energias não alternativas, sendo, porém finitas.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Descarte e destino dos RSU**

Muitos temas sobre responsabilidade socioambiental vêm sendo discutidos e têm gerado grandes mudanças no pensamento dos seres humanos. É fato que no futuro algumas fontes de energia finitas, como petróleo, acabarão gerando assim uma gigantesca e brusca mudança de hábitos da população. Porém sabemos que uma pequena parcela dessa população está preocupada com essas mudanças, e desde já procuram novas tecnologias para solucionar todas essas mudanças que virão de encontro com nossa realidade.

Segundo dados do Ministério do Meio ambiente, o Brasil produz, em média, 90 milhões de toneladas de lixo por ano e cada brasileiro gera, aproximadamente, 500 gramas de lixo por dia, podendo chegar a mais de 1 kg, dependendo do local em que mora e do poder aquisitivo. Sabemos também que em muitas cidades não existe um correto descarte desses resíduos, e em todo o Brasil, são poucas cidades que realizam a coleta seletiva. É importante uma destinação correta e a utilização de processos como a coleta seletiva para um aumento na vida útil de aterros sanitários e conseqüentemente um melhor aproveitamento energético de seus gases.

No ano de 2008, o PNSB (Plano Nacional de Saneamento Básico), realizado pelo IBGE, mostrou que o manejo dos resíduos sólidos que inclui coleta e destinação final destes, passou a existir em todos os municípios brasileiros. Dos anos de 2000 a 2008, o percentual de municípios que destinavam seus resíduos a vazadouros a céu aberto caiu de 72,3% para 50,8%, enquanto os que utilizavam aterros sanitários cresceram de 17,3% para 27,7%. Ao mesmo tempo, o número de programas de coleta seletiva dobrou, passando

de 451 em 2000 para 994 em 2008, concentrando-se, sobretudo, nas regiões Sul e Sudeste, onde, respectivamente 46% e 32,4% dos municípios informaram ter coleta seletiva em todos os distritos. É evidente que a população em parceria com prefeitura e União, estão se ajudando e melhorando a qualidade de vida dos brasileiros, nos mostrando que além de estarem mais conscientizados conseguem uma maior geração de renda para o país, maior vida útil aos aterros sanitários e a utilização de novas tecnologias a favor do meio ambiente.

## **5.2 Aterros Sanitários com aproveitamento do biogás no Brasil**

### **5.2.1 Aterro Bandeirantes – São Paulo**

O Aterro Sanitário Bandeirantes está localizado no km 26, da rodovia dos Bandeirantes, no bairro de Perus, em São Paulo. Suas atividades tiveram início no ano de 1979, ocupando uma área de 140 hectares. Possui uma altura máxima (profundidade) de 110 metros. A vida útil do aterro foi estipulada em 28 anos, sendo que até o ano de 2007, o local teria capacidade de receber uma quantidade equivalente a 35 milhões de toneladas de resíduos vindos da região noroeste da cidade de São Paulo.

Com a desativação do Aterro em março de 2007, os resíduos coletados foram destinados ao Aterro Caieiras, também localizado no estado de São Paulo. O local se diz desativado por não ter mais capacidade de receber resíduos, porém, ele continua em funcionamento com atividades destinadas a outros setores. O Aterro Bandeirantes trabalha com a captação dos gases obtidos através da decomposição dos resíduos ali aterrados, e a negociação de créditos de carbono.



Figura 3: Vista do Aterro Bandeirantes

Fonte: Revista Abril, 2008

### 5.2.2 Aterro São João – São Paulo

O Aterro Sanitário São João, operado por regime de concessão pela EcoUrbis Ambiental, desde outubro de 2004, abrange uma área de 82,4 hectares, onde 50 hectares, são utilizados para à disposição de resíduos sólidos. Mais de 85% da área destinada a receber os resíduos já foi utilizada. O aterro, cujo início operacional data de dezembro de 1992, recebeu até julho de 2005 mais de 23 milhões de toneladas de resíduos. Até o fim de sua vida útil, prevista para outubro de 2007, receberia mais 4,5 milhões de toneladas, totalizando, aproximadamente, 28 milhões de toneladas. A média diária de resíduos recebidos foi de 5.812 toneladas, e a geração de líquido percolado (chorume), transportado por carretas para tratamento pela Sabesp, que ultrapassava os 1.800 m<sup>3</sup> por dia (PMSP, 2007).



Figura 4: Vista Geral do Aterro São João.

Fonte: Iconografia Limpurb Apud WALDMAN, 2005.

### **5.2.3 Aterro Sanitário CRT Nova Iguaçu – Rio de Janeiro**

A Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu – RJ agrupa várias atividades em relação aos resíduos gerados na região. Foi instalada no ano de 2003, e funciona como Aterro Sanitário e Industrial, Unidade de tratamento de Resíduos de Serviços de saúde, Efluentes Percolados, entre outros. A CRT trabalha conforme normas e leis específicas para a disposição e destinação final de resíduos.

O Aterro Sanitário recebe cerca de 1.000 toneladas de resíduos/dia, e trabalha com o aproveitamento energético do biogás produzido na decomposição da matéria orgânica.





Figura 5: Vista do Aterro CTR Nova Iguaçu.

Fonte: HAZTEC – Resíduos Sólidos,2011.

### 5.3 Eficiência Energética

A seguir, poderemos ver as vantagens de se agregar tecnologias sustentáveis aos aterros sanitários já mencionados anteriormente, o que possibilitará um melhor entendimento sobre o tema biogás.

- Aterro Sanitário Bandeirantes –SP:

Segundo a PMSP (2007), grande parte dos gases gerados no aterro é utilizada na usina de biogás que funciona dentro do aterro desde o ano de 2003. A usina pode gerar cerca de 20MWh trabalhando com a queima de gases. Todo esse processo permite à Prefeitura Municipal e ao Consórcio Biogás (operante no sistema), o certificado de créditos de carbono. O dinheiro arrecadado pela Prefeitura é utilizado no FEMA (Fundo Municipal de Meio Ambiente).

- Aterro Sanitário São João – SP:

Segundo a PMSP (2007), inicialmente as operações de descontaminação do ar no Aterro São João seriam realizadas exclusivamente pela combustão do gás metano em flares (equipamentos semelhantes a tochas metálicas) de alta temperatura. As instalações foram preparadas para a queima de 18.000 Nm<sup>3</sup> (normal metro cúbico) de biogás por hora, a 1.100 graus Celsius, foram instalados mais de 30 quilômetros de tubulações especiais, com diâmetros variados, para a coleta do biogás em 150 poços construídos por todo o aterro.

Uma usina termelétrica de geração de energia tem capacidade para gerar 170.000.000 kWh por ano. As obras para iniciar o empreendimento estavam previstas para janeiro de 2008 (PMSP, 2007). De acordo com a Prefeitura Municipal de São Paulo a partir do ano de operação da usina, 7% da energia elétrica consumida nas residências do Município de São Paulo seria indiretamente suprida pela energia gerada a partir do resíduo urbano acumulado nos dois aterros sanitários da Cidade – O Aterro Bandeirantes e o Aterro São João.

- Aterro CTR Nova Iguaçu – RJ:

Segundo CTR-NI (2007), o biogás gerado no aterro é aproveitado na produção de energia limpa. Desde 2007, seu aproveitamento serve como insumo energético no sistema de tratamento de chorume.

O processo de captação e drenagem do biogás é feito por drenos de materiais específicos (PEAD) que são succionados para evaporadores. O evaporador é composto por soprador de ar de combustão, tubo de combustão, câmara de vaporização, sistema de exaustão e sistema de descarga de sólidos. O projeto para o Aterro de Nova Iguaçu foi o primeiro empreendimento em escala mundial a ser reconhecido oficialmente como um projeto de MDL no Protocolo de Kyoto, esse registro foi concluído no ano de 2004, na Alemanha.

A empresa Haztec Tecnologia e Planejamento Ambiental S.A., desenvolve trabalhos para o Aterro CTR, e contém dados interessantes referentes ao desenvolvimento do local na utilização dos “processos limpos”. Podemos observá-los logo abaixo:

	<b>Fev/2003</b>	<b>Mai/2011</b>
<b>Investimento (em R\$)</b>	aprox. 7 milhões	aprox. 70 milhões
<b>Captação e queima de biogás</b>	0	2.800 m <sup>3</sup> /hora
<b>Captação e tratamento de chorume</b>	300 m <sup>3</sup> /dia	600 m <sup>3</sup> /dia
<b>Emissões GEE evitadas (2003/2011)</b>	0	2,5 milhões de ton CO <sub>2</sub>

Tabela 3: Desenvolvimento Aterro CTR – Nova Iguaçu

Fonte: Haztec Tecnologia e Planejamento Ambiental S.A.,20011

#### **5.4 Capacidade de geração de energia**

Os aterros sanitários em estudo já iniciaram suas atividades há alguns anos, o que nos permite uma visão geral sobre todo o procedimento de implantação e geração de energia elétrica, além de arrecadações através de créditos de carbono e diminuição de emissões de GEE.

A Cidade de São Paulo possui dois projetos de MDL de aproveitamento dos gases produzidos por aterros sanitários: os projetos do Aterro Bandeirantes e do Aterro São João para Geração de Energia. O sistema converte o metano produzido pela decomposição do lixo em gás carbônico, com a queima controlada do metano e aproveitamento para geração de energia elétrica. Embora haja emissão de CO<sub>2</sub>, há ganho ambiental, uma vez que o metano é 21 vezes mais nocivo que o gás carbônico na formação do efeito estufa.

A Biogás Energia Ambiental, empresa pioneira na utilização de energia através do lixo no Brasil é a responsável pelos empreendimentos dos aterros Bandeirantes e São João, do município de São Paulo juntamente com a prefeitura. Segundo o diretor técnico da empresa, Antonio Carlos Delbin, já foram comercializados cerca de 1,6 milhões de toneladas de créditos de carbono, sendo que desse total 800 mil toneladas ficaram com a empresa, e a metade restante repassada para a prefeitura, que já as comercializou arrecadando cerca de R\$35 milhões.

Outra empresa, esta situada no estado do Rio de Janeiro, a CTR Nova Iguaçu, é uma concessão pública do próprio município, começou a operar em fevereiro de 2003. No local foram depositados cerca de mil toneladas por dia de resíduos domiciliares de Nova Iguaçu, além de resíduos industriais classe dois (não perigosos) originários de cerca de 300 contratos com industriais, comércio e empresas de serviços.

A CTR Nova Iguaçu, na Baixada Fluminense, foi o primeiro projeto do MDL registrado na ONU segundo as regras do Protocolo de Kyoto. A partir do ano de 2008, a empresa passou a aproveitar o gás

produzido pela decomposição da matéria orgânica do lixo para gerar energia "limpa". Os créditos de carbono gerados pelo projeto foram negociados entre a empresa Novagerar, do grupo S.A Paulista com o governo da Holanda tendo o Banco Mundial (Bird) como garantidor da operação. No total, o governo holandês adquiriu cerca de 3 milhões de CO<sub>2</sub>e da CTR Nova Iguaçu, cerca de R\$ 13,25 milhões.

No ano de 2008, a CTR Nova Iguaçu foi certificada com a ISO 9001 (gestão da qualidade) e a ISO 14001 (gestão ambiental), o que coloca a empresa em ótima vantagem para negociações importantes. A seguir, podemos analisar de uma maneira mais simples, o comportamento e evolução dos processos em cada aterro estudado.

	<b>Aterro Bandeirantes</b>	<b>Aterro São João – SP</b>	<b>Aterro de Nova Iguacú</b>
<b>Área</b>	140 hectares	82,4 hectares	120 hectares
<b>Início das atividades com biogás</b>	2003	2006	2003
<b>Investimento (em R\$)</b>	Aprox. 64,5 milhões	Aprox. 80 milhões	Aprox. 70 milhões
<b>Capacidade Geração de Energia (ano)</b>	Aprox. 170 mil MWh/ano	200 mil MWh/ano	120 mil MWh/ano
<b>Arrecadação Créditos de Carbono</b>	Aprox. 75 milhões (2003/2008)	Aprox. 18,6 milhões (a partir de 2006)	Aprox. 13,5 milhões (a partir de 2008)
<b>Emissões GEE evitadas (2003/2011)</b>	Aprox. 7,4 milhões de tCO <sub>2e</sub>	Aprox. 5,7 milhões tCO <sub>2e</sub>	Aprox. 2,5 milhões tCO <sub>2e</sub>

Tabela 4: Comparativo entre os Aterros Analisados

### 5.5 A Energia do Lixo

Os aterros sanitários podem ser comparados a gigantescos biorreatores, pois são nestes lugares que acontece a biodegradação da matéria orgânica

enterrada. Todo processo de degradação ocorre em ambientes anaeróbios, onde se consegue o biogás de lixo como produto final, contendo 50% de CO<sub>2</sub> e 50% de CH<sub>4</sub>. O CH<sub>4</sub> é um elemento de elevado valor calorífico, e quando originado de biomassa e juntamente com outras substâncias se transforma em biogás. A coleta desses gases quando feita de maneira correta é capaz de nos fornecer energia. O processo se baseia em três etapas, sendo elas: Extração e coleta, beneficiamento e geração de energia.

### **5.6 Vantagens e desvantagens do biogás**

Segundo João Wagner Alves, engenheiro da CETESB (2010), existe vantagens e desvantagens quanto à utilização do biogás, e para melhor entendermos, podemos listá-las da seguinte forma:

#### **Vantagens**

- Sanitárias: Aterros substituem lixões, que atraem animais, além de permitirem a formação do metano por meio de bactérias anaeróbias.
- Energéticas: A descentralização da produção de energia e sua localização mais próxima dos consumidores evita desperdícios que ocorrem no transporte de energia a longas distâncias.
- Econômicas: É possível investir na produção dessa energia para a obtenção de créditos de carbono.
- Sociais: A economia gerada pelos créditos de carbono permite a utilização de recursos para investimentos sociais.

#### **Desvantagens**

- Subaproveitamento: O grau de aproveitamento do biogás para a geração de energia em aterros sanitários é de 75%, o restante se dispersa na atmosfera durante o processo.
- Custos de investimento inicial: Para cada quilowatt (KW) de potência são necessários investimentos na ordem de mil dólares.
- Carência de fornecedores e equipamentos.
- Menor densidade energética de biogás, álcool ou diesel, que são líquidos.



## 5 Conclusões finais

Como visto ao longo de todo desenvolvimento deste trabalho, podemos concluir que uma das maiores causas para a poluição ambiental que temos enfrentado hoje, não só no Brasil, mas em todo o mundo, se dá pelo crescimento populacional acelerado, pela alta demanda de produtos descartáveis e pelo poder aquisitivo considerado.

Existem lugares disponíveis para a destinação final dos resíduos, porém esses locais estão se tornando cada vez menores quando comparados à quantidade de resíduos gerados a todo o momento por nós, seres humanos.

A vida agitada e a falta de tempo podem ser considerados fatores relevantes para um consumo acelerado e desacertado de produtos que têm vida útil curta e logo são inutilizados.

Governo e sociedade vêm assumindo atitudes favoráveis para melhoria na qualidade de vida da população em geral. Políticas públicas e trabalhos na área de educação ambiental aumentam as chances de entendimento de todas as faixas etárias, trazendo assim mudanças consideráveis.

Estudiosos também contribuem diretamente para essa melhoria, visto que o desenvolvimento tecnológico nos permite usufruir de máquinas capazes de “limpar” pelo menos um pouco do ar poluído e constituído inúmeras vezes por GEE’s.

Em um futuro não muito distante, as fontes de combustíveis fósseis irão se esgotar, porém, os seres humanos continuarão existindo, daí a necessidade de utilizarmos formar alternativas de energia, e começar “hoje” a mudança que queremos para as nossas vidas e para as futuras gerações.

A matriz energética brasileira ainda é composta em sua maioria por derivados do petróleo, cabendo então, apenas uma pequena parte para as fontes renováveis, como a utilização de biogás para a geração de energia. Essa é uma

das formas de se unir o bem estar e a melhoria na manutenção do meio ambiente, bem como uma alternativa eficiente para diminuir o volume de lixo gerado pela população. Além de lidar com parte da poluição que envolve o problema, essa alternativa lida também com a questão da geração de eletricidade.

Neste estudo, conseguimos entender um pouco melhor os diversos métodos que temos disponíveis para a geração de energia por biogás de aterros sanitários, e que estudos detalhados e investimentos iniciais, mesmo que muitas vezes altos, trazem um retorno extremamente benéfico e vantajoso. Essas formas alternativas conseguem trabalhar sozinhas ou até em conjunto com outras já existentes, o que se torna mais um ponto positivo para investimento.

No passado, havia um pré-julgamento em relação aos resíduos, e o que precisava ser feito por prefeituras e governo era apenas retirá-los das vistas da população, não levando em consideração o lugar para onde iriam e nem o tratamento final que receberiam, mas hoje, lugares de disposição inadequados como lixões estão recebendo um destino adequado, e os lugares certos, chamados de aterros sanitários recebem uma atenção em proporções gigantescas.

Encontros nacionais e internacionais propuseram metas de mudanças e benefícios para o aproveitamento do biogás de aterro sanitário, a não emissão de GEE através da comercialização de créditos de carbono e o aumento da vida útil dos aterros.

Ações iniciais como a educação ambiental, coleta seletiva e incentivo a sustentabilidade, refletem nos resíduos que chegarão a aterros. A geração de renda e empregos através da separação do lixo dentro das residências acontece para catadores e cooperativas que compram e vendem recicláveis.

Dentro dos aterros o trabalho é constante. Quando não é possível um trabalho inicial, desde a implantação de um novo local, as atividades podem e

devem ser feitas ao longo de sua vida útil. O tratamento dos gases e do chorume se tornaram atividades lucrativas nos dias atuais. A captação dos gases é capaz de gerar energia em pequena, média ou larga escala, variando de acordo com as características específicas dos resíduos e do tratamento recebido. O tratamento do chorume também é capaz de gerar energia, porém não necessariamente precisa de características específicas para ser utilizado.

As alternativas disponíveis para o uso do biogás são grandes, por isso, devem ser estudadas e implementadas agora para que tenhamos resultados num futuro próximo.

A educação é o princípio do desenvolvimento, e desenvolvimento e progresso devem acontecer, mas, para isso, é necessário que quebrems paradigmas e evitemos antecipar julgamentos e conceitos. Mudanças acontecem, e as pessoas devem aceitar e se adequar a elas, desde que seja bem avaliada e estudada.

Construir um futuro sustentável é possível. É um dever conjunto. Somente quando todos entenderem que lixo não é ruim, que o desenvolvimento pode acontecer de forma mais benéfica, e que alternativas sustentáveis, ou ecologicamente corretas podem dar certo, o mundo será mais “limpo” em todos os sentidos.

## 6 Referências Bibliográficas

A ENERGIA QUE VEM DO LIXO. **Processo de Transformação**. Disponível em: <<http://www.univesp.ensinosuperior.sp.gov.br/preunivesp/994/a-energia-que-vem-do-lixo.html>> Acesso em 07/09/2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos: classificação**. Rio de Janeiro, 1987.

CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Boletim Ambiental Setembro 2012**. Disponível em: <<http://www2.camara.sp.gov.br/CTEO/BOLETIM-EconomiaAmbiental2.pdf>> Acesso em 12/01/2013.

COELHO, Hosmany Mauro Goulart. **Aproveitamento Energético do Lixo Urbano e de Resíduos Industriais**. Lavras: UFLA/FAEPE. 2008.

CRÉDITO DE CARBONO. **MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. Disponível em <<http://www.biodieselbr.com/credito-decarbono/mdl/index.htm>> Acesso em 02/09/2011.

CRUZ, Silvia Regina Stuchi. **Indicadores de Avaliação para Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) em Aterros Sanitários**. Belém-PA.2012. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/proclima/file/publicacoes/residuos/portugues/cruz\\_paulino\\_indicadores\\_avaliacao.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/proclima/file/publicacoes/residuos/portugues/cruz_paulino_indicadores_avaliacao.pdf)> Acesso em 12/01/2013.

Disposição dos Resíduos. **Módulo 11, Disposição Final do lixo no Brasil**. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res05.html>> Acesso em 07/09/2011.

ELIAS, Juliana. **Aterro do Rio iniciará geração de energia**. Fazenda, 2007. Disponível em: <<http://www.fazenda.gov.br/resenhaeletronica/MostraMateria.asp?page=&cod=430326>> Acesso em 13/01/2013.

HEITZMANN JR., J. F. **Alteração na composição do solo nas proximidades de depósitos de resíduos domésticos na bacia do Rio Piracicaba.** Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE). Síntese de Tese. São Paulo, 1999.

ICLEI GOVERNOS LOCAIS PELA SUSTENTABILIDADE. **Manual para aproveitamento do biogás, volume 2, efluentes urbanos.** São Paulo, 2010. Disponível em <<http://www.iclei.org/lacs/portugues>> Acesso em 15/08/2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res05.html>> Acesso em 07/09/2011.

LOPES, Ignez Vidigal. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: Guia de Orientação.** Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em <[http://r0.unctad.org/ghg/download/other/Guia\\_vers%E3o%20final%20Fati%20ma.pdf](http://r0.unctad.org/ghg/download/other/Guia_vers%E3o%20final%20Fati%20ma.pdf)>, Acesso em 09/09/2011.

Prefeitura de São Paulo. **Prestação de Serviços.** Disponível em <<http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/servicoseobras/servicos/0011>> Acesso em 06/09/2011.

Prefeitura de São Paulo. **Secretaria Municipal de Finanças e Desenvolvimento Econômico.** Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/financas/noticias/?p=5293>> Acesso em 12/01/2013.

SENAGA, Mário. **Termelétrica do Aterro Bandeirantes reduz emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera.** Março, 2004. Disponível em <[http://www.ambiente.sp.gov.br/destaque/2004/marco/25\\_termeletrica.htm](http://www.ambiente.sp.gov.br/destaque/2004/marco/25_termeletrica.htm)>. Acesso em 02/09/2011.

SÉRIE RECURSOS ENERGÉTICOS NOTA TÉCNICA DEN 06/08

Avaliação Preliminar do Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, MS. Rio de Janeiro. Novembro de 2008

SILVA, Wesley Pereira. **Sistemas de Tratamento do Lixo**. Universidade de Brasília. Março, 2009. Disponível em <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1831>>, Acesso em 04/09/2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Biblioteca da UFLA. **Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos: TCC, monografias, dissertações e teses**. Lavras: 2010. Disponível em <<http://biblioteca.ufla.br/site/index.php>>. Acesso em 13/06/2012.