

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos  
Fundação Estadual de Meio Ambiente  
Engebio Engenharia S/S Ltda

Análise de pré-viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de um sistema de aproveitamento energético de biogás gerado em um aterro sanitário existente no estado de Minas Gerais

RELATÓRIO 3: Termo de referência para contratação de serviços especializados para o detalhamento do projeto de aproveitamento energético de biogás do aterro sanitário de Contagem

20 Anos



Inovação em Gestão Ambiental

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos  
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável  
Fundação Estadual de Meio Ambiente  
Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento  
Gerência de Desenvolvimento e Apoio Técnico às Atividades de Infra-estrutura

**Análise de pré-viabilidade técnica, econômica e  
ambiental da implantação de um sistema de  
aproveitamento energético de biogás gerado em um  
aterro sanitário existente no estado de Minas Gerais**

**RELATÓRIO 3:**

**Termo de referência para contratação de serviços especializados  
para o detalhamento do projeto de aproveitamento energético de  
biogás do aterro sanitário de Contagem**

FEAM – DPED – GEDIF – RT – 006/2009

Belo Horizonte  
2009

© 2009 Fundação Estadual do Meio Ambiente

**Governo do Estado de Minas Gerais**

Aécio Neves Cunha  
Governador

**Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sisema**

**Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - Semad**

José Carlos Carvalho  
*Secretário*

**Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam**

José Cláudio Junqueira Ribeiro  
Presidente

**Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento**

Paulo Eduardo Fernandes de Almeida  
Diretor

**Gerência de Desenvolvimento e Apoio Técnico às Atividades de Infra-estrutura**

Ana Lúcia Bahia Lopes  
Gerente

**Equipe Técnica: Feam**

Ana Lúcia Bahia Lopes, Eng. Civil, Esp.  
Abílio César Soares de Azevedo, Eng. Civil, Esp.

Tiago Abdom Melo, Eng. Civil  
Wilson Pereira Barbosa Filho, Eng. Civil, Esp.

**Elaboração: Engebio Engenharia S/S Ltda**

**www.engebio.net**

Responsável Técnico  
Mario Saffer, Eng. Químico, D. Sc.

**Equipe Técnica: Engebio**

Adalberto Kilpinski, Economista  
José Carlos Carvalho da Cunha, Eng. Químico

Guilherme Augusto Araújo Duarte, Eng. Químico

Eduardo Bayon Britz, Tec. Meio Ambiente

Relatório 3: Termo de referência para contratação de serviços especializados para o detalhamento do projeto de aproveitamento energético de biogás do aterro sanitário de Contagem / Engebio; Fundação Estadual do Meio Ambiente. --- Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2009.  
64 p. : il

Estudo “ Análise de pré-viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de um sistema de aproveitamento energético de biogás gerado em um aterro sanitário existente no estado de Minas Gerais”

1. Biogás.            2. Geração de energia.    3. Aterro sanitário  
I. Engebio.            II. Fundação Estadual do Meio Ambiente

CDU: 621.95:628.472

## RESUMO

A Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais – FEAM, com base na Lei Delegada nº. 156, de 25 de janeiro de 2007, regulamentada pelo Decreto 44819/2008 teve sua atribuição executiva no licenciamento ambiental transferida para unidades descentralizadas do Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA passando a FEAM a atuar com ênfase nas estratégias de busca de melhoria de qualidade ambiental e sustentabilidade do Estado, no âmbito da Agenda Marrom, incluindo o tema energia e mudanças climáticas.

Entre diversas ações desenvolve-se no estado de Minas Gerais o Programa "Minas sem Lixões". Este programa foi implantado em 2003, pela própria FEAM, como uma das ações do Projeto Estruturador "Resíduos Sólidos".

O Projeto "Resíduo é Energia", em desenvolvimento através da FEAM, é realizado também no âmbito do Projeto Estruturador "Resíduos Sólidos" e pretende colaborar para a solução dos problemas gerados pelos resíduos sólidos em Minas Gerais.

O programa "Minas sem Lixões" tem como meta a ser atingida até o ano de 2011 a redução de 80% do número de lixões presentes no estado e a disposição adequada de 60% dos resíduos sólidos urbanos gerados.

Dentro deste programa existem três estudos que visam atingir esta meta:

- captação de gás de aterro;
- biodigestão anaeróbia com obtenção de gás para geração de energia elétrica;
- implantação de Usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos por combustão para fins de geração de energia elétrica.

A FEAM contratou serviços técnicos especializados da Engebio Engenharia S/S Ltda para desenvolver a "Análise de pré-viabilidade técnica, econômica e

ambiental da implantação de um sistema de aproveitamento energético de biogás gerado em um aterro sanitário existente no estado de Minas Gerais”, tendo sido selecionado, após estudos preliminares, como municípios foco deste estudo, os municípios de Contagem, Betim e Uberlândia.

O estudo foi conduzido em três partes: o presente relatório apresenta a identificação do potencial de geração de metano e potencial energético para os aterros sanitários selecionados; na parte 2 será apresentada a análise da pré-viabilidade técnica, econômica e ambiental do aproveitamento energético de biogás do aterro com as melhores condições para aproveitamento do biogás; e na parte 3 este apresentado o termo de referência para contratação de serviços especializados para o detalhamento do projeto para a instalação da melhor alternativa em função do estudo de pré-viabilidade realizado.

Este volume apresenta o Relatório 3: “Termo de referência para contratação de serviços especializados para o detalhamento do projeto de aproveitamento energético de biogás do aterro sanitário de Contagem”.

Em ANEXO, como complementação, encontram-se diretrizes para a elaboração de um Termo de Referência de Edital na modalidade de CONCESSÃO do uso do biogás produzido no aterro sanitário de Contagem para queima e geração de energia elétrica, fornecendo parâmetros para estabelecer o atendimento aos critérios executivos e operacionais quanto a estrutura necessária para a prestação dos serviços oriundos da CONCESSÃO.

## **LISTA DE SIGLAS**

APP – Área de Preservação Permanente

AND – Autoridade Nacional Designada

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

CER – Redução de Emissões Certificadas

CNG – Gás de Aterro Comprimido

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

COPASA – Companhia de Saneamento do Estado de Minas Gerais

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

CTRS – Central de Tratamento de Resíduos Sólidos

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

GEE – Gases de Efeito Estufa

GN – Gás Natural

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

LFG – Gás de Aterro

LNG – Gás de Aterro Liquefeito

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

MDL – Mecanismos de Desenvolvimento Limpo

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PFC – Perfluorcarbono

PIB – Produto Interno Bruto

RCE – Reduções Certificadas de Emissão

RDC – Resíduos de Construção e Demolição

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

RSS – Resíduo de Serviços de Saúde

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SEMEIA – Secretaria Municipal Adjunta do Meio Ambiente

SIMGE – Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais

SISEMA – Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SUPRAM – Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

USEPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

## LISTA DE SÍMBOLOS

atm – Atmosfera

CH<sub>4</sub> – Metano

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

COD<sub>f</sub> – Fração de carbono orgânico degradável que se decompõe

COD<sub>j</sub> – Fração de carbono orgânico degradável no resíduo tipo j. Seu valor está relacionado à composição orgânica dos resíduos e depende do teor de papéis/papelões, folhas, têxteis, madeiras e restos de comida

f – Fração de metano capturada e queimada nos aterros de RSU

F – Fração de metano no biogás de aterro

GWP – Potencial de aquecimento Global

HFC – Hidrofluorcarbono

MJ – Mega Joules

ONU – Organização das Nações Unidas

OX – Fator de oxidação

psig – libras por polegada quadrada manométrica

tCO<sub>2</sub>e – Toneladas equivalentes de dióxido de carbono



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização do município de Contagem na região metropolitana de Belo Horizonte. ....	5
Figura 2 - Aterro de Contagem: principais vias de acesso e entorno. ....	6
Figura 3 - Vista do maciço de resíduos no aterro de Contagem. ....	7
Figura 4 - Vista da construção de um dreno de biogás interligado ao dreno principal de lixiviado.....	9
Figura 5 - Esquema simplificado do processo.....	17
Figura 6 - Vazões de LFG. ....	33
Figura 7 - Vazão de LFG consumida pela planta para geração de energia elétrica..	35
Figura 8 - Redução de emissões decorrentes da implantação da atividade de projeto. ....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Contagem/MG. ....	11
Tabela 2: Quantidade e tipos de resíduos recebidos pelo aterro .....	13
Tabela 3: Parâmetros fixos para cálculo das emissões de linha de base. ....	24
Tabela 4: Frações mássicas de carbono orgânico degradável pó .....	24
Tabela 5: Dados climatológicos de Minas Gerais.....	25
Tabela 6: Taxas de decaimento (k) por tipo de resíduo. ....	25
Tabela 7: Emissões de CO <sub>2</sub> e por tonelada de resíduo disposta em aterro a cada ano y. ....	25
Tabela 8: Emissões da Linha de Base a cada ano da atividade de projeto. ....	27
Tabela 9: Emissões da Linha de Base a cada ano da atividade de projeto. ....	28
Tabela 10: Fatores de emissão de CO <sub>2</sub> pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional Brasileiro.....	29
Tabela 11: Vazão de LFG gerada e possível de ser recuperada, em Nm <sup>3</sup> /h.....	32
Tabela 12: Vazão de LFG excedente à capacidade máxima de consumo da planta. ....	34
Tabela 13: Emissões de linha de base de deslocamento de despacho. ....	36
Tabela 14: Emissões do projeto em cada ano y.....	37
Tabela 15: Cronograma para licenciamento do projeto.....	43

## SUMÁRIO

<b>1. APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETO</b> .....	<b>1</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>1</b>
<b>4. DESCRIÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE CONTAGEM</b> .....	<b>4</b>
<b>5. CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE CONTAGEM</b> .....	<b>10</b>
5.1. Composição .....	11
5.2. Quantidade de resíduos .....	12
<b>6. PROJETO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA E QUEIMA DE BIOGÁS</b> .....	<b>12</b>
6.1. Sistema de Captação.....	14
6.2. Tocha .....	14
6.3. Gerador .....	15
6.4. Sistema de Medição e Controle.....	16
6.5. Conexão a rede .....	17
6.6. Localização da unidade de queima e geração de energia elétrica .....	18
6.6.1. Segurança .....	18
6.6.2. Fatores ambientais .....	18
6.6.3. Necessidades operacionais.....	19
<b>7. IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE METANO E POTENCIAL ENERGÉTICO</b> .....	<b>20</b>
7.1. Metodologia de linha de base.....	21
7.1.1. Cálculo das emissões de CH <sub>4</sub> evitadas .....	22
7.1.2. Deslocamento do despacho .....	28
7.1.3. Vazão de LFG em Nm <sup>3</sup> /h.....	31
7.1.4. Geração de energia elétrica.....	33

<b>7.2. Emissões do projeto.....</b>	<b>36</b>
<b>7.3. Total de emissões evitadas pelo projeto .....</b>	<b>37</b>
<b>8. ESCOPO DAS ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS .....</b>	<b>38</b>
<b>8.1. Reunião preparatória.....</b>	<b>38</b>
<b>8.2. Serviços e projetos.....</b>	<b>39</b>
<b>9. PRODUTOS.....</b>	<b>40</b>
<b>10. QUALIFICAÇÃO EXIGIDA.....</b>	<b>40</b>
<b>11. PRAZO E CRONOGRAMA DE ENTREGA DOS PRODUTOS.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>44</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

As especificações abordadas neste documento têm como objetivo estabelecer diretrizes para contratação de empresas interessadas na elaboração de Serviços Especializados para o Detalhamento do Projeto para a Instalação de sistema de captação do biogás produzido no Aterro Sanitário de Contagem para queima e geração de energia elétrica, fornecendo informações sobre os serviços necessários para tal.

## 2. OBJETO

Execução do Detalhamento do Projeto para a Instalação de sistema de captação do biogás produzido no Aterro Sanitário de Contagem para queima e geração de energia elétrica conforme descrição, características, prazos e demais obrigações e informações constantes neste Termo de Referência.

## 3. JUSTIFICATIVA

O LFG, ou biogás, resulta da decomposição anaeróbica da fração orgânica biodegradável dos resíduos dispostos em aterro. Seus principais componentes são o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (WANG *et. al.*, 2007).

Segundo Themelis *et. al.* (2007), após a disposição dos RSU no aterro, os componentes orgânicos presentes começam a sofrer reações bioquímicas. Na presença de ar atmosférico, na região próxima à superfície do aterro, os compostos

---

orgânicos são oxidados aerobicamente, sendo a reação similar à combustão, pois os produtos são dióxido de carbono e vapor d'água. Contudo, a principal reação bioquímica em aterros é a digestão anaeróbica que ocorre em três estágios. No primeiro, bactérias fermentativas hidrolisam o material orgânico complexo em moléculas solúveis. No segundo, essas moléculas solúveis são convertidas por bactérias formadoras de ácidos em ácidos orgânicos simples, dióxido de carbono e hidrogênio. No terceiro estágio, metano é formado por bactérias metanogênicas, pela quebra dos ácidos em metano e dióxido de carbono, ou pela redução do CO<sub>2</sub> com hidrogênio. O produto contém em torno de 54% de CH<sub>4</sub> e 46% de CO<sub>2</sub>. O biogás contém ainda vapor d'água, em pequena concentração, amônia, gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) e outros constituintes.

Tanto o CO<sub>2</sub> quanto o CH<sub>4</sub> são gases do efeito estufa (GEE). De acordo com o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2001), o aumento na concentração de GEE na atmosfera tende a provocar o aquecimento da superfície da terra.

Estima-se que, em nível global, pouco mais da metade das emissões atuais de CH<sub>4</sub> sejam antropogênicas e que 5-20% das fontes antropogênicas de emissão são advindas de aterros de resíduos (IPCC, 1995). Dessa forma, a redução das emissões de GEE a partir de aterros de resíduos contribui para a estabilização das concentrações de GEE na atmosfera, o que evitaria maiores interferências antropogênicas no clima.

No sentido de mitigar os possíveis impactos sobre o aquecimento global, a coleta e queima do gás de aterro, pode obviamente reduzir a emissão de GEE, uma vez que o potencial de aquecimento global (GWP) do CO<sub>2</sub> (GWP=1) é muito menor que o GWP do CH<sub>4</sub> (GWP=21) (TSAI, 2007).

Sendo o CH<sub>4</sub> um importante gás combustível com alto poder calorífico e o principal componente do gás natural (GN), com um poder calorífico variando entre 15 e 20 MJ/m<sup>3</sup>, com o percentual de CH<sub>4</sub> na faixa de 45-60%, o gás de aterro pode também ser visto como uma fonte de energia. Os principais métodos de utilização do biogás gerado em aterros incluem aquecimento direto, geração de eletricidade,

purificação para injeção em gasodutos e utilização como combustível veicular, dependendo da concentração de CH<sub>4</sub> no produto originalmente gerado (TSAI, 2007).

A quantidade de gás gerada em um aterro depende fortemente das condições do clima, geografia e relevo do sítio, composição dos resíduos e outros fatores locais.

Os benefícios ambientais da coleta e utilização do gás de aterro, segundo USEPA são a redução direta e indireta da emissão de GEE e a redução direta e indireta de outros gases poluidores do ar, reduzindo o impacto humano sobre as mudanças climáticas globais. São citados ainda, como benefícios, o aumento da qualidade ambiental nas comunidades vizinhas devido à redução da emissão de odores e a redução do risco de explosões.

A redução direta da emissão de GEE se dá pela conversão do metano em água e dióxido de carbono quando o gás é queimado para produção de eletricidade ou calor. A redução indireta ocorre devido ao deslocamento, pelo uso de energia elétrica a partir de LFG, da energia elétrica produzida por recursos não renováveis (como carvão, óleo ou gás natural) que seriam necessários para produzir a mesma quantidade de energia. Isso evita a emissão de gases a partir da combustão de combustíveis fósseis em uma planta de energia.

A redução direta de outros gases poluentes ocorre pela destruição dos compostos presentes em baixa concentração no biogás, durante a sua combustão, reduzindo possíveis riscos à saúde humana provocados por esses compostos. Para projetos de geração de energia elétrica, evitar a combustão de combustíveis fósseis em uma planta de utilidades significa que menos poluentes, como o dióxido de enxofre (o qual é o principal contribuinte para chuva ácida), material particulado (preocupação para saúde respiratória), óxidos de nitrogênio (os quais podem contribuir para formação local de ozônio e *smog*) e traços de poluentes perigosos serão liberados para atmosfera.

A coleta e queima de LFG evita a emissão dos odores causados pela presença de compostos sulfurosos no biogás. Ainda, a coleta de biogás aumenta a segurança pela redução da migração de gás para estruturas onde ele possa ficar confinado e causar explosões.

---

Em geral, quanto mais biogás for produzido, mais alta a probabilidade de que questões de saúde, segurança e incômodo odorífero sejam levantadas (Banco Mundial, 2003).

Em relação aos benefícios econômicos, os municípios, concessionárias e/ou investidores privados do aterro poderão obter receita pela venda direta do LFG a um consumidor final (ou injeção em uma linha de gás) e pelo fornecimento de energia elétrica para a rede de energia local. Para os usuários finais, o uso de LFG pode significar economia efetiva, pois substitui o uso de combustíveis fósseis mais caros e com preços sujeitos à volatilidade do mercado (USEPA, 2009).

O pagamento de Créditos de Emissão (Créditos de carbono) é um mecanismo introduzido pelo Protocolo de Kyoto que visa viabilizar ações na busca da diminuição dos gases de efeito estufa. No caso de biogás de aterro, o seu aproveitamento pode viabilizar a implantação de sistemas de captação e aproveitamento do gás, de maneira a contribuir com o meio ambiente, podendo também gerar uma renda adicional aos municípios e/ou operadores privados.

#### **4. DESCRIÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE CONTAGEM**

O Município de Contagem está localizado na mesorregião metropolitana de Belo Horizonte (Figura 1), distando 16,4 km desta capital. A altitude máxima de 1.047 m (Morro Vermelho) e mínima de 879 m (localidade próxima ao rio Betim). A altitude no ponto central da cidade é de 901,97 m.

O clima na região de Contagem é marcado pela sazonalidade térmica e pluviométrica, sendo a classificação do clima: CWB – Clima Tropical de Altitude. As temperaturas mínimas no inverno são em torno de 16,7°C (julho). No verão, as médias são em torno de 21,1°C, sendo este o período chuvoso. O Índice médio pluviométrico anual é de 1.491,3 mm.

---



O município está localizado na unidade de relevo denominada Depressão Sanfranciscana. A forma de relevo predominante é de colinas convexas côncavas sobre rocha granito-gnáissicas. O relevo é bastante diversificado, sendo: Plano em 20%, Ondulado em 30%, e Montanhoso em 50%.

A Bacia Hidrográfica a qual o município integra é a Bacia do Rio São Francisco, sendo os principais rios: Ribeirão Betim, Ribeirão do Cabral, Represa Várzea das Flores.

A vegetação predominante é de cerrado, estando esta bastante alterada. A ocorrência de matas está restrita a ocorrência de manchas secundárias fragmentada, com a presença de capoeiras e matas ciliares nos fundos de vales.



Figura 1: Localização do município de Contagem na região metropolitana de Belo Horizonte.

O aterro sanitário está situado no Bairro Perobas, na Região Administrativa Regional de Eldorado, conhecida como o maior centro comercial e de serviços de Contagem, Minas Gerais. O acesso principal se dá pela via de acesso à Via Expressa de Contagem, a partir da Av. Helena de Vasconcelos Costa e Av. São Marcos.

A distância entre o aterro sanitário e a sede municipal de Contagem é de cerca de 5,6 km rodoviários.

A Figura 2 apresenta uma fotografia aérea da localização do aterro.

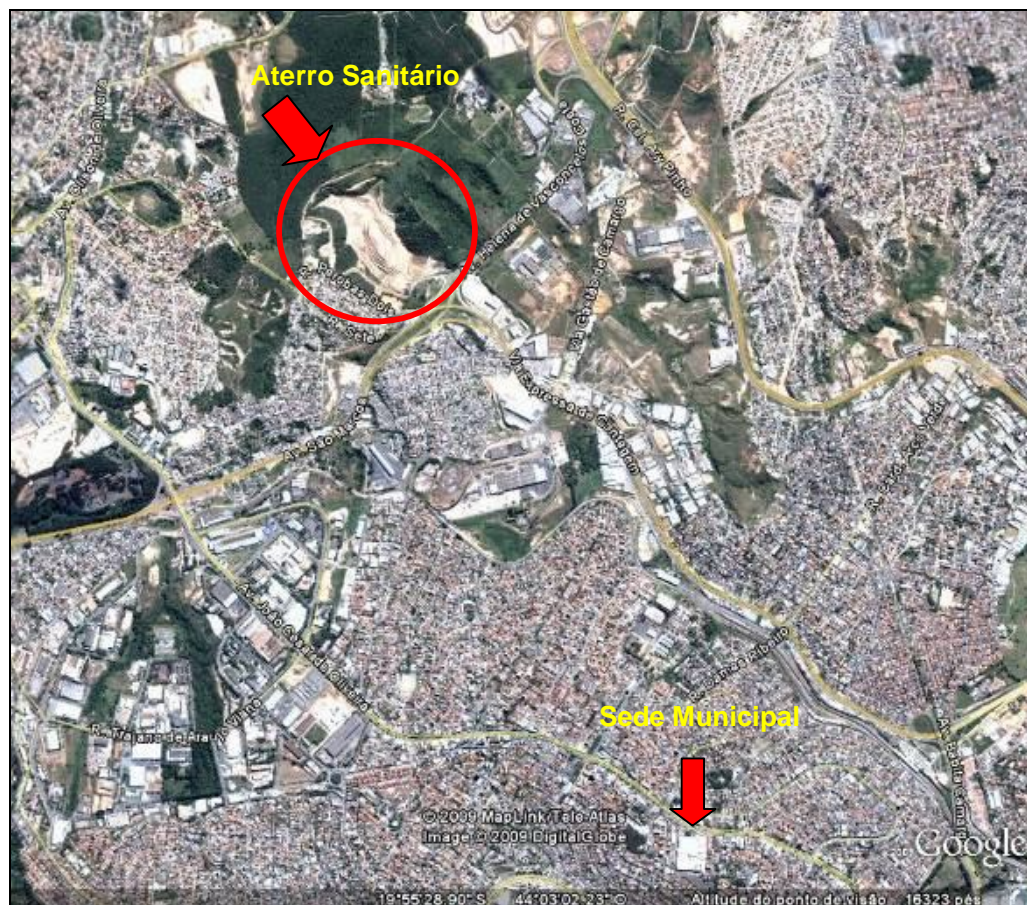


Figura 2: Aterro de Contagem: principais vias de acesso e entorno.

As coordenadas geográficas de referência do aterro (Google Earth) são: 23 598514.20 m E , 7797667.77 m S.

A administração do aterro é feita pela Secretaria Adjunta de Limpeza Urbana do Município de Contagem.

A prefeitura municipal de Contagem possui Licença de Operação vigente para o aterro sanitário concedido pelo Certificado nº 057 emitido pela FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente, com validade até 24 de fevereiro de 2010.

Resumidamente, as características construtivas e operacionais do aterro de Contagem são:

- a área total do terreno é de 60 hectares, com utilização direta de 12 hectares e outros 13 destinados à área de preservação permanente;
- início das operações em 1997;
- a altura atual do maciço de aproximadamente 45 metros (Figura 3).



Figura 3: Vista do maciço de resíduos no aterro de Contagem.



- altura aproximada do maciço no encerramento de 75 metros;
  - vida útil estimada até o ano de 2019;
  - a quantidade atual de resíduos diariamente destinados ao aterro é de aproximadamente 400 toneladas;
  - a Taxa per capita de geração de resíduos sólidos urbanos de 0,64 kg/hab.dia;
  - adotando a população do município projetada pelo IBGE para 1º de julho de 2009, o município conta com 625.393 habitantes;
  - impermeabilização da base com uma camada de argila compactada com espessura aproximada de 1 m;
  - impermeabilização nas encostas executada com manta de PEAD com espessura de 1,5 mm;
  - resíduos dispostos em camadas com aproximadamente 5 metros de espessura;
  - operação do aterro pelo método de rampa, com compactação por trator de esteira;
  - a cobertura diária dos resíduos com argila e resíduos de construção e demolição (RCD), com uma camada de cobertura entre 20 e 30 cm de espessura, aproximadamente;
  - a drenagem pluvial no entorno da área do aterro realizada por um sistema de canaletas de concreto tipo meia cana;
  - inclinação das bermas responsável pela drenagem pluvial no maciço;
  - distanciamento médio entre os drenos de biogás existentes é de aproximadamente 50 m;
-

- perfil construtivo dos drenos em tambores de 200 L com diâmetro de 0,6 m, perfurados, colocados um sobre o outro e preenchidos com pedras de mão (Figura 4);



**Figura 4: Vista da construção de um dreno de biogás interligado ao dreno principal de lixiviado.**

- drenos de gás são interligados aos drenos horizontais de drenagem de líquidos;
  - rotina de inspeção nos drenos para verificação da queima apropriada de biogás e acendimento daqueles que se apagaram, com frequência de duas vezes ao dia;
  - total de 96 drenos de biogás instalados;
  - fração de CH<sub>4</sub> no gás do aterro de 50%v/v;
-

- aproximadamente 90% dos drenos de biogás apresentam vazão de gás suficiente para manterem-se acesos permanentemente;
- sistema de drenagem de líquidos percolados é composto por um dreno principal construído com uma camada de pedras de mão, disposta sobre a camada de argila da base, coberta com uma camada de brita 3 e drenos secundários interligados ao principal, construídos com pedras de mão, e dispostos em forma de espinha de peixe, com distanciamento médio de 30 m;
- vazão média de líquido percolado gerado no aterro, no ano de 2008, foi de 0,91 L/s, enquanto que a média para o ano de 2009, até o mês de agosto, é de 0,66 L/s;
- tratamento do lixiviado na ETE Nova Contagem da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

## **5. CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE CONTAGEM**

A quantidade atual de resíduos diariamente destinados ao aterro é em torno de 400 toneladas, a qual adotando-se a população do município projetada pelo IBGE para 1º de julho de 2009, de 625.393 habitantes, resulta em uma taxa per capita de geração de resíduos sólidos urbanos de 0,64 kg/hab-dia.

O Índice de adensamento observado e adotado pela operadora do aterro é de 700 kg de resíduos por m<sup>3</sup> de aterro.

A taxa de aumento na quantidade gerada de resíduos observada pela administração do aterro, para os últimos anos, é de 3% ao ano, conforme apresentado na Tabela 3.

---

São recebidos no aterro resíduos domiciliares, comerciais, resíduos de serviços de saúde e resíduos públicos.

Os resíduos recebidos no aterro são denominados conforme sua origem: resíduos domiciliares, resíduos de serviços de saúde, resíduos de varrição, resíduos volumosos de limpeza de áreas públicas e outros.

### 5.1. Composição

A composição gravimétrica dos resíduos domiciliares do município foi obtida por meio de um estudo conduzido pela Secretaria Municipal Adjunta de Limpeza Urbana de Contagem, realizado entre os dias 24 e 29 de agosto e entre os dias 02 e 05 de setembro de 2009, adotando as orientações da Fundação Centro Tecnológico – CETEC.

Esse estudo considerou, para a coleta de amostras, algumas variáveis socioeconômicas do município, de modo que a quantidade de amostras foi definida de acordo com a proporção resultante entre a população total e a ocorrência de estratos sociais conforme os setores censitários que compõem a cidade. Desse modo, foram coletadas 42 amostras nas oito regionais administrativas de acordo com a ocorrência dos estratos sociais existentes no município. A composição gravimétrica dos resíduos, resultado desse estudo, é apresentada na tabela 1 a seguir.

**Tabela 1: Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Contagem/MG.**

<b>Resíduo</b>	<b>Percentual</b>
Restos de Alimentos	31,0%
Restos de Podas	5,0%
Papel Reciclável	5,0%
Papelão	4,0%
Plástico Mole	2,5%
Plástico Duro	3,0%
PET	3,0%
Tetra Pak	2,5%

Resíduo	Percentual
Metal Ferroso	2,0%
Metal Não Ferroso	0,0%
Alumínio	0,5%
Vidro	2,0%
Trapo	3,0%
Restos de Banheiro	18,0%
Entulho	1,0%
Outros	17,5%
Total	100,0%

Fonte: Diagnóstico técnico operacional – composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares, Prefeitura Municipal de Contagem (2009).

## 5.2. Quantidade de resíduos

A quantidade de resíduos recebida no aterro sanitário da cidade de Contagem, registrada entre os anos de 2005 e 2008, é apresentada na Tabela 2.

Conforme definições da Prefeitura de Contagem:

- resíduos denominados de remoção mecanizada compreendem os resíduos de construção (inertes);
- resíduos denominados de remoção manual compreendem outros resíduos como sofás, podas (aproximadamente 30 % de resíduos de poda).

## 6. PROJETO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA E QUEIMA DE BIOGÁS

O projeto de captação, geração de energia e queima de gás no Aterro de Contagem deverá incluir os seguintes sistemas:



Tabela 2: Quantidade e tipos de resíduos recebidos pelo aterro

Ano		Resíduos sólidos domiciliares (t)			Resíduos de serviços de saúde (t)	Resíduos de varrição (t)	Outros resíduos (t)	Resíduos volumosos/Limpeza de áreas públicas (t)			Resíduos de grandes geradores (t)	Total (t)
		Coleta domiciliar	Coleta em caçambas	Total	Coleta RSS	Coleta de varrição	Coleta de animais mortos/outros	Coleta URPVs	Remoção mecanizada	Remoção manual	Coleta particular	
2005	Total	106.725,28	5.440,46	112.165,74	754,67	689,37	0,00	4.991,36	0,00	0,00	17.835,68	136.436,82
	Média mensal	8.893,77	453,37	9.347,15	62,89	57,45	0,00	415,95	0,00	0,00	1.486,31	136.436,82
2006	Total	112.035,34	5.613,10	117.648,44	725,71	4.691,40	0,00	9.707,81	16.466,62	2.005,61	20.373,30	171.618,89
	Média mensal	9.336,28	467,76	9.804,04	60,48	390,95	0,00	808,98	1.372,22	167,13	1.697,78	171.618,89
2007	Total	113.510,98	4.831,00	118.341,98	652,80	480.948,00	168,16	19.473,33	28.748,88	2.962,34	19.857,79	671.153,28
	Média mensal	9.459,25	402,58	9.861,83	54,40	40.079,00	14,01	1.622,78	2.395,74	246,86	1.654,82	671.153,28
2008	Total	118.759,43	3.983,57	122.743,00	625,85	4.485,55	49,72	26.924,83	17.909,07	2.433,74	23.232,72	198.404,48
	Média mensal	9.896,62	331,96	10.228,58	52,15	373,80	4,14	2.243,74	1.492,42	202,81	1.936,06	198.404,48

Fonte: Prefeitura Municipal de Contagem.

## 6.1. Sistema de Captação

O sistema de captação de biogás consistindo em:

- drenos verticais para a captação do biogás gerado no aterro, a serem instalados em poços perfurados diretamente nos resíduos. Os drenos deverão ser construídos com tubos de PEAD perfurados envoltos por uma camada de brita ou cascalho;
- na parte superior do poço, deverá ser prevista a colocação de um material selante que impeça a fuga do biogás;
- na cabeça do poço deverá ser instalada uma porta de monitoramento e válvulas de controle que ligam o dreno à rede;
- rede: a rede deverá ser constituída por tubos de PEAD 90 mm nas antenas (que ligam o dreno aos coletores principais) e de 160 mm nos coletores principais (que ligam as antenas à tocha ou gerador). Estes tubos permitem que o biogás captado pelos drenos chegue à tocha ou gerador ao mesmo tempo em que impedem que os condensados interfiram na captação e queima do biogás.

O desvio dos condensados será feito através de pontos baixos, ou seja: o gás fluirá diretamente para a tocha ou gerador, enquanto os condensados escoam para poços localizados nos pontos baixos da rede. Estes poços devem apresentar um selo hidráulico para impedir a fuga de biogás.

## 6.2. Tocha

A rede conduzirá o gás por um separador de umidade, um soprador e então por uma bifurcação que desvia o fluxo para o gerador ou para a tocha. O soprador é

---

o responsável pelo escoamento do biogás para o gerador ou tocha (que deve operar sempre que o grupo gerador não estiver em operação e também, na queima da vazão excedente, sempre que vazão de gás captada for superior a capacidade de queima do gerador).

O sistema de queima deverá ser dotado de instrumentação de medição de vazão, composição, pressão e temperatura, seguida de válvulas de controle de pressão da entrada de biogás no motor e na tocha.

A tocha possui uma válvula de segurança que só permite o fluxo de biogás quando a chama-piloto estiver acesa.

Abaixo os equipamentos e acessórios que compõem e auxiliam a tocha:

- *flare* enclausurado de biogás, incluindo chaminé, queimadores e equipamentos;
- corta-chamas;
- válvula de bloqueio automática;
- separador de umidade;
- sistema de tratamento de gás;
- soprador e equipamentos acessórios;
- sistema de controle de pressão e vazão do gás.

### **6.3. Gerador**

A geração de energia ocorre em grupos geradores com motores que produzem energia através da combustão do biogás.

Os grupos geradores devem ser projetados para funcionamento paralelo.

---

Cada conjunto é constituído por um motor movido a biogás diretamente acoplado a um gerador síncrono sem escovas. Todos os componentes são montados sobre um skid único e seu sistema de arrefecimento feito através de radiador remoto.

Abaixo os equipamentos que compõem o grupo gerador:

- motor a biogás;
- gerador tipo alternador síncrono, trifásico, sem escovas;
- radiador remoto tipo horizontal;
- sistema automático de reposição de óleo lubrificante com filtro;
- painel de controle local do grupo gerador;
- sistema de força em baixa tensão incluindo transformadores elevadores;
- sistema de controle de pressão e vazão do gás.

#### **6.4. Sistema de Medição e Controle**

A vazão e a composição do gás e a geração de energia elétrica são controladas e monitoradas em continuo de maneira a permitir:

- quantificar as reduções de emissões de GEE;
  - efetuar o balanço de vazão entre os módulos de geração de energia, equilibrando o sistema;
  - efetuar o controle de queima do gás não consumido pelos geradores de energia, de forma a queimar o gás excedente a potencia do sistema;
  - conexão via Internet para transmissão de dados da planta;
-

- enviar remotamente e pela internet, em tempo real todas as informações do sistema, permitindo a sua divulgação publicamente.

A seguir é apresentado um esquema simplificado do processo (Figura 5).

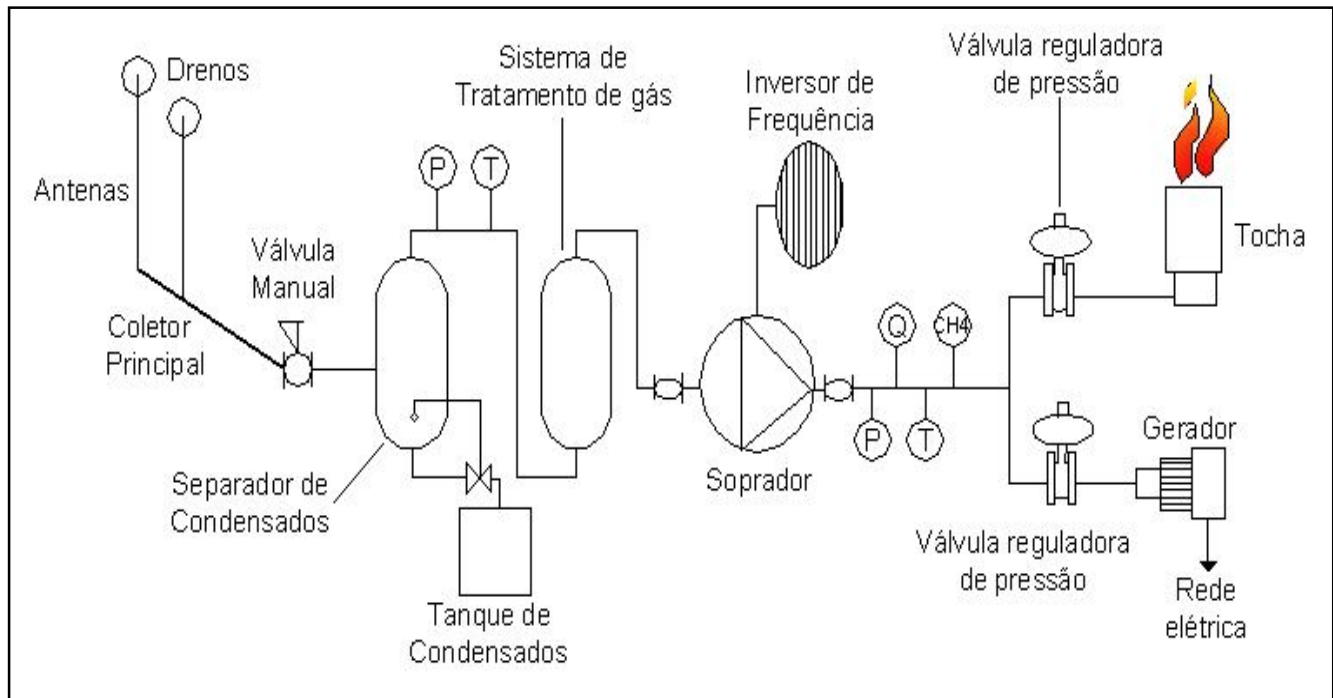


Figura 5: Esquema simplificado do processo.

## 6.5. Conexão a rede

A conexão da usina deverá ser através da construção de um alimentador de distribuição exclusivo até a subestação mais próxima, no nível de tensão 13,8 kV SE Cinco, a cerca de 3 km do aterro de Contagem.

## **6.6. Localização da unidade de queima e geração de energia elétrica**

Na localização da unidade devem ser considerados os fatores ambientais, de segurança e ainda as necessidades operacionais (ENVIRONMENTAL AGENCY, 2002).

### *6.6.1. Segurança*

Considerando que serão queimadas relativamente grandes quantidades de um gás combustível, a unidade não deve ser localizada em áreas com espaços enclausurados. Também não deve ser localizada próxima à árvores ou outras estruturas que possam entrar em ignição com a alta temperatura no entorno do equipamento de queima (tocha).

Deve estar disponível fácil acesso aos serviços de emergência.

### *6.6.2. Fatores ambientais*

Considerando que o sistema de coleta de LFG resulta em um ponto de emissão concentrada de biogás, a localização deve considerar a proximidade com áreas de ocupação humana para evitar que a fração de gás não queimada (quantificada em função da eficiência de queima do equipamento) gere problemas de odor. Também é recomendável que a pluma gerada não passe sobre áreas habitadas sob as condições predominantes do vento.

Preferencialmente, a unidade deve ser localizada afastada de outras edificações, para evitar o incomodo causado pelo ruído gerado pelos equipamentos.

---

O calor transmitido pela tocha, tanto por radiação quanto através das paredes, pode ter influência em uma zona com raio de até 10 m.

O aspecto visual também deve ser considerado, sendo preferível evitar a instalação da unidade em pontos elevados do terreno.

### *6.6.3. Necessidades operacionais*

A unidade deve ser localizada de modo a facilitar o acesso à operação e manutenção. Quando a estação está localizada em um ponto distante no terreno, deverá ser construída uma estrada de acesso.

O LFG normalmente é coletado na massa de resíduos em uma condição de saturação e aquecido. Com o resfriamento, pode ser formada grande quantidade de condensado. O separador de condensado da unidade de geração e queima deve ser projetado para coletar o condensado ali formado e não as grandes quantidades de condensado que escoam pela rede de coleta, de modo que são preferíveis pontos baixos para a instalação da unidade.

A área selecionada para instalação dos equipamentos, a qual reúne os critérios técnicos favoráveis, anteriormente apresentados, está localizada no ANEXO A.

A seleção da área foi discutida e acordada verbalmente com os Engenheiros João Batista Lima Filho, Secretário Municipal de Limpeza Urbana e responsável técnico pelo aterro, e Maria Solange Lima, gerente do aterro, durante a visita realizada pela ENGEBIO ao aterro em 18/09/2009.

---

## 7. IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE METANO E POTENCIAL ENERGÉTICO

A partir do projeto conceitual do sistema de captação, geração de energia e queima do biogás efetua-se a quantificação das emissões de metano evitadas pela queima do biogás nos motores a combustão dos geradores de energia e na tocha, assim como os créditos potencialmente recebíveis pelo deslocamento de energia, em função da energia elétrica gerada a partir do biogás.

Finalmente define-se a capacidade dos sistemas consolidando o dimensionamento dos equipamentos.

Ao cálculo desenvolve-se a etapas seguintes:

- 1 – Estimativa de geração de resíduos para os próximos anos;
- 2 – Estimativa de geração de biogás;
- 3 – Estimativa de emissões de Metano;
- 4 – Estimativa do potencia de geração de energia elétrica;
- 5 – Cálculo de geração de energia e da quantidade de queima do gás não consumido pela gerados;
- 6 – Cálculo da quantidade de créditos obtido pela destruição de metano (pela geração de energia elétrica e pela queima do gás excedente na tocha), somada à quantidade de créditos gerada e pelo deslocamento de energia, expressos em tCO<sub>2</sub>e;
- 7 – Dimensionamento da potencia do sistema de geração de energia e definição de capacidade da tocha.

A seguir apresentamos as etapas de quantificação e de dimensionamento.

Para estimativa da redução de emissões decorrentes da atividade de projeto foi utilizada a metodologia ACM0001 da *United Nations Framework Convention on*

---



*Climate Change (UNFCCC) – “Consolidated baseline and monitoring methodology for landfill gas project activities – Version 11”.*

Segundo a metodologia referida, para cálculo da redução de emissões do projeto, a equação (1) deve ser aplicada.

$$ER_y = BE_y - PE_y \quad (1)$$

Onde:

$ER_y$  = é a redução de emissões no ano  $y$  (tCO<sub>2</sub>e);

$BE_y$  = são as emissões no cenário de linha de base no ano  $y$  (t CO<sub>2</sub>e);

$PE_y$  = são as emissões de projeto no ano  $y$  (t CO<sub>2</sub>e).

A redução de emissões será avaliada para um período de 10 anos.

### **7.1. Metodologia de linha de base**

Entende-se por linha de base, as emissões de CO<sub>2</sub> que ocorreriam na ausência do Projeto. A metodologia ACM0001/Versão 11, aqui utilizada para estimar essas emissões de linha de base, considera para cálculo da linha de base a seguinte equação:

$$BE_y = (MD_{project\ y} - MD_{BL\ y}) + BE_{elec,\ y} \quad (2)$$

Onde:

$BE_y$  = Emissões de linha de base no ano  $y$  (tCO<sub>2</sub>e)

$MD_{project,y}$  = A quantidade de metano que seria destruída durante o ano  $y$ , em (tCO<sub>2</sub>e) no cenário do projeto;

$MD_{BL,y}$  = A quantidade de metano que seria destruída durante o ano  $y$  na ausência do projeto em (tCO<sub>2</sub>e);

$BE_{elec,y}$  = Emissões de linha de base de deslocamento de despacho da atividade de projeto no ano  $y$  (tCO<sub>2</sub>e).

#### 7.1.1. Cálculo das emissões de CH<sub>4</sub> evitadas

A estimativa prévia da quantidade de metano que seria destruída durante o ano ( $MD_{project,y}$ ), foi feita utilizando a versão 04 da ferramenta metodológica aprovada “*Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site*”, considerando que:

$$MD_{project,y} = BE_{CH_4,SWDS,y} \cdot \varepsilon \quad (3)$$

Onde:

$BE_{CH_4,SWDS,y}$  = Emissões de metano que seriam geradas durante o ano do período de atividade do projeto devidas a disposição de RSU em aterros (tCO<sub>2</sub>e);

$\varepsilon$  é a eficiência de desgaseificação do aterro (%), considerada, aqui, como 70% da em função das características operacionais do aterro de Contagem, descritas anteriormente. A quantidade de metano produzida no ano  $y$

( $BE_{CH_4,SWDS,y}$ ) foi calculada, segundo a ferramenta metodológica referida, conforme segue:

$$BE_{CH_4,SWDS,y} = \phi (1-f) * GWP_{CH_4} * (1-OX) * 16/12 * F * COD_f * FCM * \sum W_{j,x} * COD_j * e^{-kj} (y-x) * (1-e^{-kj}) \quad (4)$$

Onde:

$\phi$  = Fator de correção do modelo devido a incertezas;

f = Fração de metano capturada e queimada nos aterros de RSU;

OX = Fator de oxidação;

F = Fração de metano no biogás de aterro;

$COD_f$  = Fração de carbono orgânico degradável que se decompõe; FCM = Fator de correção do metano (Varia em função do tipo de local onde os resíduos seriam dispostos, devendo ser considerado igual a 1,0 para o caso dos aterros);

$W_{j,x}$  = Quantidade de resíduo orgânico tipo j, evitado de ser disposto em aterros no ano x (t);

$COD_j$  = Fração de carbono orgânico degradável no resíduo tipo j. Seu valor está relacionado à composição orgânica dos resíduos e depende do teor de papéis/papelões, folhas, têxteis, madeiras e restos de comida;

$k_j$  = Taxa de decaimento para o resíduo tipo j;

x = Ano durante o período de crédito: x vai do primeiro ano do primeiro período de creditação (x = 1) ao ano y para o qual são calculadas as emissões evitadas;

y = Ano para o qual são calculadas as emissões evitadas.

Os valores para os parâmetros da equação 4 empregados são estabelecidos pela ferramenta metodológica utilizada, em consideração da qualidade de operação, grau de compactação, nível de cobertura e de sistemas de drenagem de lixiviados e gás, e estão apresentados na Tabela 3, a seguir.

**Tabela 3: Parâmetros fixos para cálculo das emissões de linha de base.**

Parâmetro	Variável	Valor
Fator de correção do modelo	$\phi$	90%
Fração de metano capturada e queimada nos aterros	f	0,00*
Potencial de aquecimento global do metano	GWP <sub>CH4</sub>	21
Fator de Oxidação: cobertura por solo ou composto	OX	0,1
Fração de metano no biogás de aterro	F	50%
Fração de carbono orgânico degradável que se decompõe	COD <sub>f</sub>	50%
Fator de correção de metano: disposição anaeróbia dos RSU	FCM	1

\*A ferramenta metodológica estima a geração de metano na linha de base ajustada pelo fator (f) que considera a fração de gás queimada na linha de base por motivos de legislação, contratuais ou de prevenção de odores e acidentes. Aqui, como o objetivo é estimar a quantidade de CH<sub>4</sub> gerada no aterro, a fração de metano capturada e queimada nos aterros (f) foi assumida igual a zero. Esse parâmetro será considerado posteriormente para o cálculo da redução de emissões em função da atividade de projeto (MD<sub>BL,y</sub>).

Fonte: UNFCC (2008).

As frações mássicas de carbono orgânico degradável no resíduo tipo j (COD<sub>j</sub>), em base úmida, juntamente com a composição dos resíduos, são apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4: Frações mássicas de carbono orgânico degradável por tipo de resíduo e composição dos RSU.**

Item	Restos de alimentos	Papel Papelão	Madeira	Têxtil	Plástico Vidro Metal	Outros
Composição dos resíduos	54,0%	11,5%	0,0%	3,0%	13,0%	18,5%
COD <sub>j</sub> (valores sugeridos por UNFCCC, 2008)	15%	40%	43%	24%	0%	0%

Fonte: \*Prefeitura Municipal de Betim e UNFCC (2008).

Para as de taxa de decaimento para o resíduo tipo  $j$ , foram aplicados os valores padrão estabelecidos na ferramenta metodológica utilizada, em função dos dados climáticos da região de instalação da atividade de projeto, apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5: Dados climatológicos de Minas Gerais.**

$T_{am}$ – Temperatura anual média (°C) <sup>(1)</sup>	21
$P_{am}$ – Precipitação anual média (mm) <sup>(1)</sup>	1491,3
$I_{aridez}$ – Índice de aridez <sup>(2)</sup>	5

<sup>(1)</sup> Fonte: SIMGE, 2009.

<sup>(2)</sup> Fonte: FAO, 2009.

As taxas de decaimento, para cada tipo de resíduo, utilizadas estão apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6: Taxas de decaimento (k) por tipo de resíduo.**

Tipos de resíduos	Restos de alimentos	Papel Papelão	Madeira	Têxtil	Resíduos de jardins
$T_{am} > 20^{\circ}\text{C}$ e $P_{am} > 1000$ mm	0,4	0,07	0,035	0,07	0,17

Fonte: UNFCCC (2009).

Com  $x = 1$  e  $y$  variando de 1 até 25, a quantidade de metano de linha de base por tonelada de resíduos para cada ano da atividade de projeto, calculada conforme a metodologia referida é apresentada na Tabela 6, a seguir:

**Tabela 7: Emissões de CO<sub>2</sub>e por tonelada de resíduo disposta em aterro a cada ano  $y$ .**

Ano após a disposição ( $y$ )	t CO <sub>2</sub> e/tresíduo
1	0,2080
2	0,1462
3	0,1043
4	0,0758
5	0,0563
6	0,0428

Ano após a disposição (y)	t CO <sub>2</sub> e/resíduo
7	0,0335
8	0,0269
9	0,0221
10	0,0187
11	0,0161
12	0,0142
13	0,0126
14	0,0114
15	0,0103
16	0,0095
17	0,0087
18	0,0080
19	0,0074
20	0,0069
21	0,0064
22	0,0060
23	0,0056
24	0,0052
25	0,0048

Fonte: Engebio, 2009.

Considerando as emissões de GEE em tCO<sub>2</sub>e por tonelada de resíduo disposta em aterro a cada ano, apresentadas na Tabela 7 e as quantidades anuais de resíduos destinadas ao aterro,  $BE_{CH_4,SWDS,y}$ , em tCO<sub>2</sub>e, foi calculado, para cada ano y, e está apresentada na Tabela 8.

Empregando-se a equação (3), são obtidos os valores de quantidade de metano que seria destruída durante o ano y, em (tCO<sub>2</sub>e) no cenário do projeto ( $MD_{project,y}$ ). Os resultados são apresentados na Tabela 9.

Segundo a metodologia utilizada, para cálculo da quantidade de metano que seria destruída durante o ano y na ausência do projeto, nos casos onde o LFG seja capturado e queimado na linha de base por outras razões que não contratuais ou regulatórias e na ausência de dados históricos, deve ser usado um fator de ajuste (AF) conforme equação 5.

$$MD_{BL,y} = MD_{project,y} * AF \quad (5)$$

Tabela 8: Emissões da Linha de Base a cada ano da atividade de projeto.

BE <sub>CH<sub>4</sub>,SWDS,y</sub> (tCO <sub>2</sub> e/ano)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
	142.310	148.306	153.564	158.271	162.556	166.508	170.192	173.656	176.932	180.046
	1.316	1.197	1.095	1.008	930	861	799	742	690	642
	1.486	1.339	1.218	1.114	1.025	947	876	813	755	702
	1.697	1.512	1.363	1.239	1.134	1.043	963	892	827	768
	1.965	1.726	1.538	1.386	1.260	1.154	1.061	980	907	841
	2.359	2.035	1.787	1.593	1.435	1.305	1.195	1.099	1.015	939
	2.834	2.394	2.065	1.813	1.616	1.456	1.324	1.212	1.115	1.029
	3.492	2.878	2.431	2.097	1.842	1.641	1.479	1.345	1.231	1.132
	4.488	3.604	2.971	2.509	2.164	1.901	1.693	1.526	1.388	1.270
	5.842	4.565	3.666	3.022	2.552	2.201	1.933	1.723	1.553	1.412
	9.554	7.271	5.682	4.563	3.761	3.176	2.740	2.406	2.144	1.932
	14.775	10.972	8.350	6.525	5.240	4.319	3.648	3.147	2.763	2.462
	20.687	15.032	11.162	8.495	6.639	5.331	4.394	3.711	3.201	2.811
	29.356	20.943	15.218	11.301	8.600	6.721	5.397	4.449	3.757	3.241
	42.458	29.839	21.288	15.468	11.487	8.742	6.832	5.485	4.522	3.819
		42.999	30.219	21.559	15.665	11.633	8.853	6.919	5.555	4.579
			43.512	30.580	21.816	15.852	11.772	8.959	7.001	5.622
				44.000	30.923	22.061	16.030	11.904	9.059	7.080
					44.466	31.251	22.295	16.200	12.030	9.155
						44.913	31.565	22.519	16.363	12.151
							45.344	31.868	22.735	16.520
								45.759	32.160	22.943
									46.162	32.442
										46.551

Fonte: Engebio, 2009

O fator de ajuste empregado nos cálculos foi igual a 0,05, escolhido com base na experiência da ENGEBIO em projetos de recuperação de biogás em aterros sanitários.

Os resultados são apresentados na Tabela 9, a seguir.

**Tabela 9: Emissões da Linha de Base a cada ano da atividade de projeto.**

Ano y	MD <sub>project, y</sub> (tCO <sub>2</sub> e/ano)	MD <sub>BL, y</sub> (tCO <sub>2</sub> e/ano)
2010	99.617	4.981
2011	103.814	5.191
2012	107.495	5.375
2013	110.790	5.539
2014	113.789	5.689
2015	116.556	5.828
2016	119.134	5.957
2017	121.559	6.078
2018	123.852	6.193
2019	126.032	6.302
Total	1.142.639	57.132

Fonte: Engebio, 2009.

### 7.1.2. Deslocamento do despacho

A linha de base relativa à parte de deslocamento do despacho do projeto é a emissão de gases de efeito estufa da geração elétrica de várias usinas de geração brasileiras, gerando a mesma quantidade de eletricidade que o projeto está produzindo, na margem do sistema elétrico. Na margem da rede, a eletricidade gerada está associada com o fator de emissão de carbono, devido aos geradores de combustível fóssil em operação.

A metodologia de linha de base escolhida para o cálculo do fator de emissão (*“Tool to calculate the emission factor for an electricity system”* - UNFCCC- Versão 01.1) considera a determinação do fator de emissão da rede com que a atividade de



projeto faz conexão, sendo esse fator o dado principal a ser determinado no cenário de linha de base.

Os dados necessários para esta estimativa estão disponibilizados no site do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, 2009).

Resumidamente, o fator de emissão do sistema interligado para fins de MDL é uma combinação do fator de emissão da margem de operação ( $EF_{grid,OM}$ ), que reflete a intensidade das emissões de  $CO_2$  da energia despachada na margem, com o fator de emissão da margem de construção ( $EF_{grid,BM}$ ), que reflete a intensidade das emissões de  $CO_2$  das últimas usinas construídas. É um algoritmo amplamente utilizado para quantificar a contribuição futura de uma usina que vai gerar energia elétrica para a rede em termos de redução de emissões de  $CO_2$  em relação a um cenário de base. Esse fator serve para quantificar a emissão que está sendo deslocada na margem.

Os fatores de Emissão de  $CO_2$  pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil para os três últimos anos, conforme (MCT, 2009) são apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10: Fatores de emissão de  $CO_2$  pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional Brasileiro.**

Ano y	$EF_{grid,BM,y}$	$EF_{grid,OM,y}$
2006	0,0814	0,3232
2007	0,0775	0,2909
2008	0,1458	0,4766
Média	-	0,3636

Fonte: MCT, 2009.

Para cálculo do fator de emissão de  $CO_2$  de margem combinada foi empregada a equação 6.

$$EF_{grid,CM,y} = EF_{grid,OM,y} \cdot W_{OM} + EF_{grid,BM,y} \cdot W_{BM} \quad (6)$$

Onde:

$EF_{grid,CM,y}$ : Fator de emissão de  $CO_2$  de margem combinada no ano  $y$  ( $tCO_2/MWh$ );

$EF_{grid,BM,y}$  = Fator de emissão de  $CO_2$  de margem de construção no ano  $y$  ( $tCO_2/MWh$ );

$EF_{grid,OM,y}$  = Fator de emissão de  $CO_2$  de margem de operação no ano  $y$  ( $tCO_2/MWh$ );

$w_{OM}$  = Fator de ponderação para as emissões na margem de operação (%);

$w_{BM}$  = Fator de ponderação para as emissões na margem de operação (%).

Os valores padrão para  $w_{OM}$  e  $w_{BM}$  foram assumidos, conforme a ferramenta metodológica utilizada, para atividades de projeto diferentes de atividades de projeto de geração de energia eólica ou solar iguais a 0,5 no primeiro período de creditação.

Assim:

$$EF_{grid,CM,y} = 0,1458 \cdot 0,5 + 0,3636 \cdot 0,5$$

$$EF_{grid,CM,y} = 0,2547 \text{ tCO}_2\text{e/MWh}$$

As emissões de linha de base de deslocamento de despacho da atividade de projeto foram calculadas conforme segue:

$$BE_{elec,y} = EG_{m,y} * EF_{grid,CM,y} \quad (7)$$

---

Onde:

$BE_{elec,y}$  = Emissões de linha de base de deslocamento de despacho da atividade de projeto no ano  $y$  (tCO<sub>2</sub>e);

$EG_{m,y}$  = Quantidade de energia elétrica gerada pela atividade de projeto no ano  $y$  (MWh).

### 7.1.3. Vazão de LFG em Nm<sup>3</sup>/h

Para cálculo da vazão de LFG gerado no aterro ( $LFG_{Gen,h}$ ), em Nm<sup>3</sup>/h, foi empregada a equação 8:

$$LFG_{Gen,h} = \frac{BE_{CH_4,SWDS,y}}{GWP_{CH_4} \cdot \rho_{CH_4} \cdot F \cdot 8760} \quad (8)$$

Onde:

$LFG_{Gen,h}$  é a vazão de biogás gerada no aterro, em Nm<sup>3</sup>/h.

$BE_{CH_4,SWDS,y}$  são as emissões de metano evitadas durante o ano do período de atividade do projeto devidas a prevenção de disposição de RSU em aterros (tCO<sub>2</sub>e);

$GWP_{CH_4}$  é o potencial de aquecimento global do CH<sub>4</sub>, em tCO<sub>2</sub>e/tCH<sub>4</sub>;

$\rho_{CH_4}$  é a massa específica do metano na condição normal (=0,0007168 tCH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup>);

$F$  é a fração de metano no biogás gerado;

8760 é o número de horas em um ano com 365 dias.

---

Considerou-se, aqui, que 70% da vazão de LFG gerada em um aterro possa ser recuperada em um projeto de captação de biogás.

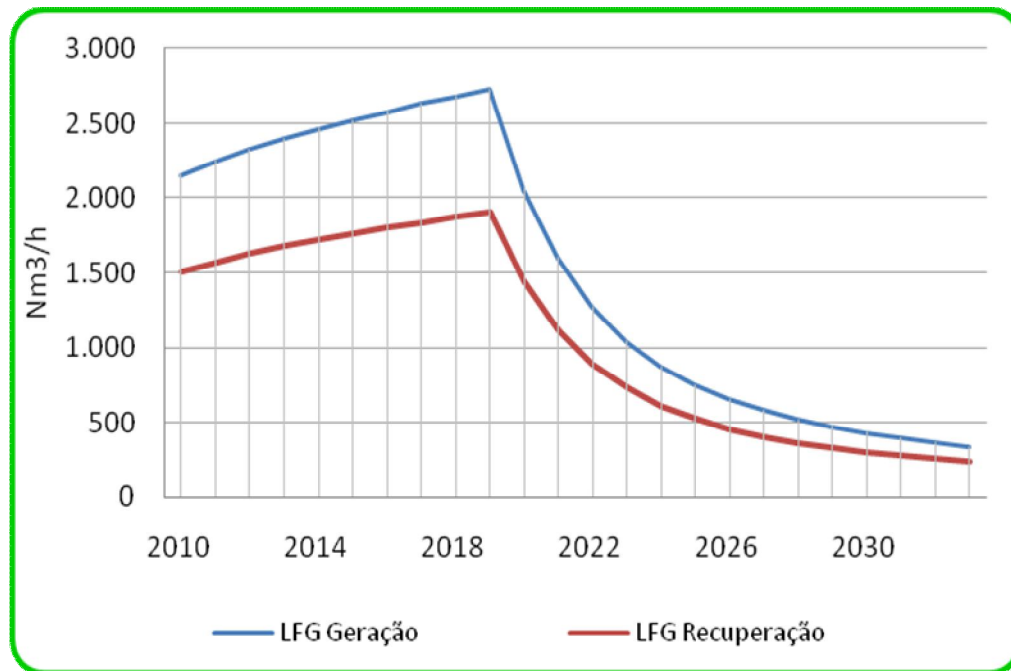
A vazão de LFG disponível, possível de ser recuperada,  $LFG_{Rec,h}$ , foi calculada e é apresentada na Tabela 11.

**Tabela 11: Vazão de LFG gerada e possível de ser recuperada, em  $Nm^3/h$ .**

Ano y	LFG Geração	LFG Recuperação
	LFGGen,h ( $Nm^3/h$ )	LFGRec,h ( $Nm^3/h$ )
2010	2.158	1.511
2011	2.249	1.575
2012	2.329	1.630
2013	2.401	1.680
2014	2.466	1.726
2015	2.525	1.768
2016	2.581	1.807
2017	2.634	1.844
2018	2.684	1.879
2019	2.731	1.912
2020	2.064	1.445
2021	1.601	1.121
2022	1.276	894
2023	1.045	731
2024	877	614
2025	752	527
2026	658	460
2027	584	409
2028	525	367
2029	476	333
2030	435	305
2031	400	280
2032	369	258
2033	341	239

Fonte: Engebio, 2009.

A Figura 6 apresenta a curva de geração de LFG e a curva de LFG captado, em  $Nm^3/h$ .



**Figura 6: Vazões de LFG.**

A diferença entre as curvas apresentadas na Figura 6 corresponde às perdas difusas de biogás no aterro.

#### 7.1.4. Geração de energia elétrica

Baseado na curva de LFG captado, apresentada na Figura 6, foi feita a seleção de potência instalada do sistema de geração de energia elétrica para fins de quantificação de energia elétrica a ser gerada e posteriormente da redução de emissões de GEE. Buscou-se estabelecer a capacidade do motor de modo a obter sua operação em capacidade máxima durante todo o período do projeto. Assim, foi considerada a instalação de dois módulos de geração com potência instalada de 1,4 MW cada, cujo máximo consumo de LFG é de 700 Nm<sup>3</sup>/h, totalizando um consumo

máximo de 1.400 Nm<sup>3</sup>/h, valor esse pouco inferior à vazão mínima de recuperação estimada para o período (1511 Nm<sup>3</sup>/h em 2010).

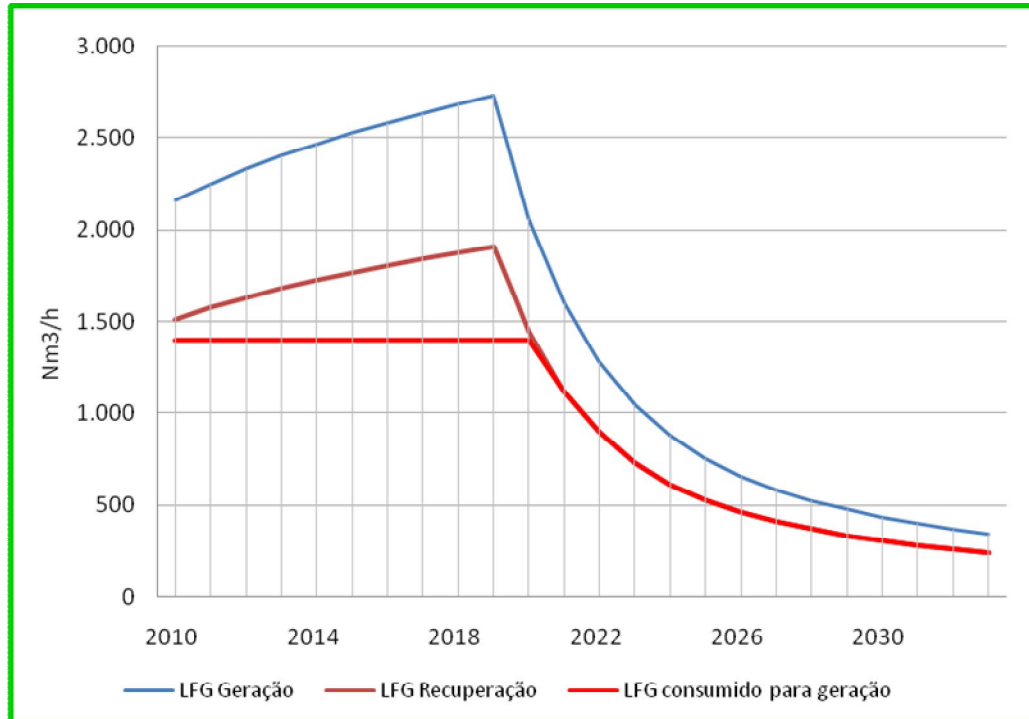
A vazão de gás excedente à capacidade de queima nos motores geradores deverá ser enviada para queima na tocha, gerando RECs devidas à destruição do metano (Tabela 12).

**Tabela 12: Vazão de LFG excedente à capacidade máxima de consumo da planta.**

Ano Y	LFG Recuperação	Capacidade máxima de consumo da planta	Vazão de LFG excedente
	LFG <sub>Rec,h</sub> (Nm <sup>3</sup> /h)		
2010	1.511	1.400	111
2011	1.575	1.400	175
2012	1.630	1.400	230
2013	1.680	1.400	280
2014	1.726	1.400	326
2015	1.768	1.400	368
2016	1.807	1.400	407
2017	1.844	1.400	444
2018	1.879	1.400	479
2019	1.912	1.400	512
2020	1.445	1.400	45
2021	1.121	1.400	0
2022	894	1.400	0
2023	731	1.400	0
2024	614	1.400	0
2025	527	1.400	0
2026	460	1.400	0
2027	409	1.400	0
2028	367	1.400	0
2029	333	1.400	0
2030	305	1.400	0
2031	280	1.400	0
2032	258	1.400	0
2033	239	1.400	0

Fonte: Engebio, 2009

A partir da Tabela 12 foi gerada a curva apresentada na Figura7.



**Figura 7: Vazão de LFG consumida pela planta para geração de energia elétrica.**

A geração de energia elétrica  $EG_{m,y}$  estimada com base na capacidade instalada da planta de geração de energia elétrica e na disponibilidade de operação da planta conforme segue:

$$EG_{m,y} = LFG_{Rec,h} \cdot PCI_{CH_4} \cdot F \cdot \eta \cdot 8000 / 860.000 \quad (9)$$

Onde:

$EG_{m,y}$  é a quantidade de energia elétrica gerada pela atividade de projeto no ano y (MWh);

$PCI_{CH_4}$  é o poder calorífico inferior do  $CH_4$  (=8500 kcal/m<sup>3</sup>);

$LFG_{Rec,h}$  é a vazão de biogás gerada no aterro, em  $Nm^3/h$ ;

F é a fração de metano no biogás gerado (=50%);

8000 é a disponibilidade da planta, em horas de operação por ano;

860.000 é um fator de conversão de unidades.

Considerando a instalação de dois geradores com potência de 1,4 MW cada, cuja capacidade de consumo total é de 1.400  $Nm^3/h$  de LFG, com eficiência de combustão de 32%, os valores de  $EG_{m,y}$  foram calculados.  $BE_{elec,y}$  para cada ano da atividade de projeto foi calculado, utilizando a equação 8 e são apresentados na Tabela 13.

**Tabela 13: Emissões de linha de base de deslocamento de despacho.**

Ano (y)	$EG_{m,y}$ (MWh)	$BE_{elec,y}$ ( $tCO_2e$ / ano)
2010	17.920	4.564
2011	17.920	4.564
2012	17.920	4.564
2013	17.920	4.564
2014	17.920	4.564
2015	17.920	4.564
2016	17.920	4.564
2017	17.920	4.564
2018	17.920	4.564
2019	17.920	4.564
Total	179.200	45.640

Fonte : Engebio, 2009.

## 7.2. Emissões do projeto

As emissões do projeto pelo consumo de eletricidade nos equipamentos da planta não são quantificadas nessa metodologia, pois entende-se que a energia



requerida pelos equipamentos é gerada na própria planta, e somente a energia elétrica líquida gerada é alimentada na rede e contemplada no cálculo de redução de emissões de GEE.

### 7.3. Total de emissões evitadas pelo projeto

Os resultados de redução de emissões dos GEE para cada ano da atividade de projeto, calculados conforme equação 1, são apresentados na Tabela 14, a seguir:

**Tabela 14: Emissões do projeto em cada ano y.**

Ano	MD <sub>project</sub> (tCO <sub>2</sub> e / ano)	MDBL y (tCO <sub>2</sub> e / ano)	BE <sub>eletr.y</sub> (tCO <sub>2</sub> e / ano)	ERy (tCO <sub>2</sub> e / ano)
2010	94.636	4.981	4.564	94.468
2011	98.623	4.931	4.564	98.256
2012	102.120	5.106	4.564	101.578
2013	105.250	5.263	4.564	104.552
2014	108.099	5.405	4.564	107.258
2015	110.728	5.536	4.564	109.755
2016	113.178	5.659	4.564	112.083
2017	115.481	5.774	4.564	114.271
2018	117.660	5.883	4.564	116.341
2019	119.730	5.987	4.564	118.308
Total	1.085.506	54.524	45.639	1.076.870

Fonte: Engebio, 2009.

Observando a Tabela 14 e a Figura 8 são verificadas as reduções de emissões de GEE a cada ano (ERy), totalizando 1.076.870 tCO<sub>2</sub>e ao longo dos 10 anos de análise.

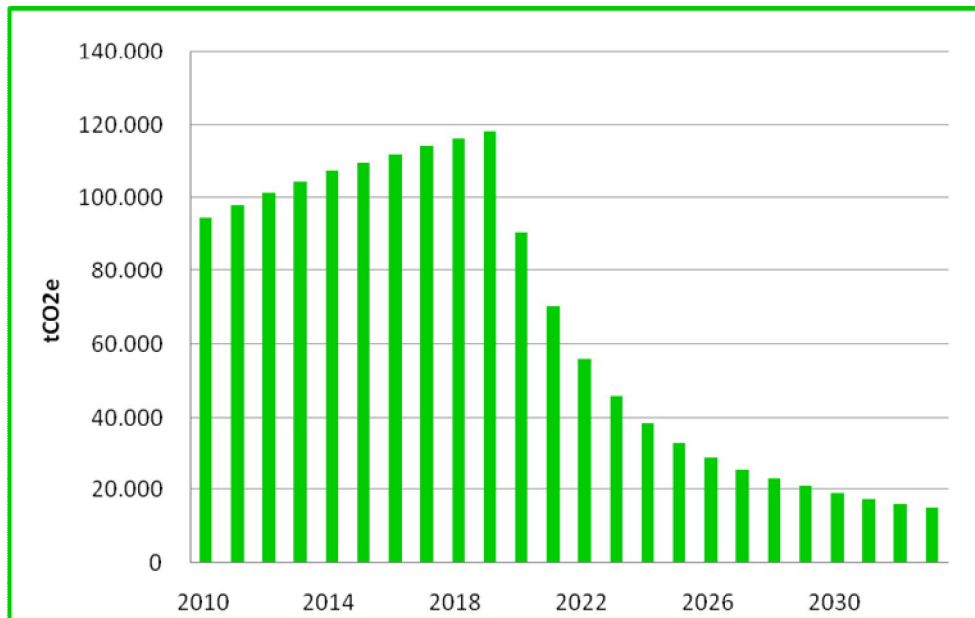


Figura 8: Redução de emissões decorrentes da implantação da atividade de projeto.

## 8. ESCOPO DAS ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS

O desenvolvimento dos serviços contratados, para atender o escopo apresentado pela CONTRATANTE inclui as seguintes atividades:

### 8.1. Reunião preparatória

Reunião para detalhamento do cronograma de trabalho e ajustes operacionais.

---

## 8.2. Serviços e projetos

Os Serviços e projetos objeto deste Termo de Referência devem considerar: as seguintes etapas e serviços:

- a) avaliação e consolidação do Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) ,item 6 - IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE METANO E POTENCIAL ENERGÉTICO deste Termo de Referência;
- b) avaliação e consolidação do Projeto Item 5 PROJETO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA E QUEIMA DE BIOGÁS deste Termo de Referência;
- c) projeto para a certificação MDL por parte da UNFCCC;
- d) obtenção das licenças de aprovação da Autoridade Nacional Designada para o desenvolvimento de um Projeto MDL no Aterro Sanitário de Contagem;
- e) obtenção de Reduções Certificadas de Emissão (RCEs) e;
- f) elaboração de projetos de implantação, instalação e operação dos equipamentos e instalações necessários para a desgaseificação do aterro atendendo como atividade de Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para redução de emissões de metano através de queima e produção de energia elétrica.

Os serviços e projetos deverão atender a lei de licitação 8.666/93 e considerar as últimas versões das exigências e metodologias estabelecidas pela United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

- g) efetuar todos os licenciamentos ambientais necessários até a fase da Licença de Instalação atendendo as Resoluções do CONAMA e a Legislação do Estado de Minas Gerais.
-

## 9. PRODUTOS

Os produtos esperados são os seguintes:

- reunião Preparatória: Detalhamento do cronograma de trabalho e ajustes operacionais;
- avaliação e consolidação do Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo;
- avaliação e consolidação do Projeto do Sistema de Geração de Energia e Queima de Biogás;
- projeto para a certificação MDL por parte da UNFCCC;
- obtenção das licenças de aprovação da Autoridade Nacional;
- obtenção de Reduções Certificadas de Emissão (RCEs) ;
- elaboração dos projetos de implantação, instalação e operação dos equipamentos e instalações para a desgaseificação do aterro atendendo para redução de emissões de metano através de queima e produção de energia elétrica;
- todos os licenciamentos ambientais necessários para a Implantação do Projeto até a fase da Licença de Instalação.

## 10. QUALIFICAÇÃO EXIGIDA

A proponente deverá possuir e apresentar, obrigatoriamente, atestados técnicos que comprovem as seguintes qualificações:

---

- ter desenvolvido trabalhos na área de disposição final e tratamento de resíduos;
- ter desenvolvido pelo menos 3 (três) trabalhos na área objeto deste edital;
- ter desenvolvido análises de viabilidade técnica, econômica e ambiental de projetos de engenharia, preferencialmente na área de tratamento de resíduos;
- possuir mais de 10 (dez) anos de existência, atuando em questões ambientais e na área de avaliação tecnológica;
- ser cadastrada como prestadora de serviços na Secretaria de Planejamento do Estado de Minas Gerais - SEPLAG

#### **Equipe Técnica:**

A proponente deverá apresentar declaração formal de disponibilidade de equipe técnica constituída no mínimo por:

- 01 (um) engenheiro, coordenador do projeto, com nível de pós-graduação e com experiência mínima de 5 (cinco) anos em tratamento de resíduos sólidos urbanos e análise técnica de projetos e ter desenvolvido pelo menos 5 (cinco) trabalhos de captação de biogás de aterros sanitários;
- 01 (um) engenheiro com experiência mínima de 5 (cinco) anos em projetos de tratamento de resíduos sólidos urbanos, preferencialmente na área de tratamento térmico, ou impactos ambientais e legislação ambiental, ou avaliação de projetos como atividade de MDL;
- um (um) economista ou pós-graduado em economia com experiência mínima de 5 (cinco) anos em análise econômica de projetos de engenharia.

A proponente deverá apresentar os certificados e documentações que comprovem os requisitos acima. A comprovação dar-se-á com a apresentação do currículo detalhado dos técnicos responsáveis pela elaboração do projeto e com cópias de atestados ou declarações que comprovem as experiências relatadas. A qualificação e experiência dos profissionais deverão ser comprovadas por intermédio

de atestados ou declarações emitidos por pessoas jurídicas de direito público ou privado, ou certidões de acervo técnico emitidas pelo CREA ou outro órgão de classe.

## **11. PRAZO E CRONOGRAMA DE ENTREGA DOS PRODUTOS**

Para entrega dos produtos supra mencionados, a CONTRATADA deverá se atentar para os seguintes prazos apresentados no cronograma abaixo:

Tabela 15: Cronograma para licenciamento do projeto.

Atividade	Duração																							
	1° ano												2° ano											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
a) Reunião Preparatória	■																							
b) Avaliação e consolidação do Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)		■	■																					
c) Avaliação e consolidação do projeto do Sistema de geração de energia e queima de biogás			■	■																				
d) Projeto para a certificação MDL por parte da UNFCCC;					■	■																		
e) obtenção das licenças de aprovação da Autoridade Nacional Designada para o desenvolvimento de um Projeto MDL							■	■	■	■	■	■												
f) Obtenção de Reduções Certificadas de Emissão (RCEs) e,													■	■	■	■	■	■						
g) Elaboração de projetos de implantação, instalação e operação dos equipamentos e instalações					■	■	■	■	■	■														
h) Licenciamentos ambientais											■	■	■	■	■	■	■							

Fonte: Engebio, 2009.

**ANEXO A - Diretrizes para a elaboração de Termo de Referência de Edital na modalidade de CONCESSÃO do uso do biogás produzido no Aterro Sanitário de Contagem**



---

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETO .....</b>	<b>46</b>
<b>3.</b>	<b>OBRIGAÇÕES DAS PARTES .....</b>	<b>46</b>
<b>3.1</b>	<b>Obrigações da Concessionária .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2</b>	<b>Compromissos e benefícios para o Concedente.....</b>	<b>47</b>
<b>4</b>	<b>BENS REVERSÍVEIS .....</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>VENDA DAS RCEs .....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>PRAZO DA CONCESSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>MEDIÇÃO E REMUNERAÇÃO DA CONCESSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>FISCALIZAÇÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>9</b>	<b>PROPOSTA.....</b>	<b>51</b>
<b>9.1</b>	<b>Proposta técnica e de remuneração pela concessão.....</b>	<b>51</b>
<b>9.2</b>	<b>Proposta comercial.....</b>	<b>53</b>
<b>10</b>	<b>QUALIFICAÇÃO TÉCNICA E COMERCIAL .....</b>	<b>53</b>

---

## **1. APRESENTAÇÃO**

As especificações abordadas neste documento têm como objetivo estabelecer diretrizes para a elaboração de Termo de Referência de Edital na modalidade de CONCESSÃO do uso do biogás produzido no Aterro Sanitário de Contagem para queima e geração de energia elétrica, fornecendo parâmetros para estabelecer o atendimento aos critérios executivos e operacionais quanto a estrutura necessária para a prestação dos serviços oriundos da CONCESSÃO.

## **2. OBJETO**

Outorga de CONCESSÃO do uso do biogás produzido no Aterro Sanitário do município de Contagem/MG para empresa, com a finalidade de projetar, licenciar, implantar, operar, manter e monitorar Atividade de Projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para redução de emissões de metano através de queima e produção de energia elétrica com obtenção de Reduções Certificadas de Emissão (RCEs) e a respectiva comercialização.

## **3. OBRIGAÇÕES DAS PARTES**

### **3.1 Obrigações da Concessionária**

A CONCESSIONÁRIA terá como obrigações:

---

- a) Elaboração de projetos, implantação, instalação e operação dos equipamentos e instalações necessários para a desgaseificação do aterro como atividade de Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para redução de emissões de metano através de queima e produção de energia elétrica com obtenção de Reduções Certificadas de Emissão (RCEs) e a respectiva comercialização.;
- b) Uso do biogás produzido no Aterro Sanitário de Contagem para queima e geração de energia elétrica.
- c) Todos os trâmites necessários para a obtenção das licenças de aprovação da Autoridade Nacional Designada – AMD - para o desenvolvimento de um Projeto MDL no Aterro de Contagem;
- d) Efetuar todos os licenciamentos ambientais necessários;
- e) Projeto e obtenção da certificação MDL por parte da UNFCCC;
- f) Operar da unidade durante o período de certificação – estimado em 10 anos; (2010 a 2019);
- g) A CONCESSIONÁRIA será responsável pela comercialização das RCEs emitidas.
- h) Garantir ao município de Contagem, o rendimento de uma quantia definida através de contrato, em reais, por m<sup>3</sup> de biogás extraído e destruído;
- i) Arcar com todos os investimentos físicos e operacionais necessários para a implementação do projeto;
- j) Estabelecer o sistema elétrico complementar para abastecimento da estação.

### **3.2 Compromissos e benefícios para o Concedente**

#### **Compromissos**

Ao município de Contagem, em sua qualidade de proprietário e responsável pelo aterro sanitário e, como tal, proprietário dos direitos adquiridos pela destruição do biogás gerado pela fermentação dos resíduos sólidos ali dispostos, se compromete com o seguinte:

---

- a) Dar assistência à CONCESSIONÁRIA em todos os trâmites requeridos para a obtenção da classificação MDL do Projeto e das licenças ambientais, incluindo informações e documentações requeridas.
- b) Garantir que os créditos de carbono que possam vir a ser outorgados em reconhecimento da qualificação MDL do Projeto serão de propriedade exclusiva da CONCESSIONÁRIA, com o devido repasse ao município do valor correspondente ao volume de biogás extraído e destruído, a ser definido contratualmente tendo como base o Edital Público do processo de Concessão.
- c) Fiscalizar para que se mantenham inalterados os padrões de tratamento e disposição final de resíduos sólidos no aterro sanitário CONTAGEM, cuja administração é de responsabilidade da Prefeitura.

### **Benefícios para a Prefeitura de Contagem**

Os benefícios para o município de CONTAGEM serão os seguintes:

- a) Não realizará investimento algum para resolver um problema de contaminação ambiental pela liberação de emissões de gás metano (gás de efeito estufa) na atmosfera, com a conseqüente redução da qualidade ambiental.
  - b) Não assumirá nenhum risco pelo investimento e receberá da CONCESSIONÁRIA o rendimento de uma quantia definida através de contrato, em reais (R\$), por m<sup>3</sup> de biogás extraído e destruído e pela geração de energia elétrica na forma a ser definida contratualmente, tendo como base o Edital Público do processo de Concessão.
-

#### **4 BENS REVERSÍVEIS**

Após o término da CONCESSÃO, deverão reverter ao patrimônio da Prefeitura Municipal de Contagem, somente os itens dispostos de tal forma que se considere agregados ao projeto do aterro sanitário. Compreendem-se nestes, itens como modificações e acréscimos na rede de drenagem de gás e lixiviado, rede de coleta, queimador(es) de biogás, etc, não devendo isto absolver a CONCESSIONÁRIA do disposto no item deste projeto, que dispõe sobre o Licenciamento Ambiental.

#### **5 VENDA DAS RCEs**

A CONCESSIONÁRIA será responsável pela comercialização das RCEs emitidas.

Fica vedada a venda de RCEs geradas no projeto para empresas de qualquer ramo que possuam vínculo societário, de participação ou de ações com a CONCESSIONÁRIA ou de empresas pertencentes ao mesmo grupo empresarial que a mesma, no Brasil e/ou no exterior, independentemente do país origem do comprador estar ou não no Anexo I do Protocolo de Kyoto.

A cada venda de RCEs, a CONCESSIONÁRIA devesse apresentar declaração de que o comprador não possui qualquer tipo de vínculo societário, de participação ou ações da CONCESSIONÁRIA ou de empresas pertencentes ao mesmo grupo empresarial que a CONCESSIONÁRIA ou vice-versa, no Brasil e/ou no exterior, independentemente do país origem do comprador pertencer ou não ao Anexo I do Protocolo de Kyoto, bem como justificativa do valor de venda das RCEs, demonstrada com base em análise externa de conjuntura do Mercado de Carbono.

---

## 6 PRAZO DA CONCESSÃO

Com base na curva de geração de biogás, o prazo do CONTRATO DE CONCESSÃO é de 10 anos, sendo o período compreendido desde a data da assinatura do contrato e o fim da execução do plano de encerramento da atividade de projeto.

## 7 MEDIÇÃO E REMUNERAÇÃO DA CONCESSÃO

A CONCESSIONÁRIA deverá pagar a Prefeitura Municipal de Contagem, a título de remuneração da CONCESSÃO, um VALOR ANUAL vinculado à comercialização das Reduções Certificadas de Emissão – RCE e venda de energia, devido anualmente.

O VALOR ANUAL - Va será calculado conforme a fórmula abaixo:

$$Va = (RcRCE + RcE) * P$$

Sendo:

RcRCE = Receita de comercialização de Reduções Certificadas de Emissão no período de referência (em R\$);

RcE = Receita de comercialização de energia no período de referência (em R\$);

P = Percentual de remuneração contratual PROPOSTO pela LICITANTE VENCEDORA.

---

As receitas serão auditadas pela **Prefeitura Municipal de Contagem**.

A venda de RCEs deverá ser feita por valores de mercado, ficando a CONCESSIONÁRIA responsável por justificar este valor.

## **8 FISCALIZAÇÃO**

A fiscalização da concessão será exercida por técnicos da **Prefeitura Municipal de Contagem**.

## **9 PROPOSTA**

### **9.1 Proposta técnica e de remuneração pela concessão**

Os licitantes deverão apresentar um a proposta técnica com o anteprojeto da atividade de projeto do MDL que permita caracterizar seus principais elementos construtivos, sendo que a atividade deve focar a redução das emissões antrópicas de gases de efeito estufa por meio do aumento da captação do biogás gerado pela decomposição dos resíduos dispostos no aterro.

O anteprojeto deverá apresentar:

- objetivo bem como descrição e justificativa dos limites de projeto, abrangendo todas as emissões antrópicas de gases de efeito estufa por
-

fontes que ocorram dentro destes limites durante o período declarado de obtenção dos créditos;

- descrição, plantas e detalhes que permitam a apreciação da concepção tecnológica da atividade de projeto proposta, incluindo especificações dos principais equipamentos e instalações previstos;
  - plano de validação da atividade de projeto do MDL e do monitoramento proposto;
  - indicação da metodologia de linha de base aprovada para a categoria do projeto a ser utilizada, bem como descrição de como a metodologia será aplicada ao projeto;
  - plano de monitoramento quantitativo e qualitativo baseado em metodologia de monitoramento já aprovada previamente para projetos da categoria;
  - plano de operação e manutenção dos sistemas;
  - plano de verificação e certificação das reduções de emissão, indicando claramente os períodos de monitoramento;
  - descrição dos principais impactos ambientais positivos e negativos decorrentes da implantação e operação da atividade de projeto;
  - eficiência de captação a ser atingida pelo projeto em percentagem;
  - previsão da produção de biogás para o período de obtenção dos créditos em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);
  - previsão da produção de metano para o período de obtenção dos créditos em toneladas (t);
  - previsão do quantitativo de reduções de emissões a serem atingidas com a implantação do projeto, em metros cúbicos (m<sup>3</sup>) e em toneladas de metano (t<sub>CH<sub>4</sub></sub>) e em toneladas equivalentes de dióxido de carbono (t<sub>CO<sub>2e</sub></sub>), para o período de obtenção de Créditos proposto;
-



- previsão do quantitativo créditos em toneladas equivalentes de dióxido de carbono ( $t_{CO_2e}$ ), para o período de obtenção de Créditos proposto;
- previsão dos quantitativos de energia a ser gerada, considerando o período de obtenção de créditos proposto.

## 9.2 Proposta comercial

A proposta comercial deverá apresentar:

- planilha discriminada de receitas previstas;
- valor previsto do investimento em reais - R\$;
- valor proposto como remuneração à Prefeitura Concedente do uso do gás expresso em porcentual sobre a receita, conforme item 13. MEDIÇÃO E REMUNERAÇÃO DA CONCESSÃO;
- garantias de pagamento mínimo sobre as previsões ofertadas durante o Edital.

## 10 QUALIFICAÇÃO TÉCNICA E COMERCIAL

Deverão ser estabelecidos critérios técnicos e comerciais considerando:

- capacidade técnica da empresa;
  - qualificação técnica dos profissionais que farão as etapas de projeto, implantação, operação e comercialização dos Créditos de Carbono maneira que garantam:
-

- quantidade de projetos de MDL para biogás de aterro efetivamente aprovados;
  - quantidade de créditos de MDL biogás de aterro comercializados;
  - quantidade de empreendimentos similares em operação.
-

## REFERÊNCIAS

ENGEBIO Engenharia LTDA. **Análise de pré-viabilidade técnica econômica e ambiental da implantação de um sistema de aproveitamento energético de biogás gerado em um aterro sanitário existente no estado de Minas Gerais.**

Relatório 1: Identificação do potencial de geração de metano e energético e definição do melhor tipo de aproveitamento para cada aterro. Porto Alegre, 2009. 125 p.

ENGEBIO Engenharia LTDA. **Análise de pré-viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de um sistema de aproveitamento energético de biogás gerado em um aterro sanitário existente no estado de Minas Gerais.**

Relatório 2: Análise da pré-viabilidade técnica, econômica e ambiental do aproveitamento energético de biogás do aterro sanitário de Contagem – Estudo de Caso. Porto Alegre, 2009. 98 p.

---

