



**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS, A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) DEPOSITADOS NO ATERRO SANITÁRIO – COMAGSUL, ALTINHO PE.**

**Caruaru**

**2016**

GUSTAVO SATURNINO

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS, A PARTIR DA  
CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) DEPOSITADOS  
NO ATERRO SANITÁRIO – COMAGSUL, ALTINHO PE.**

Mamografia apresentada ao núcleo de TCC da FACULDADE ASCES, como requisito parcial, para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Ambiental, sob orientação do Professor Mestre Deivid Sousa de Figueiroa.

CARUARU

2016

**Banca Examinadora**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS, A PARTIR DA  
CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) DEPOSITADOS  
NO ATERRO SANITÁRIO – COMAGSUL, ALTINHO PE.**

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Presidente: Prof. Mestre Deivid Sousa de Figueiroa.

---

Primeiro Avaliador: Prof.<sup>a</sup> Mestre Maria Monize de Morais.

---

Segundo Avaliador Prof.<sup>a</sup> Doutora Luiza Feitosa de Souza

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus pelo dom da vida, família e amigos. Por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades, que não foram poucas em todo decorrer dessa árdua jornada que o ensino superior implica. Nossa Senhora Aparecida, minha protetora, quem rege e me protege dos males e tentações que a vida oferece. Agradecimento em especial a minha preciosa mãe, Dona Josefa, sempre me encorajou a enfrentar os desafios da vida com humildade e sabedoria. Agradeço também a meu pai, que sempre me aconselhou a agir corretamente e, não ter medo de nada e de ninguém, quando assim estiver em sua razão. Agradeço a meu avô, homem sábio, com quem sempre aprendo a viver.

Não poderia deixar de agradecer a todos os professores por proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação de caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional.

Agradeço ao meu orientador, professor Deivid Figueroa, pela orientação, apoio e confiança na formulação desta pesquisa. A quem devo o êxito do trabalho, muito obrigado!

Não poderia esquecer-se das parcerias realizadas com amigo Elyson Vital, dividimos bons e maus momentos em toda essa trajetória, com uma amizade alicerçada com confiança entre ambos. Agradeço também o apoio do conterrâneo Altinense Luan Almeida de Assunção a quem já terminou a sua corrida à formação profissional.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

*“Fé em Deus que ele é justo  
Ei irmão nunca se esqueça, na guarda, guerreiro  
Levanta a cabeça truta, onde estiver seja lá como for  
Tenha fé porque até no lixão nasce flor”. (RACIONAIS MC's)*

## Resumo

Os Resíduos Sólidos Urbanos, quando dispostos em um ambiente redutor, sob condições anaeróbias (ausência de oxigênio), sofrem decomposição e, a parcela da matéria orgânica assim degradada, tem como produtos finais, chorume e biogás. Neste trabalho foi realizada uma classificação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) depositados no aterro sanitário – COMAGSUL, Altinho PE, no período de 15/08 à 31/12 de 2015 . Diante de dados quantitativos obtidos, a cerca do volume de resíduos sólidos urbanos depositados ao ano de 2015 pelos municípios consorciados: Altinho, Agrestina, Belém de Maria, Bonito e Lagoa dos Gatos, foram aplicados no modelo metodológico do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 1996) revisado em 2006. O modelo foi selecionado por ser de simples interpretação, onde foi possível perceber a relação entre o volume de resíduos depositados e a fração de resíduos degradáveis propícias a geração de biogás. De acordo com os dados, a geração estimada de biogás no período que a classificação foi realizada foi de 0,2546 m<sup>3</sup>. O valor obtido foi proporcional à dimensão do aterro. De acordo com as estimativas realizadas provenientes da aplicação dos dados no modelo IPCC, 1996, propôs-se como solução a queima do biogás excedente, através de equipamentos do tipo flare.

**PALAVRAS-CHAVE:** Classificação; Resíduos Sólidos; Biogás; Flare.

## Sumário

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	3
2.1 Geral .....	3
2.2 Específicos.....	3
3. Fundamentação teórica .....	4
3.1 Aterros Sanitários.....	4
3.1.1 Digestão Anaeróbia.....	6
3.1.2 ETE's.....	7
3.1.3 Dejetos de Animais.....	7
3.2 Coleta Seletiva .....	8
3.3 Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos.....	9
3.4 Modelos Metodológicos Para Quantificação de Biogás (QCH <sub>4</sub> ).....	9
3.4.1 Modelo recomendado pelo Banco Mundial.....	9
3.4.2 Modelo desenvolvido pela EPA (Environmental Protection Agency).....	10
3.4.3 Modelo desenvolvido pelo (IPCC, 1996).....	11
3.5 Legislação: Resíduos Sólidos Urbanos.....	11
4. Metodologia .....	12
4.1. Tipo de estudo .....	19
4.2 População e Amostra .....	19
4.3 Período de Realização do Trabalho .....	19
4.4 Critérios de Inclusão e Exclusão.....	19
4.5 Coleta de Dados .....	20
5. Resultados e Discussão .....	20
6. Conclusão .....	28
7. Referências bibliográfica.....	29

8. Anexo.....	34
---------------	----

## 1. Introdução

O desenvolvimento de uma nação está historicamente relacionado com o crescimento populacional, econômico, tecnológico e industrial. Com os avanços vêm as modificações no modo de vida da população. Nos dias atuais, o consumismo é uma doença compulsiva que afeta amplamente a nova geração social. Contudo, há uma crescente elevação na geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Neste contexto, gerenciar estes resíduos tem sido um grande desafio para o poder público da nação brasileira.

O cenário brasileiro de gestão de RSU ainda não é satisfatório. Em 2014 cerca de 60% dos municípios brasileiros ainda encaminhavam seus resíduos para locais inadequados – lixões, (ABRELPE, 2014). Este tipo de prática é extremamente prejudicial ao meio ambiente e em sua essência, aos seres vivos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instrumentalizada pela Lei 12.305, 02 de Agosto de 2010. Art. 1 dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos (BRASIL, 2010). Esta política aparece como ferramenta para inibir o descaso socioambiental existente na atualidade.

A Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), criada pela Lei Complementar nº 49, de 31 de janeiro de 2003, é responsável pela execução da política estadual de meio ambiente e de recursos hídricos e tem como objetivo exercer a função de proteção e conservação dos recursos naturais do Estado de Pernambuco, bem como atuar em pesquisas aplicadas às atividades do controle ambiental para o aproveitamento dos mesmos. A agência citada ainda é responsável por conceder licenças para implantação e, operação de aterros sanitários entre outras em amplitude do território de Pernambuco. Atualmente dos 185 municípios do estado, apenas 37 destes depositam seus resíduos de forma adequada aos parâmetros de regularização. Este número representa 20% de adequação no estado de Pernambuco, percentual longe de uma zona de conforto para fins de disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (BRASIL, 2014).

Os Resíduos Sólidos Urbanos, quando dispostos em ambiente redutor, sob condições anaeróbias (ausência de oxigênio), sofrem decomposição e, a parcela da



matéria orgânica assim degradada, tem como produtos finais, chorume e biogás. Este último componente é uma mistura gasosa, que dentre estes está o metano (CH<sub>4</sub>), o qual possui um potencial energético satisfatório quando bem gerenciado. Este gás, quando gerado em grande quantidade, exibe um grande poder energético da biomassa ali disposta, para decomposição anaeróbia (FIGUEREDO, 2012).

O metano é um dos gases do efeito estufa, se caracterizando como um problema ambiental recorrente da poluição atmosférica. Comparado ao dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), também potencial gás que promove o efeito estufa, o metano é mais eficiente na captura de radiação do que o CO<sub>2</sub>. O impacto comparativo de CH<sub>4</sub> sobre a mudança climática é mais de 20 vezes maior do que o CO<sub>2</sub>, isto é, uma unidade de metano equivale a 20 unidades de CO<sub>2</sub> (FIGUEREDO, 2012).

A obtenção do biogás é feita a partir de uma mistura gasosa produzida pela digestão anaeróbica de substratos orgânicos, realizada por microrganismos em condições favoráveis de pH e de temperatura (TARAZONA, 2010). Visando a problematização ambiental, não só no Brasil, mas em todo mundo, é de extrema relevância criar, discutir e implantar meios alternativos e menos nocivos ao meio ambiente.

O biogás é classificado como biocombustível, ou seja, uma fonte que se regenera em condições naturais, desde que tenha premissa em conservar os recursos assim disponibilizados pela natureza. Informações acerca desse assunto são disseminadas em minoria meio a sociedade, o que restringe o amplo aproveitamento de tal fonte (ELLER, 2013).

Neste contexto, o presente trabalho aborda a situação do aterro sanitário COMAGSUL – Altinho PE, no que diz respeito à geração de biogás, com ênfase na quantificação metano, a partir da composição dos resíduos sólidos depositados naquele aterro. Através do modelo desenvolvido pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC,1996) a quantificação do biogás gerado é baseada em dados quantitativos a cerca do volume e tipo dos resíduos depositados no aterro em estudo.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Geral**

Avaliar o potencial de produção de biogás com ênfase na geração de metano, na digestão anaeróbia dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) depositados no aterro sanitário – COMAGSUL, Altinho PE, utilizando modelo matemático.

### **2.2 Específicos**

- Realizar o Levantamento dos dados sobre a quantidade de RSU depositados no aterro;
- Avaliar o potencial de produção de biogás através de dados quantitativos;
- Estimar a produção de metano;
- Simular a partir de dados obtidos na modelagem matemática a quantidade de biogás gerado;
- Propor utilização para o biogás gerado.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O propósito desta revisão é apresentar uma abordagem no que diz respeito à gestão de RSU, com ênfase na produção de biogás através de modelos matemáticos, no aterro sanitário Altinho/Agrestina - COMAGSUL e as legislações pertinentes ao assunto, em âmbito nacional e estadual entre conceitos e preceitos inerentes ao tema.

#### **3.1 Aterro Sanitário**

A destinação final ambientalmente adequada é definida pela Lei 12.305/2010 como:

Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

O aterro sanitário é definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 8.419/1992 (ABNT, 1992), como:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à 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 necessários (ABNT, 1992).

O aterro sanitário é uma obra de engenharia projetada sobre critérios técnicos, cuja finalidade é garantir a disposição dos resíduos sólidos urbanos sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente (PEREIRA, 2007).

O aterro sanitário é o meio mais aplicado na atualidade, além de ser considerado o mais adequado para disposição de resíduos sólidos. As células de disposição são comparadas a reatores, funcionando em sistema anaeróbio, dentro das quais há a redução da carga orgânica e concomitante conversão da massa de resíduos em materiais ou substâncias mais estáveis às ações de vetores, ou seja,

nos aterros ocorrem processos capazes de estabilizar a matéria orgânica, sendo necessárias intervenções técnicas para contenção de poluentes líquidos e gasosos produzidos no processo (TAGUSHI, 2010).

Os Resíduos sólidos definem-se como os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Normalmente, apresentam-se em estado sólido, semissólido ou semilíquido. A gestão adequada dos resíduos e geração de biogás em aterros sanitários, é uma alternativa ambientalmente sustentável que pode resultar na produção de energia elétrica renovável e limpa (SALOMON, 2006).

O sistema microbiano que programa a decomposição dos resíduos classifica-se em dois tipos de metabolismos: O aeróbio e o anaeróbio, os quais estão condicionados à presença ou ausência de oxigênio na massa de resíduos. Apenas na fase inicial de deposição dos resíduos no aterro ocorre a degradação aeróbia. Essa fase é relativamente curta, e com o cobrimento dos resíduos o ambiente logo se torna favorável à presença de bactérias anaeróbias, as quais predominam por longos períodos e são responsáveis pela formação do biogás (PEREIRA, 2007).

A composição do biogás varia de um local para outro e mesmo de uma célula para outra no mesmo aterro sanitário. Esta variação ocorre a todo o tempo.

Segundo FERNANDES (2009), os fatores que podem influenciar a composição do biogás são os seguintes:

- Diferenças na composição do resíduo, pré-tratamento e armazenamento;
- Mudança na forma predominante da atividade microbiológica (anaeróbio e/ou aeróbio);
- Idade do resíduo;
- Características hidráulicas do local;
- Propriedades físico-químicas dos componentes do resíduo;
- Diferentes propriedades dos componentes do biogás;

- Temperatura do aterro.

O biogás gerado nos aterros sanitários é composto basicamente por metano ( $\text{CH}_4$  - de 50 a 70%), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$  - de 25 a 55%), nitrogênio ( $\text{N}_2$  - de 0 a 7%), hidrogênio ( $\text{H}_2$  - de 0 a 1%) e gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$  - de 0 a 3%) (VIANA *et al*, 2014).

### 3.1.1 Digestão Anaeróbia

Como já indica o nome, o "biogás" tem origem em um processo biológico. A matéria orgânica, quando decomposta em meio anaeróbio (ausência de oxigênio), dá origem a uma mistura gasosa chamada de biogás (VIANA *et al*, 2014).

A digestão anaeróbia é um processo conhecido há muito tempo, e seu emprego para a produção de biogás, para a conversão em energia de cozimento, iluminação e como biofertilizante é muito popular nos países asiáticos, a exemplo da China e Índia (ZILOTTI, 2012). Esse processo é muito comum na natureza e ocorre, por exemplo, em pântanos, fundos de lagos, esterqueiras e no rúmen de animais ruminantes. Por meio de diversos microrganismos, a matéria orgânica é convertida em biogás (GULZOW, 2010).

O metano ( $\text{CH}_4$ ) é um gás que tem um potencial de efeito estufa 21 vezes maior que o do dióxido de carbono, contribuindo, substancialmente, para o agravamento deste efeito e, conseqüentemente, do aquecimento global, (TARAZONA, 2010).

Segundo ELECTO (2006), as principais fontes geradoras de biogás no Brasil, além dos aterros sanitários são:

- Estações de tratamento de efluentes (ETE's);
- Dejetos de Animais.

O número de empreendimentos de produção de energia à partir do biogás vem crescendo nos últimos anos, alcançando um montante de 23 instalações que juntas fornecem 80,6 MW de potência instalada (ANEEL, 2012).

### **3.1.2 ETE's**

O uso da biomassa residual denota o emprego sustentável de uma fonte de energia e uma alternativa viável para a diversificação da matriz energética do Brasil, contribuindo com a redução do efeito estufa. De acordo com (ZILOTTI, 2012) esgoto é o termo usado para a água eliminada após a utilização Humana. Pode ter origem doméstica, industrial ou pluvial (água das chuvas).

Dentre as tecnologias utilizadas para o aproveitamento da energia proveniente da biomassa, a digestão anaeróbica vem sendo cada vez mais utilizada por permitir a recuperação de energia através do aproveitamento do biogás e nutrientes, bem como prevenir a poluição ambiental (ELLER, 2013).

Além dos sólidos, o esgoto possui gases dissolvidos em concentrações variáveis. Entre os gases dissolvidos presentes no esgoto, os mais importantes são o oxigênio (presente na água antes desta diluir o esgoto), o gás carbônico (resultante da decomposição da matéria orgânica), o nitrogênio, o gás sulfídrico e o metano. A maior parte da composição do material orgânico presente em esgoto sanitário é constituída por: proteínas, carboidratos e lipídios. Para digestão anaeróbia deste material orgânico complexo, podem-se distinguir quatro etapas diferentes no processo global de conversão: hidrólise; acidogênese; acetogênese e metanogênese. (FARIA, 2012)

A produção de biogás, por pessoa, atendida em uma ETE, pode variar predominantemente, na faixa de 5 a 20L/pessoa/dia, sendo que a participação de metano, em volume, pode variar na faixa de 50% a 70%, na maior parte dos casos (OLIVEIRA et al, 2011).

### **3.1.3 Dejetos de Animais**

A contribuição principal deste sistema é que os dejetos, produzidos nas propriedades, sejam transformados em gás, além de utilizar os resíduos como fertilizantes. Sendo o gás metano (CH<sub>4</sub>) participante na composição do biogás, tendo poder calorífico deste variando de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico, podendo chegar a 12.000 kcal por metro cúbico uma vez eliminado todo o gás carbônico da

mistura, produzindo energia barata e aproveitando os dejetos animais, evitando que sejam despejados no meio ambiente (BATISTA; NARDI, 2013).

Este tipo de resíduo é acondicionado em biodigestores, que são estruturas projetadas e construídas de modo a produzir a degradação da biomassa residual sem que haja qualquer tipo de contato com o ar. Isso proporciona condições para que alguns tipos especializados de bactérias, altamente consumidoras passem a predominar no meio e, com isso, promova uma degradação mais acelerada da matéria (PRATI, 2010).

A produção do biogás e do biofertilizante pelo sistema de biodigestão agrega valor à propriedade rural, seja pelo fator financeiro, como pela integração às mais variadas atividades que se desenvolvem no meio rural, trazendo geração de energia renovável, reciclagem de nutrientes para as plantas e saneamento ambiental, diminuindo impactos ambientais sobre o solo, água e ar (FIGUEREDO, 2012).

### **3.2 Coleta Seletiva**

Os resíduos sólidos urbanos compreendem os materiais descartados em áreas urbanas e incluem predominantemente os resíduos domiciliares, os resíduos gerados pelo comércio e pelo serviço de poda e varrição das prefeituras. Os RSU contêm frações de papel, papelão, resíduos alimentares, madeira, podas, tecidos e etc. Além do vidro, os materiais derivados de combustíveis fósseis como plástico e borracha também constituem os RSU (GOMES, 2014). Os RSU podem ser destinados à reciclagem, compostagem, aterro sanitário ou uso energético em centrais de produção de energia.

A coleta seletiva é um instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), onde se têm como objetivo reduzir, reciclar e reutilizar resíduos produzidos pela sociedade. O poder Federal, Estadual e Municipal, incentiva financeiramente o desenvolvimento de tais projetos, na ordem de hierarquia. No Brasil esta prática ainda não teve a grandeza desejada, mas, através de leis e normas regulamentadoras, estão sendo disseminadas. Com o completo funcionamento, a coleta seletiva é também um processo de ressocialização, para muitos já desacreditados em meio à sociedade, oferecendo oportunidade e renda. A coleta também aumenta a vida útil dos aterros sanitários, uma vez que, os resíduos selecionados não irão para disposição final nos respectivos.

De acordo com a definição dada pela Lei 12.305/2010, a reciclagem é o processo de transformação dos resíduos que envolvem a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos (BRASIL, 2010).

### **3.3 Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos**

O tratamento pode ser definido como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo o descarte do resíduo em local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável (LOPES, 2006).

A escolha pela forma de tratamento deve levar em consideração as características dos resíduos sólidos e as condicionantes técnicas e econômicas. Os dados sobre a quantidade e a composição dos resíduos gerados são informações básicas necessárias para o planejamento e operação de sistemas de tratamento de resíduos (TAGUCHI, 2010).

### **3.4 Modelos Metodológicos Para Quantificação de Biogás (QCH<sub>4</sub>)**

Vários são os métodos utilizados para os fins de quantificação de biogás. Alguns dos mais utilizados modelos são apresentados a seguir. Em geral fazem uso de dados semelhantes à cerca de dados quantitativos de RSU. Alguns lidam com maior número de variáveis, o que proporciona maior confiabilidade na aplicação dos dados. (TARAZONA, 2010).

#### **3.4.1 Modelo recomendado pelo Banco Mundial**

Conhecido como Scholl-Canyon, é recomendado pelo Banco Mundial por ser simples, de fácil aplicação e o mais empregado pelas agências reguladoras e instituições financeiras que apoiam os projetos de aproveitamento do biogás de aterros na América do Sul. Esse modelo baseia-se na premissa de que há uma fração constante de material biodegradável no aterro sanitário por unidade de tempo, o que se expressa a partir da equação 1. (TARAZONA, 2010)



$$Q_{CH_4} = k \cdot L_0 \cdot m_i \cdot e^{-kt} \quad (1)$$

Em que:

$Q_{CH_4}$  = metano produzido no ano "i" ( $m^3$ /ano);

K = constante de geração de metano (1 ano);

$L_0$  = potencial de geração de metano em peso de lixo ( $m^3$  / ton).

$m_i$ : massa dos resíduos depositados no ano i (t/ano)

t: anos após do encerramento do aterro.

### 3.4.2 Modelo desenvolvido pela EPA (Environmental Protection Agency)

Também chamado de Landfill Gas Emission Model (Landgem), foi desenvolvido pela EPA e consta na legislação federal dos EUA sobre diretrizes e regras finais para aterros sanitários novos e velhos. É bastante empregado no mundo, tendo sido utilizado inclusive no estudo do potencial de geração de energia nos municípios brasileiros realizado pelo Ministério do Meio Ambiente. Esse método contabiliza quantidades e variações de gases na vida de um aterro e é expresso pela equação 2. (TARAZONA, 2010)

$$Q_{CH_4} = L_0 \cdot R \cdot (e^{-kc} - e^{-kt}) \quad (2)$$

Em que:

$Q_{CH_4}$  = quantidade de gás gerado durante um ano ( $m^3$ /ano);

$L_0$  = potencial de geração de metano em peso de lixo ( $m^3$ /t);

R = quantidade anual de resíduos depositados no aterro (t/ano);

k = taxa de geração de metano por ano (1/ano);

t = tempo desde o início da disposição do aterro (anos);

c = tempo desde o encerramento do aterro (anos).

### **3.4.3 Modelo Desenvolvimento pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC,1996).**

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 1996) possui duas metodologias para estimar as emissões de CH<sub>4</sub> procedentes dos aterros de RSU. A primeira é a metodologia chamada de padrão e a segunda é a metodologia cinética de primeira ordem.

A metodologia cinética de primeira ordem é um método mais completo, que serve para estimar as emissões de CH<sub>4</sub> (Metano) de RSU, reconhecendo o fato de que o CH<sub>4</sub> é emitido por um longo período de tempo, em vez de instantaneamente. Esta aproximação cinética considera vários fatores que influenciam nas taxas da geração e liberação de CH<sub>4</sub> do RSU, (TARAZONA, 2010).

A produção de gás total e a taxa em que os gases são gerados podem variar de modelo para modelo, e o parâmetro mais importante que é comum a todos eles é a quantidade do resíduo passível de decomposição (Carbono Orgânico degradável). Outro fator importante é o tempo de operação que corresponde entre a disposição dos resíduos e a fase de decomposição anaeróbia (FIGUEREDO, 2012).

### **3.5 Legislação: Resíduos Sólidos Urbanos**

A definição de resíduos sólidos, dada pela Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em seu Capítulo II, Art. 3º, Inciso XVI, é dada por:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviável em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

O Brasil passou a ter diretrizes de regulação com a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, instituída pela Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que estabelece de maneira ampla os objetivos e os princípios aplicáveis ao

gerenciamento e à gestão integrada dos resíduos sólidos, além de disciplinar as responsabilidades dos geradores e do poder público. Para uma adequada gestão de resíduos sólidos, é preciso seguir consideravelmente princípios norteadores para Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Política Estadual de Resíduos Sólidos, são eles: não geração, prevenção da geração, redução da geração, reutilização, processamento de recicláveis, tratamento e destinação final ambientalmente adequada. A política de resíduos sólidos do estado de Pernambuco é instituída pela Lei Nº 14. 236, de 13 de dezembro de 2010. A qual dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências.

Lei Nº 14.236/2010 Art. 2º, VII - Destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos; X - gestão integrada de resíduos sólidos: maneira de conceber, programar, administrar os resíduos sólidos, considerando uma ampla participação das áreas de governo responsáveis, no âmbito estadual e municipal.

#### **4. METODOLOGIA**

O aterro localiza-se na zona rural de Altinho, Sítio Juá. Estão distanciados 12 km do centro de Altinho e 9 km do centro de Agrestina. Sua área total compreende 10 hectares, constitui-se basicamente em suas dependências: Uma balança rodoviária, bloco administrativo, célula de disposição de resíduos sólidos e uma estação de tratamento de chorume.

O projeto do aterro sanitário foi inicialmente elaborado para atender dois municípios, Altinho e Agrestina. Posteriormente, devido o surgimento da necessidade de cidades vizinhas destinarem adequadamente seus resíduos sólidos, criou-se um consórcio público, denominado Consórcio dos Municípios do Agreste e Mata Sul de Pernambuco – COMAGSUL. O Aterro entrou em operação em 16/08/2010, inicialmente operando com as duas cidades já citadas, a partir de 2011 iniciaram as disposições os municípios: Belém de Maria, Bonito e Lagoa dos Gatos, totalizando cinco cidades, até os dias atuais. A Figura 1 mostra a operação de

manejo dos resíduos sólidos, na célula de disposição do aterro sanitário COMAGSUL.



Figura 1. Manejo dos Resíduos (fonte: Dados da Pesquisa)

O aterro foi projetado para quatro quadrantes, cada quadrante com quatro células de 5m de altura cada. A primeira e atual célula do primeiro quadrante de tratamento de resíduos sólidos está com 125.400m<sup>3</sup> (cento e vinte cinco mil e quatrocentos metros cúbicos) de resíduos sólidos compactados e cobertos. Antes da disposição dos resíduos, são tomados alguns cuidados.

O solo é inicialmente impermeabilizado. Podem ser utilizadas camadas de solos argilosos de até (1 m) compactados a camada posterior constituída por uma manta de impermeabilização de membranas sintéticas, também conhecidas como geomembranas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) (FARIA, 2010). Em seguida é feita a drenagem com pedras rachinha para drenar o percolato até a estação; a drenagem de gases (biogás) é feita com manilhas de 100 mm de diâmetros postas aleatoriamente conforme evolução da célula. As Figuras 2 e 3 ilustram a operação do aterro COMAGSUL.



Figura 2. Drenagem de Percolados. (Fonte: Dados da Pesquisa)



Figura 3. Drenagem do Biogás (fonte: Dados da Pesquisa)

Após estes procedimentos operacionais, o aterro sanitário está apto a receber os RSU assim gerados pela sociedade. A Figura 4 ilustra a estrutura básica para operação utilizada em aterros sanitários.



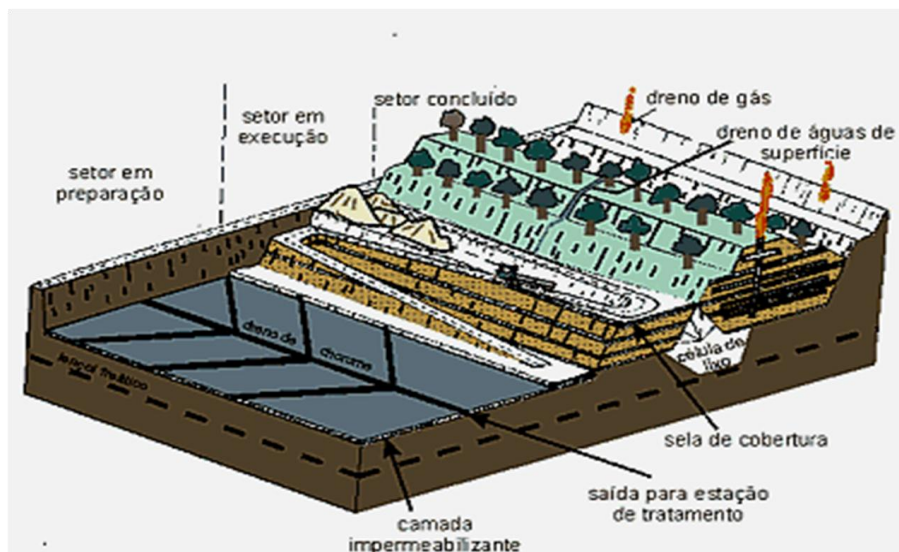


Figura 4. Esquema Ilustrativo da Operação em Aterros Sanitários. (fonte: <<http://www.google.com>>).

Atualmente a drenagem do biogás gerado pelo aterro sanitário COMAGSUL é feita através de 13 (treze) manilhas de 100 mm de diâmetro, dispostas na célula de tratamento. Não existe nem um sistema de reaproveitamento ou queima deste biogás, que simplesmente é gerado e lançado na atmosfera. O aterro recebe cerca de 50 toneladas/dia de RSU, (Dados da Pesquisa). A figura abaixo mostra a área em que estão instalados alguns dos pontos de drenagem do biogás.



Figura 5. Pontos de Drenagem do Biogás (fonte: Dados da Pesquisa)

As informações utilizadas neste trabalho são provenientes do Aterro Sanitário Altinho/Agrestina – COMAGSUL. Tratam-se da coleta de dados quantitativos de

disposição de resíduos sólidos urbanos, feita por todos os municípios consorciados naquele aterro no ano de 2015.

Foram utilizados dados referentes à classificação gravimétrica dos RSU, de todos os municípios que fazem uso daquele aterro. Os dados apontam os tipos de resíduos que o supracitado aterro recebeu em suas dependências durante o ano de 2015.

Segundo a ABNT- NBR 10.007/2004, a caracterização gravimétrica é a: “determinação dos constituintes e de suas respectivas percentagens em peso e volume, em uma amostra de resíduos sólidos, podendo ser físico, químico e biológico”.

O modelo escolhido para quantificação do biogás, desenvolvido pelo (IPCC, 1996) relaciona a constante de decaimento “K” de acordo com a composição do lixo recebido no aterro sanitário. Os valores de K podem ser visualizados na tabela 1.

Tabela 1 – Valor de K para cada componente do lixo.

Para papel	k = 0,07
Para resíduos orgânicos	k = 0,17
Para têxteis	k = 0,07
Para madeira	k = 0,035
Portanto, tem-se a média	<b>k = 0,09</b>

Fonte: IPCC (2006)

Para o cálculo da emissão de metano, utiliza-se a Equação 3.

$$E_{CH_4} = K \cdot R_x \cdot L_0 \cdot e^{-K(X-T)} \quad (3)$$

Onde:

$E_{CH_4}$  = Emissão de metano ( $m^3 CH_4$ /ano);

K= 0,09 média da constante de decaimento valor médio.

$R_x$  = Fluxo de resíduos do ano (ton. /RSU);

$L_0$  = Potencial de geração de metano ( $m^3$  biogás / ton. RSD);

X = Ano atual;

T = Ano de deposição do resíduo no aterro (início de operação).

Entretanto, será necessário primeiro calcular a fração (COD) depositado no aterro utiliza-se a Equação 4:

$$\text{COD} = \sum(\text{COD}_i \cdot W_i) \quad (4)$$

Onde:

COD = Fração de carbono orgânico degradável no lixo;

COD<sub>i</sub> = Fração de carbono orgânico degradável no tipo de resíduo i;

W<sub>i</sub> = Fração do tipo de resíduo i por categoria do resíduo.

O valor COD é obtido a partir da composição do material depositado no aterro. O COD<sub>i</sub> depende da composição do material depositado no aterro, apresentado na Figura (6) em conformidade com o guia do IPCC. O modelo classifica cinco tipos de resíduos específicos: a, b, c, d, e. Para o tratamento dos dados. O W<sub>i</sub> foi calculado de acordo com a análise gravimétrica do resíduo em porcentagem dos componentes presentes no lixo, ou seja, matéria orgânica, papel/papelão, entre outros.

Após o cálculo do COD, é necessário calcular o potencial de geração de metano no resíduo (L<sub>0</sub>), observado na Equação 5:

$$L_0 = \text{FMC} \cdot \text{COD} \cdot \text{COD}_f \cdot F \cdot \frac{16}{12} \quad (5)$$

Onde:

L<sub>0</sub> = Potencial de geração de metano do resíduo (m<sup>3</sup>biogás /ton. RSD);

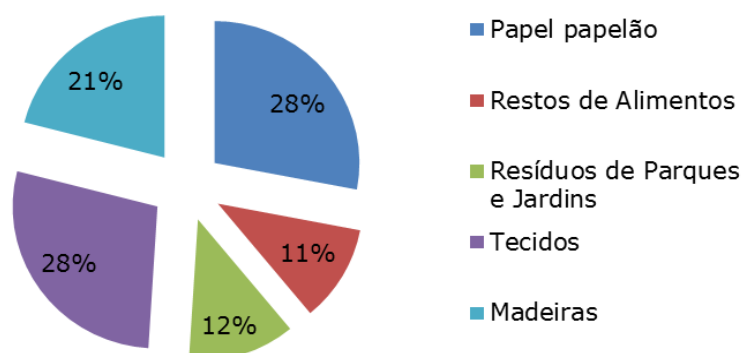
FMC = Fator de correção do metano = 0,8 inadequado (profundo >5m de lixo);

COD = Valor obtido por meio dos cálculos realizados na Equação (4);

COD<sub>f</sub> = Fração altamente biodegradável no resíduo brasileiro;



Figura 6 - Teor de carbono orgânico degradável para cada componente do lixo.



Fonte: IPCC (1996)

A fração de COD dissociada ( $COD_f$ ), indica a fração de carbono que é disponível para a decomposição bioquímica, e pode ser obtida pela Equação 6.

$$COD_f = 0,014T \cdot 0,28 \cdot 0,77 \quad (6)$$

Onde:

T= temperatura ( $^{\circ}C$ ) na zona anaeróbia dos resíduos, estimada em  $35^{\circ}C$ .

F = Fração de metano presente no biogás. Caso o aterro não possua o valor real da quantidade de metano presente no biogás, pode-se utilizar a estimativa de 0,5, pois geralmente a quantidade de metano presente no biogás de aterro é 50%;

$\frac{16}{12}$ =Conversão de carbono para metano ( $CH_4$ ).

O Fator de Correção do Metano (FCM), que avalia a qualidade do aterramento do lixo, considera o fato do resíduo aterrado de forma inadequada produzir menor quantidade de metano em relação aquele destinado a locais adequados, onde uma maior parte do lixo é decomposta em condições anaeróbias. Os valores recomendados pelo IPCC para este fator podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de FCM recomendados pelo IPCC

<b>Tipo de Local</b>	<b>FCM – Fator de correção de metano</b>
Adequado – aterro bem gerenciado	1,0
Inadequado – profundo (>5 m de lixo)	0,8
Inadequado – raso (<5 m de lixo)	0,4

Fonte: IPCC (1996)

De acordo com os dados obtidos através da aplicação das equações que constituem o modelo IPCC, será verificada a possível potencialidade de produção de biogás do aterro COMAGSUL, que será atestada ou não pela compatibilidade dos dados obtidos com o que é descrito na literatura recente.

#### **4.1 Tipo de Estudo**

De acordo com os objetivos do projeto, a pesquisa em questão caracterizou-se como exploratória, quantitativa e prospectiva.

#### **4.2 População e Amostra**

O Aterro está em operação desde Agosto/2010. Para consolidação dos objetivos elencados a este, é preciso fazer uso de dados específicos. Aos quais competem ao ano de 2015 - total de toneladas depositadas.

#### **4.3 Período de Realização do Trabalho**

A pesquisa foi realizada no intervalo de 15/08/2015 à 31/12/2015, e a emissão dos dados oficiais em maio de 2016.

#### **4.4 Critérios de Inclusão e Exclusão**

A classificação gravimétrica realizada no aterro COMAGSUL gerou dados quantitativos e qualitativos. Onde se visualiza totalidade dos resíduos depositados

durante o período de análise do ano de 2015. Considerando que parte desses resíduos é uma fração degradável (carbono) que pode ser convertido em biogás.

#### 4.5 Coleta de Dados

Esta etapa caracteriza-se pela obtenção de informações essenciais para formulação dos objetivos deste trabalho. Dados detalhados do volume de resíduos depositados durante o período de análise no aterro em questão foram repassados diretamente através do bloco administrativo do COMAGSUL.

A segunda etapa na obtenção dos dados consistiu em obter a classificação gravimétrica dos resíduos depositados no aterro. Os dados coletados foram referentes às informações quanta a fração de resíduos orgânicos degradáveis, de total interação para os processos: biológicos, químicos e físicos que envolvem a produção de biogás. O dado referente à tabela com a classificação gravimétrica dos resíduos encontra-se disponível no anexo I. Todas as informações foram repassadas pelo bloco administrativo do aterro em pesquisa.

### 5. Resultados e Discussão

Através dos dados coletados, pode-se observar que o município de Bonito é o responsável pela maior geração de RSU, em contrapartida o município de Lagoa dos Gatos tem a menor geração, como apresentado na Figura 7.

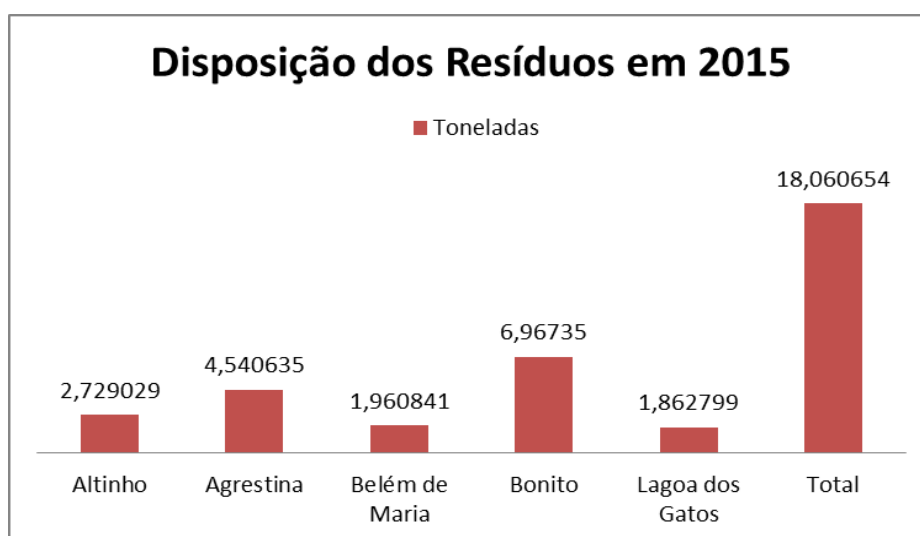


Figura 7. Disposição dos resíduos gerados pelos municípios consorciados  
(Fonte: Dados da Pesquisa)

Conforme define o método do IPCC, todas suas etapas são categoricamente elencadas. A base de dados para aplicação neste método refere-se principalmente a classificação gravimétrica, onde consta a fração de resíduos sólidos degradáveis assim depositados naquele aterro sanitário.

Segundo a literatura deste trabalho, os aterros sanitários com mais de cinco anos em operação regular, estão nas condições de ápice no que diz respeito a geração de biogás. As condições de fermentação biológica, cobertura e compactação também são fatores que contribuem diretamente para que o aterro opere em condições ótimas (SOARES, 2011).

Este é o primeiro estudo, desta natureza, realizado no aterro COMAGSUL. A classificação foi realizada de maneira individual para os municípios consorciados. Os valores respectivos foram globalizados (somados), para efeito de aplicação matemática.

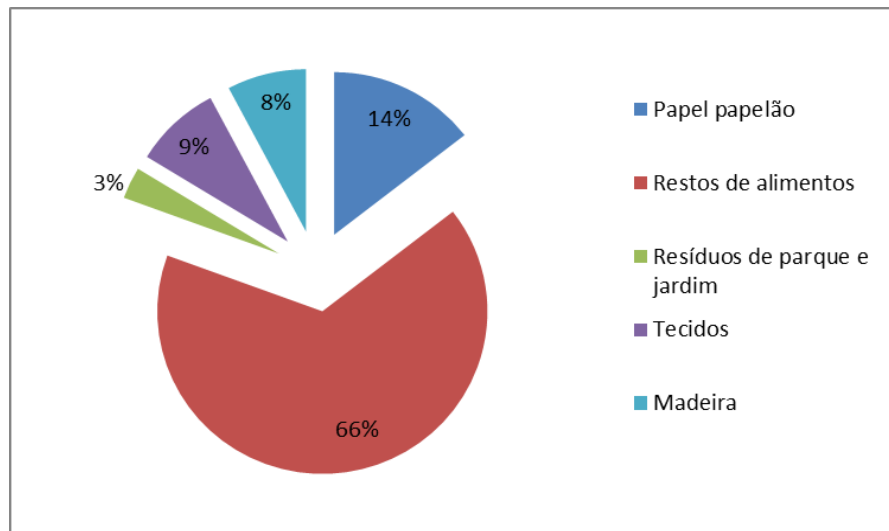
A classificação gravimétrica mostra a composição dos cinco municípios distintamente. Para o entendimento do leitor e simplificação dos dados, foi necessário “globalizar”, tratar de forma geral as informações a cerca da classificação. Para isso Leva-se em consideração que os cinco municípios consorciados totalizam 100% da composição dos RSU, ou seja, somou-se as frações dos tipos de resíduos apontados pelo modelo IPCC. A Tabela 3 em correlação com a Figura 8 abaixo apresenta os valores globalizados. Aos quais se definem o COD<sub>i</sub> (Fração de carbono orgânico degradável no tipo de resíduo i).

Tabela 3 – Composição Biodegradável Global

Componente	Massa (Kg)
Papel papelão	1.170,33
Restos de alimentos	5.333,96
Resíduos de parque e jardim	254,24
Tecidos	687,16
Madeira	626,28
<b>Total</b>	<b>8.071,97</b>

Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 8 – Percentual Biodegradável em Cada Componente



Fonte: Dados da Pesquisa

Com os Valores do COD<sub>i</sub> definidos na Tabela 3, a próxima etapa consiste em determinar o valor do W<sub>i</sub> (Fração do tipo de resíduo i por categoria do resíduo) perante a composição do mesmo. Usam-se os valores percentuais observados na Figura 8 do IPCC. Diante da equação (4) o carbono orgânico degradável (COD) é definido.

$$\text{COD} = \sum(\text{COD}_i \cdot W_i) \quad (4)$$

Tabela 4 – Quantidade em kg de Carbono Orgânico Degradável (COD)

<b>Componente</b>	<b>Massa (Kg)</b>
Papel papelão	468,132
Restos de Alimentos	800,094
Resíduos de Parques e Jardins	43,22
Tecidos	274,864
Madeiras	187,884
<b>TOTAL</b>	<b>1.774,194</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

Conforme toda fração determinada o carbono orgânico degradável (COD) corresponde à soma dos valores da Tabela 4.

$$\text{COD} = (1,774194 \text{ toneladas})$$

O resultado obtido foi aplicado nas equações posteriores. Nesta fase calcula-se a variável  $COD_f$  (Fração altamente biodegradável no resíduo brasileiro) através da Equação 5. A constante (T) representa temperatura °C na zona anaeróbia dos resíduos, estimada em 35°C, de acordo com o próprio modelo.

$$COD_f = 0,014 \cdot (T) \cdot 0,28 \cdot 0,77 \quad (5)$$

$$COD_f = 0,014 \cdot (35^\circ C) \cdot 0,28 \cdot 0,77 = \underline{0,1056}$$

Para a obtenção da variável  $L_0$  (Potencial de geração de metano do resíduo ( $m^3$  biogás / ton. RSD) segue como referência as seguintes observações:

- FMC (Fator de correção do metano = 0,8 inadequado (profundo > 5m de lixo);
- F (0,5 = fração de metano presente no biogás) valores pré-definidos na própria metodologia.

$$L_0 = FMC \cdot COD \cdot COD_f \cdot F \cdot \frac{16}{12} \quad (6)$$

Desta forma, temos:

$$L_0 = 0,8 \cdot 1,774194 \text{ ton.} \cdot 0,1056 \cdot 0,5 \cdot \frac{16}{12}$$

$$\underline{L_0 = 0,0999 \text{ m}^3 \text{ biogás / ton RSD}}$$

O valor da variável  $L_0$  mostrou o potencial de geração de biogás a cada tonelada de resíduos sólidos, preferencialmente apresentados nas condições favoráveis para biodegradação e fermentação. Um valor relativo para dimensão do aterro sanitário em questão. O fluxo de resíduos anual foi pequeno, já que o aterro comporta resíduos de cinco municípios de pequeno porte do interior do agreste.

Aplicando os dados na Equação 3 do modelo do IPCC, pode-se estimar o volume de metano ( $CH_4$ ) gerado durante o período em que os dados foram coletados.

$$E_{CH_4} = K \cdot R_x \cdot L_0 \cdot e^{K(X-T)} \quad (3)$$

$E_{CH_4}$  = Emissão de metano ( $m^3 CH_4$ /ano);

K= 0,09 média da constante de decaimento;

$R_x$  = Fluxo de resíduos do ano (ton./RSD), conforme figura (7);

$L_0$  = Potencial de geração de metano ( $m^3$  biogás / ton. RSU);

$X$  = Ano atual = 2015;

$T$  = Ano de deposição do resíduo no aterro (início da operação) = 2010.

Desta forma:

$$E_{CH_4} = 0,09 \times 18,060 \times 0,0999 \times 1,5683$$

Conforme Equação 3 o valor que representou a geração de metano foi de  **$E_{CH_4} = 0,2546 m^3$  metano/ano**. Os cinco municípios atendidos contabilizam menos de 60.000 habitantes. Ou seja, um aterro de pequeno porte. A média de toneladas de resíduos sólidos depositadas mensalmente naquele aterro é de 1,5 toneladas. É propício apresentar um resumo dos principais parâmetros calculados pelo modelo proposto (IPCC, 1996).

Tabela 5 – Principais Parâmetros do Modelo IPCC

Parâmetros	Valores
Carbono Orgânico Degradável no lixo	1,774194 Toneladas
Potencial de geração de metano	0,0999 $m^3$ /Ton. RSU
Emissão de Metano	0,2546 $m^3$ Metano/ Ano

De acordo com VIANA *et al* (2014), o biogás gerado nos aterros sanitários é composto basicamente por metano ( $CH_4$ ) entre 50 e 70%. Através do resultado encontrado, foi estimada a geração de metano, componente do biogás. Adotando-se uma faixa mediana 60% correspondente ao teor de metano, é necessário calcular o quanto é gerado de biogás (metano + demais gases). Utilizando o princípio da proporcionalidade temos que:

$$0,2546 m^3 \text{ metano/ano} \longrightarrow 60\%$$

$$X(\text{demais gases}) \longrightarrow 40\%$$

$$X = 0,1697$$

Biogás =  $0,2546 \text{ m}^3$  metano/ano (60%) +  $0,1697$  demais gases (40%)

A geração de biogás =  $0,4243 \text{ m}^3$ /ano.

O metano é altamente poluente a atmosfera. Sua emissão sem controle beneficia situações desastrosas ao ciclo ambiental contribuindo para fenômenos como o efeito estufa. Nas próprias licenças de funcionamento de aterros sanitários respaldam-se categoricamente o cuidado em tratar os subprodutos da decomposição dos resíduos sólidos, chorume e biogás (FIGUEREDO, 2012).

Diante do resultado encontrado após aplicação matemática no modelo metodológico determinado a este estudo, encontramos um baixo volume relativo à geração de metano. Proporcional ao volume dos resíduos depositados no aterro sanitário COMAGSUL. Devemos levar em consideração, a cultura, os costumes regionais que envolvem a sociedade regional desta parte do interior de Pernambuco. Existem três tipos de aterros: aterro sanitário, controlado e industrial. Cada tipo de aterro está diretamente ligado ao tipo de resíduos que estão destinados; o volume dos resíduos; tratamento e etc.

A temperatura no interior das camadas do aterro afeta sensivelmente a produção de biogás. O fator água (chuva) deve normalmente situar-se em torno de 90% do peso do conteúdo total. Tanto o excesso, quanto a falta de água são prejudiciais. O percentual da água varia de acordo com as diferenças apresentadas pelas matérias-primas destinadas à fermentação, (FARIA, 2010). Estes fatores levados em consideração a um ambiente semiárido são bastante relevantes.

A maior utilização do biogás é como combustível para geração de energia elétrica e térmica. Não apenas aproveita de forma sustentável este subproduto da disposição dos resíduos sólidos, como também evita que o gás metano nele contido seja emitido para a atmosfera. Como o metano tem potencial 21 vezes maior que o  $\text{CO}_2$  esta é uma das condições/formas de combater a poluição por este gás (ZILOTTI, 2012).

Outra aplicação para utilização do biogás gerado é a 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 (MONTAGNA, 2013).

Atualmente o Aterro Sanitário Altinho/Agrestina COMAGSUL não faz uso de nenhuma tecnologia de aproveitamento do biogás. Simplesmente o gás é gerado e lançado na atmosfera. O que difere totalmente do manejo correto para um gerenciamento sustentável do subproduto gerado no aterro.

De acordo com a aplicação matemática e respectivo valor correspondente ao metano/ano gerado naquele aterro. Este trabalho propõe a queima deste biogás. Uma vez que, a geração de metano mostra-se ser insuficiente para finalidades ousadas, a Ex: geração de energia elétrica. A queima deste biogás irá proporcionar uma transformação. Uma vez que submetido à queima, o metano será convertido em dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ . O metano é 21 vezes mais causador do efeito estufa que o  $\text{CO}_2$ . Conclui-se que a queima irá proporcionar uma prática muito menos nociva ao meio ambiente. Este processo é previsto em qualquer projeto de operação de aterro sanitário. Infelizmente não é realidade do aterro em estudo, (EDMUNDO et al, 2010).

O equipamento utilizado para queima é de simples instalação e de viável economia para os bons resultados que serão proporcionados. Flare – sistema de queima do biogás excedente.



Figura 9. Flare instalados em aterro. (fonte: <<http://www.google.com>>)

Analisando a geração de biogás do aterro COMAGSUL, a partir da classificação realizada neste estudo, observou-se que no período do ano de 2015, o volume de biogás produzido  $0,4243 \text{ m}^3/\text{ano}$  é considerado muito baixo para elaboração de grandes projetos, fazendo do flare a solução mais adequada para o momento.

## 6. Conclusão

O levantamento de dados quantitativos a cerca do volume de resíduos depositados naquele aterro ocorreu de maneira sucinta e objetiva e contou com a autorização da administração do aterro COMAGSUL.

Diante da obtenção das informações necessárias para aplicação matemática. Foram aplicados os dados em etapas, seguindo o modelo metodológico. Foi calculado o carbono orgânico degradável COD (1,774194 ton.) diante da fração de resíduos depositados no aterro; potencial de geração de metano (0,0999 m<sup>3</sup>/ tone.); fração extremamente degradável dos resíduos COD<sub>r</sub> (0,1056) aplicado ao fator de correção. Consequente contemplou-se a estimar o potencial de produção do biogás.

A partir da geração de metano/ano foi possível simular matematicamente o volume de biogás gerado (0,4243 m<sup>3</sup>/ ano) valor dentro da proporcionalidade das circunstâncias operacionais do aterro. O aterro em estudo se enquadra na definição de aterro controlado. Suas instalações são inferiores a de um aterro sanitário, onde, menos instrumentos operacionais são utilizados na minimização de impactos ambientais. Os produtos gerados através das disposições dos resíduos sólidos (chorume e biogás) não detêm de sistemas eficazes ao devido tratamento.

Com benefício ambiental e a viabilidade econômica, conclui-se que o aproveitamento do gás metano produzido no aterro sanitário em estudo, uma vez utilizado técnicas para sua captação (drenos verticais) pode ser queimado através de equipamentos tipo Flare. Diferentemente da realidade atual, o aterro estará operando corretamente dentro dos parâmetros exigidos e longe de multas ou qualquer tipo de intervenção. E claro, contribuindo para o bem estar coletivo.

## 7.Referências bibliográficas

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, São Paulo 2014. Pág. 32 Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em 18/08/2015.

BATISTA, E. L. NARDI Faculdade de Tecnologia de Botucatu-SP. **Produção de Biogás a Parir de Dejetos de Origem Animal**, Botucatu-SP, 2013. Pág. 84, Disponível em: <<http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/download/2/6/181/>>. Acesso em 18/08/2015.

BRASIL, **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636/>>. Acessado em: 20/10/2015.

BRASIL, **LEI Nº 14. 236, DE 13 DE DEZEMBRO DE 2010**. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS\\_ANEXO/Lei%2014236;141010;20101229.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/Lei%2014236;141010;20101229.pdf)>. Acessado em: 20/10/2015.

BRASIL, **NBR 8.419/1992**. Comissão de Estudo de Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/.../NBR-8.419-NB-843-Apresentação-de-Projetos-de-Ate/>>. Acessado em: 20/10/2015.

BRASIL, **ABNT NBR 10.007/2004**. Esta Norma fixa os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/residuos/.../nbr-10007-amostragem-de-resc3adduos-sc3b3lidos.pdf>>. Acessado em: 20/10/2015

BRASIL, PANORAMA DOS ATERROS SANITÁRIOS DE PERNAMBUCO TRIBUNAL DE CONTAS. Disponível em:

<<http://g1.globo.com/pernambuco/.../mesmo-com-politica-de-residuos-70-dos-municipios-de...pdf/>>. Acessado em: 20/10/2015

EDMUNDO, L. et al, FERNANDO, C. FERNANDO, B. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. III-204 – **Avaliação do Potencial de Receitas Derivadas do Biogás de Aterros**, Rio de Janeiro, 2010. Pág. 2, Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/III-204.pdf>>. Acesso em: 25/04/2016.

ELLER, C. M. Universidade Federal do Espírito Santo Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. **Caracterização dos Compostos Traços Influentes no Aproveitamento Energético do Biogás Gerado em Reator UASB no Tratamento de Esgoto Doméstico**, Vitória 2013. Pág. 20, Disponível em: <<http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/DCF.pdf>>. Acesso em: 18/08/2015.

ELECTO. K. SALOMON E. **Estimativa do Potencial de Geração de Energia Elétrica Para Diferentes Fontes de Biogás no Brasil**, Fevereiro de 2006. Pág.63, Disponível em: <<http://www.renabio.org.br/06-b%26e-v2-n1-2005p557-67.pdf>>. Acessado em: 04/09/2015.

FARIA, M. R. IEE da Universidade de São Paulo Monografia (Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e Energia). **Biogás Produzido em Aterros Sanitários, Aspectos Ambientais e Aproveitamento do Potencial Energético**, São Paulo 2010. Pág. 41, Disponível em: <[http://www.engenhariaambiental.unir.br/.../Res%20Solidos%20\\_Aula%208.pdf](http://www.engenhariaambiental.unir.br/.../Res%20Solidos%20_Aula%208.pdf)>. Acesso em: 16/04/2016.

FARIA, R. A. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. **Avaliação do Potencial de Geração de Biogás e de Produção de Energia a Partir da Remoção da Carga Orgânica de uma Estação de Tratamento de Esgoto – Estudo de Caso**, Paraná fevereiro de 2012. Pág. 11-12, Disponível em: <[http://www.unioeste.br/portaapos/media/...dissertação\\_rui\\_a\\_p\\_faria.pdf](http://www.unioeste.br/portaapos/media/...dissertação_rui_a_p_faria.pdf)>. Acesso em: 18/08/2015.

FERNANDES, J. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. **Estudo da Emissão de Biogás em um Aterro Sanitário Experimental**, Belo Horizonte 2009. Pág. 09, Disponível em: <<http://wwwsmarh.eng.ufmg.br/defesas/516m.pdf>>. Acesso em: 20/08/2015.

FIGUEIREDO, J. **Estimativa de Produção de Biogás e Potencial Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais**, Belo Horizonte 2012. Pág.15, Disponível em: <[http://www.biblioteca.ufmg.br/...dissertação\\_julianacarvalho](http://www.biblioteca.ufmg.br/...dissertação_julianacarvalho)>. Acesso em: 20/08/2015.

GOMES, S. Universidade Estadual de Ponta Grossa Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. **Potencial Energético dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de Ponta Grossa**, Paraná 2014. Pág. 25, <<http://www.pitangui.uepj.br/...dissertacao%20ppgbgomes.pdf>>. Acesso em: 23/08/2015.

GULZOW, Guia Prático do Biogás. **Geração e utilização**, 5ª edição, Publicado pela Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. Pág. 20, Disponível em: <<http://www.pitangui.uepj.br/...dissertação%20ppgbgomes.pdf>>. Acessado em: 25/08/2015.

MONTAGNA, B. T. Faculdade Educacional de Dois Vizinhos - União de Ensino do Sudoeste do Paraná. **Biogás Produzido em Aterro Sanitário como Fonte de Energia – Revisão Bibliográfica**. Dois Vizinhos – PR 2013. Pág. 40 á 44, Disponível em: <[http://semanaacademica.org.br/.../biogas\\_produzido\\_em\\_aterro\\_sanitariopdf](http://semanaacademica.org.br/.../biogas_produzido_em_aterro_sanitariopdf)>. Acessado em 19/04/2016.

LOPES, L. Universidade de São Paulo. **Gestão e Gerenciamento Integrados dos Resíduos Sólidos Urbanos**, São Paulo 2006. Pág. 22-29, Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/.../8/.../dissertação\\_luciana\\_lopespdf](http://www.teses.usp.br/teses/.../8/.../dissertação_luciana_lopespdf)>. Acessado em: 27/08/2015.

OLIVEIRA, R. ALENCAR, R. COELHO, T. **Estimativa da Produção Teórica do Metano Gerado no Aterro Sanitário de Palmas -TO**, Palmas 2011. Pág.38, Disponível em: <<http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.pdf/forum>>. Acessado em: 27/08/2015.

PEREIRA, A. Ministério do Meio Ambiente Ministério das cidades Governo Federal. **Redução de Emissões na Disposição Final**, Brasília 2007. Pág.13, Disponível em:

<[http://www.mma.gov.br/estruturas/.../125\\_publicacao12032009023918.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/.../125_publicacao12032009023918.pdf)>.

Acessado em: 30/08/2015.

PRATI, L. Universidade Federal do Paraná. **Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás Gerado por Biodigestores**, Curitiba 2010. Pág. 13-15, Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/148.pdf>>. Acessado em: 30/08/2015.

ROGÉRIO, A. et al, ANTUNES, L. FERNANDA. Faculdades Integradas de Jaú – FIJ. **A Importância de um Aterro Sanitário na Cidade de JAÚ**, Jaú 2010. Pág. 26, Disponível em: <<http://www.institutoproterra.org.br/attach/upload/tccaterrosanitariojau-sp.pdf>>.

Acessado em:12/04/2016.

SOARES, E. LEITE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Estudo da Caracterização Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos**, Rio de Janeiro Maio de 2011. Pág. 62. Disponível em: [http://www.getres.ufrj.br/pdf/SOARES\\_ELSF\\_EJP\\_11\\_T\\_M.pdf](http://www.getres.ufrj.br/pdf/SOARES_ELSF_EJP_11_T_M.pdf)>. Acessado em 10/04/2016.

SUMECK, H. Universidade Federal de Rondônia Campus de Ji-Paraná Departamento de Engenharia Ambiental. **Estimativa Teórica da Geração de Biogás do Aterro Sanitário que Será construído no Município de Ji-Paraná-RO, 2013.** Pág. 17, Disponível em: <<http://www.engenhariaambiental.unif.br/admin/aro/tcc%helder.pdf>>. Acessado em: 04/09/2015.

TAGUCHI, R. Universidade de São Paulo Faculdade de Economia Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares com dos Balances**, Ribeirão Preto - SP 2010. Pág. 62, Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/tde.../renatotaguchi.pdf>>. Acessado em: 11/09/2015.

TARAZONA, C. Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Estimativa de Produção de Gás em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos**, Rio de Janeiro 2010. Pág. 28-29, Disponível em: <[http://www.getres.ufrj.br/pdf/tarazoa\\_cf\\_10\\_tm.pdf](http://www.getres.ufrj.br/pdf/tarazoa_cf_10_tm.pdf)>. Acessado em:15/09/2015.

VIANA, A. et al, BARBIAN, M. FROLDI, M. CREMONEZ, P. Universidade Federal do Paraná. **Geração de Biogás a Partir de Efluentes de Abatedouros**. Paraná 2014. Pág. 131, Disponível em: <<http://www.dca.uem.br/v3ne/11.pdf>>. Acessado em: 15/09/2015.

ZILOTTI, A. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. **Potencial de Produção de Biogás em uma Estação de Tratamento de Esgoto de Cascavel para a Geração de Energia Elétrica**, Paraná 2012. Pág. 05, 31-34, Disponível em:<[http://www.200.201.88.199/portalpos/media/...dissertacao\\_helcio\\_a\\_zilotti.pdf](http://www.200.201.88.199/portalpos/media/...dissertacao_helcio_a_zilotti.pdf)>. Acessado em: 20/09/2015.



Anexos I.

<b>Cidades</b>	<b>Madeira</b>	<b>Compósitos</b>	<b>Res. De Jardim</b>	<b>Meta is</b>	<b>Bio Resíduos</b>	<b>Outros</b>	<b>Papel</b>	<b>Res. Perigosos</b>	<b>Plástico</b>	<b>texteis Sani.</b>	<b>texteis</b>	<b>Vidro</b>
Agrestina	7,90%	0,70%	2,70%	0,70%	30,20%	17,50%	7,50%	0,60%	14,10%	9,10%	7,60%	1,50%
Altinho	0,60%	2,10%	2,30%	2,20%	24,50%	5,80%	5,30%	0,40%	24,30%	22,21%	8%	2,30%
Belém D. Maria	5,70%	3,50%	2,50%	0,20%	31,70%	11,20%	7,80%	0,40%	21,10%	11,40%	4,20%	0,40%
Bonito	6,60%	1,80%	1,10%	1,50%	28,80%	14,90%	7,70%	1%	18,90%	10,10%	6,60%	1%
Lagoa dos Gatos	8,70%	2%	2,40%	1,20%	42,70%	5%	4,10%	0,90%	15%	13,40%	4%	0,70%

Classificação Gravimétrica dos Resíduos Sólidos depositados em 2015 no Aterro Sanitário Altinho/Agrestina COMAGSUL.