



ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DO APROVEITAMENTO DO BIOGÁS E GERAÇÃO DE ENERGIA NO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA

PRODUTO 4.1. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL



REALIZAÇÃO:



PROGRAMA DE GESTÃO
DE EMISSÕES DE GOIÂNIA



PREFEITURA
DE GOIÂNIA
Meio Ambiente



Embrasca
Soluções Sustentáveis

Este documento se refere ao Produto 4.1 – Diagnóstico Situacional do Aterro - do Item 04 Estudo de Viabilidade Técnica e Financeira do Aproveitamento do Biogás e Geração de Energia no Aterro Sanitário do Município de Goiânia, conforme Termo de Referência do Programa de Gestão de Emissões de Goiânia, trabalho com contrato celebrado entre a Agência Municipal de Meio Ambiente e a Embrasca Soluções Sustentáveis, de número 005/2016.

O produto contempla caracterização do Aterro Sanitário de Goiânia e a Contextualização do Cenário Brasileiro em Aterros Sanitários, compondo a Etapa de Diagnóstico, conforme sugerido no Termo de Referência (Seção 5).

O produto equivale a 40,00% do Item 04 – Estudo de Viabilidade Técnica e Financeira do Aproveitamento do Biogás e Geração de Energia no Aterro Sanitário do Município de Goiânia, conforme Cronograma Físico Financeiro do Termo de Referência do Projeto



PROGRAMA DE GESTÃO
DE EMISSÕES DE GOIÂNIA



PREFEITURA
DE GOIÂNIA
Mundo Ambiente



Embrasca
Soluções Sustentáveis



ESTUDO DO APROVEITAMENTO DO BIOGÁS DO ATERRO CONTROLADO DE GOIÂNIA

PRODUTO 4.1. – DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

FICHA TÉCNICA

Prefeitura Municipal De Goiânia

Paulo de Siqueira Garcia - Prefeito

Agência Municipal do Meio Ambiente

Rodrigo Melo – Presidente

Diretoria de Gestão Ambiental

Daniel Carvalho Oliveira – Diretor

Gerencia de Monitoramento Ambiental

Neiva Maria Pio de Santana - Gerente

PROGRAMA DE GESTÃO DE EMISSÕES - PGE

Equipe da Prefeitura

Coordenação Geral:

Henrique Carlos Labaig

Equipe Técnica:

Karla Kristina Silva – Eng. Agrônoma

Wellington Heberling – Geógrafo

Antônio J. Gonçalves da Cruz – Químico

Equipe da EMBRASCA – Elaboração do PGE

Coordenação Geral:

Ricardo Fernandes

Coordenação Técnica:

Elisa da Costa Guida – Eng. Ambiental

Luiz Mário Queiroz Lima – Eng. Civil

Equipe Técnica:

Ana Carolina Godoy – Eng. Ambiental

Silas Lima Bittencourt – Eng. Florestal

Ramon Brito da Silva – Eng. Ambiental

Malumara Ferreira Silva – Eng. Ambiental

Cláudio Humberto Cardon - Tec. em Agrimensura

Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar

Coordenação Técnica:

Prof. Me. Tiago Godoi Ribeiro – Gestor Ambiental

Equipamentos e Coleta de Amostras

EMBRASCA

Análise e Aquisição de Dados

Prof. Me. Tiago Godoi Ribeiro – IFG

Instituto Federal de Goiás, por meio do Projeto de Pesquisa:

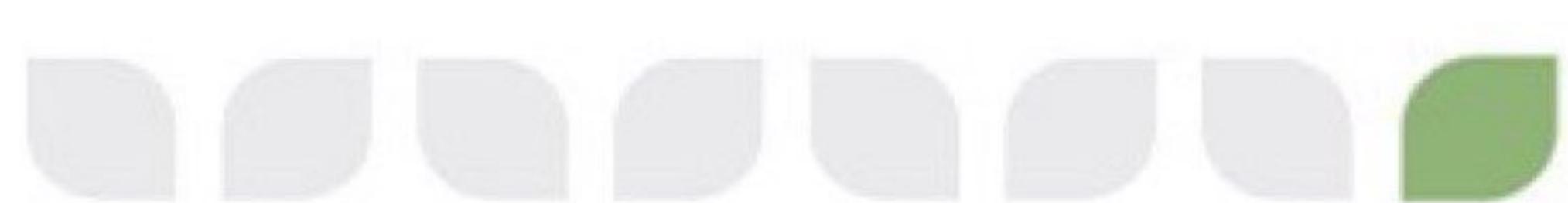
“Indicadores Geoquímicos na Avaliação da Qualidade Ambiental: Bacia Hidrográfica do Ribeirão Anicuns em Goiânia, Goiás”.





SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
Contexto e Antecedentes.....	3
Resíduos Sólidos: Brasil e Goiás	3
Leis e Instrumentos	3
Panorama da Geração, Coleta e Disposição de RSUs	4
Resíduos Sólidos e o Biogás	7
Exemplos de Aterros Brasileiros que Aproveitam o Biogás	8
O Biogás e os Créditos de Carbono.....	12
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	19
Descrição da área e Instalações	19
Observações Sobre a Operação Atual	21
Histórico dos Resíduos Sólidos.....	22
Coleta de Dados no Local	23
ESTIMATIVAS DE BIOGÁS	27
DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES	32
ANEXOS	33



APRESENTAÇÃO

A necessidade de uma gestão apropriada de resíduos sólidos urbanos (RSUs) se intensifica com o surgimento da sociedade moderna, cujos padrões de consumo crescem em ritmo mais acelerado do que as soluções para disposição final adequada.

Historicamente, o Brasil apresenta a problemática dos vazadouros a céu aberto, popularmente conhecidos como lixões. Devido à falta de planejamento, as cidades realizaram o depósito de resíduos em terrenos inutilizados, ocasionando impactos ambientais relevantes em termos de degradação do solo, ar, água, além de questões sociais relacionadas, como os catadores.

Dentre os métodos de disposição final apropriados, os aterros sanitários foram os que mais ganharam destaque ao longo dos anos no Brasil, principalmente devido à grande disponibilidade de áreas no país. Esta preferência se confirmou com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída em 2010, que determina o encerramento dos lixões e substituição por práticas mais favoráveis ao ambiente, estando a estrutura do aterro mais aproximada aos métodos convencionais de disposição.

Dentre os benefícios da implementação de aterros sanitários, identifica-se a captura do biogás decorrente dos processos de decomposição da matéria orgânica, composto principalmente por gás metano, um dos chamados gases de efeito estufa, cujas concentrações exponenciais contribuíram para o aumento da temperatura média do planeta, culminando nas mudanças climáticas.

Tendo em vista o poder combustível deste biogás, é importante explorar as estratégias para o seu aproveitamento, além da usual combustão em queimadores – solução simples encontrada para o controle – que subutiliza o seu potencial, além de não zerar as emissões associadas.

Segundo o Inventário de Emissões do Município de Goiânia, publicado em 2012, com dados referentes ao ano de 2010, as emissões provenientes do aterro sanitário representaram a maior fonte individualizada do município, representando 33% do total de suas emissões. Dentre as recomendações apresentadas, o aproveitamento do biogás gerado configurou uma das principais opções.

Desta forma, dentro da concepção do Programa de Gestão de Emissões de Goiânia, propõe-se um estudo aprofundado das alternativas para a utilização deste combustível, a partir de estudo de casos de sucesso no país, identificando tecnologias viáveis e coerentes com o contexto municipal, considerando todos os custos, receitas e benefícios socioambientais associados.

O Estudo do Aproveitamento do Biogás do Aterro de Goiânia – item ao qual se refere o presente documento – é composto, segundo o Termo de Referência da contratação dos trabalhos, por 05 produtos distintos.

- Diagnóstico Situacional do Aterro;
- Estudo de Viabilidade Técnica;

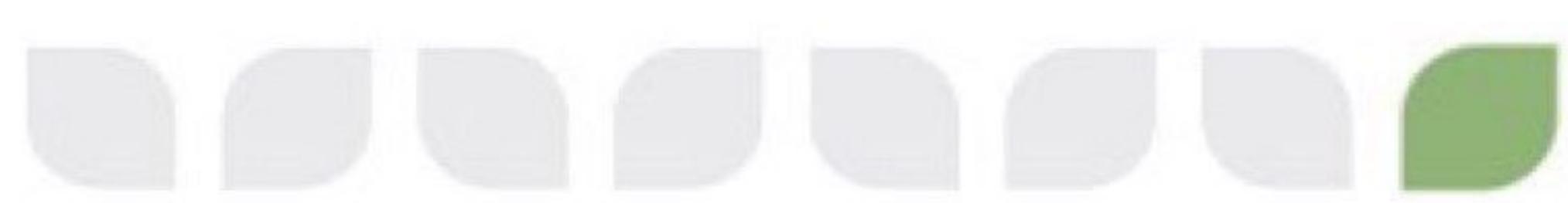




- Estudo de Viabilidade Financeira;
- Estudo de Emissões e Benefícios Socioambientais;
- Relatório Final e Divulgação.

O produto 4.1 aqui apresentado refere-se ao Diagnóstico, contendo uma contextualização do cenário brasileiro e do estado de goiás, incluindo revisão da literatura de conceitos básicos da relação entre disposição de resíduos e produção de metano, além levantamento de aterros brasileiros que já realizam aproveitamento, que possuem projetos de créditos de carbono e toda a caracterização e levantamento de informações a partir de visitas, estudos e quantificações realizadas, conforme solicitado no termo de referência.

A consolidação do inventário será apresentada no último produto, o Relatório Final, incluindo todas as sugestões discutidas referentes aos trabalhos apresentados.



CONTEXTO E ANTECEDENTES

RESÍDUOS SÓLIDOS: BRASIL E GOIÁS

LEIS E INSTRUMENTOS

Historicamente, a disposição de resíduos sólidos, de forma geral, se deu sem planejamento, sob a forma de simples disposição sobre espaços disponíveis de terra. A partir do momento em que passa a ocorrer um crescimento populacional e a organização das populações em centros urbanos, acompanhados também de um aumento de processos produtivos e da industrialização, a destinação dos resíduos se configura como uma das principais problemáticas da humanidade, visto que:

- i. Os espaços ocupados por resíduos são desperdiçados, pois poderiam resultar em produtividade a partir de agricultura ou atividades econômicas;
- ii. A má disposição de resíduos resulta em diversos impactos ambientais, como degradação do solo, poluição e/ou contaminação dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais, atração de vetores, poluição do ar, afetando, de forma geral, na qualidade do meio ambiente.

Considerando os processos naturais do meio ambiente, em que os organismos, em seus respectivos níveis tróficos, conseguem manter o equilíbrio através dos processos de ciclagem e os processos geológicos ocorrem de forma que produtos são transformados em rochas sedimentares em escalas de tempo, entende-se, portanto, que o conceito de lixo, em sua essência, está relacionado à atividade humana no planeta.

Desta forma, o manejo apropriado dos resíduos sólidos deve compor o planejamento de qualquer atividade produtiva e a gestão em esferas nacional, estadual e municipal, com foco em planejamento urbano, a fim de garantir um desenvolvimento econômico com menor impacto na qualidade ambiental e na preservação dos recursos naturais.

Neste sentido, o Brasil instituiu o seu principal marco regulatório em resíduos sólidos em 2010, através da Lei Nº 12.305/10, a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, a partir de uma trajetória legal que data de 1991, com o Projeto de Lei 203, que tratava sobre acondicionamento, coleta, tratamento transporte e destinação dos resíduos de saúde, passando pela proposição 259/99 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, passando por uma série de reuniões, congressos e discussões até a sua consolidação (MMA).¹

A PNRS é pautada em instrumentos relevantes para contribuir com posicionamento do Brasil em desenvolvimento sustentável, visando o enfrentamento

¹ Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Política Nacional dos Resíduos Sólidos: Linha do Tempo.** Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/linha-do-tempo>>.

dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Seus principais objetivos são (MMA).²

- A não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos sólidos;
- A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- A racionalização do uso dos recursos naturais (água, energia, insumos) no processo de produção de novos produtos.;
- A intensificação de ações de educação ambiental;
- O aumento da reciclagem no país;
- A geração de emprego e renda para catadores de materiais recicláveis.

Dentre os principais avanços oferecidos pela PNRS, destaca-se: i) a criação de instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual, microrregional, intermunicipal e metropolitano e municipal, além de particulares – os Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos; ii) a instituição da responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos, através da Logística Reversa; iii) o estabelecimento de prazos para a adequação da destinação final de resíduos e o encerramento dos lixões; iv) o incentivo e a criação de metas para os índices de reciclagem.

Em Goiás, Estado em que se encontra a área objeto de interesse deste estudo, existe, desde 2002, a Política Estadual de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Nº 14.248/02, que define como responsabilidade dos municípios a gestão dos resíduos sólidos, de forma integrada com o Estado.

A Política em muito se assemelha à PNRS, quando trata dos incentivos, dos instrumentos de gestão, das sugestões de responsabilidade dos geradores e da proibição de formas de disposição final, como os vazadouros a céu aberto (lixões). Todavia, não foi eficaz em sua totalidade, tendo em vista que aproximadamente um quarto dos resíduos gerados no Estado ainda seguem para os chamados lixões, conforme dados a serem apresentados no próximo tópico (panorama).

PANORAMA DA GERAÇÃO, COLETA E DISPOSIÇÃO DE RSUS

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, organização brasileira e representante da Associação Internacional de Resíduos Sólidos – ISWA (do inglês, *International Solide Waste Association*), publica, anualmente, o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, desde 2003, com o intuito de facilitar o acesso a informações do setor.

Segundo o último relatório publicado³, com dados de 2015, a geração total de resíduos sólidos urbanos (RSUs) no Brasil foi de 79,9 milhões de toneladas, o que corresponde a uma geração *per capita* de 1,071 kg/hab/dia, totalizando uma produção diária de 218.874 toneladas/dia no país. A taxa de coleta foi de 0,972 kg/hab/dia ou 90,8% do total.

² Ministério do Meio Ambiente. Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos: Destaques da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/folder_pnrs_125.pdf>.

³ ABRELPE, 2016. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015.

Quanto ao tipo de destinação (Figura 1), constatou-se que do total coletado, 58,7% seguiu para aterros sanitários, enquanto que mais de 40,0% ainda se destinou à locais de disposição inapropriada (aterros controlados ou lixões), correspondendo a aproximadamente 30 milhões de toneladas.

A coleta seletiva, etapa fundamental para a viabilização da reciclagem, conforme prevista na PNRS, foi constatada em 64,8% dos municípios brasileiros, com maior participação das Regiões Sul e Sudeste e menor participação no Centro-Oeste (Figura 2).

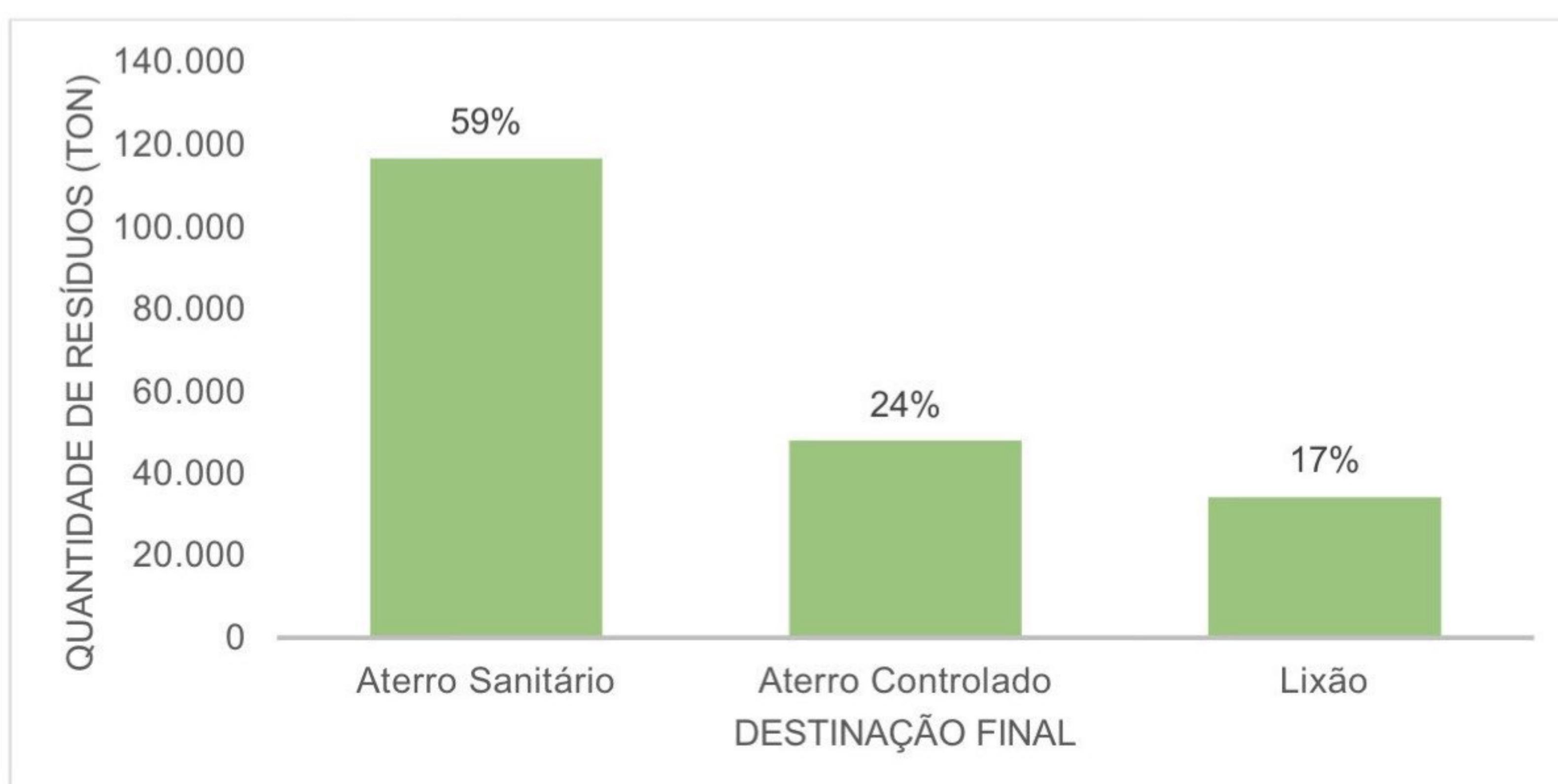


Figura 1: Quantidade de RSU para os tipos de destinação final no Brasil. ABRELPE, 2016.

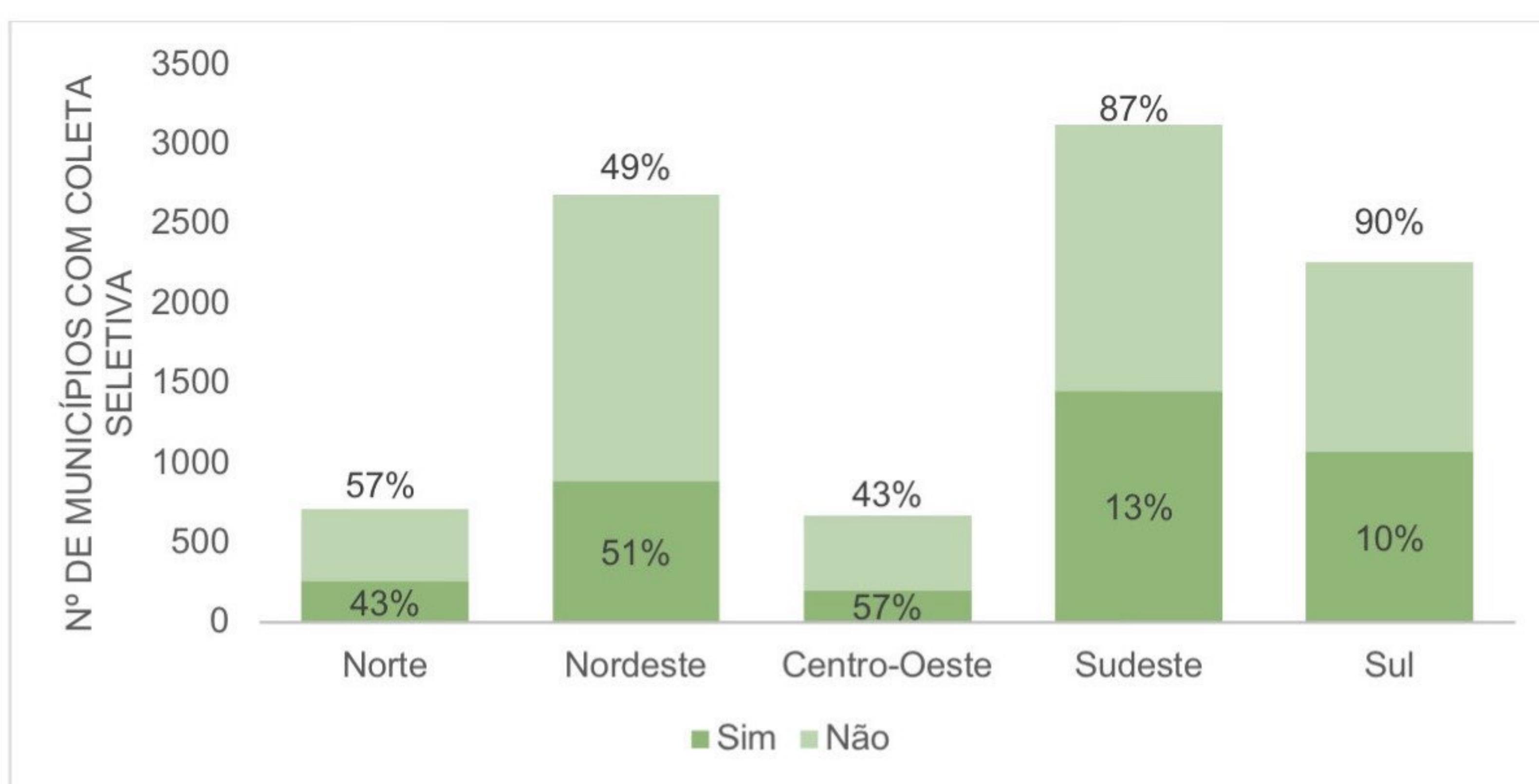


Figura 2: Número de municípios com iniciativa de coleta seletiva por região do Brasil. Fonte: ABRELPE, 2016.

Quanto aos recursos aplicados na coleta de RSUs e nos demais serviços de limpeza urbana (Figura 3), compreendendo as despesas com a disposição final dos RSU e com serviços de varrição, capina, limpeza e manutenção de parques e jardins, limpeza de córregos, etc., verifica-se o investimento médio de R\$ 4,00 por habitante mês em serviços de coleta, contra R\$ 6,16 por habitante mês em nos demais serviços

de limpeza urbana. Novamente, os maiores índices refletem as Regiões Sul e Sudeste, enquanto os menores estão associados às Regiões Centro-Oeste e Nordeste.

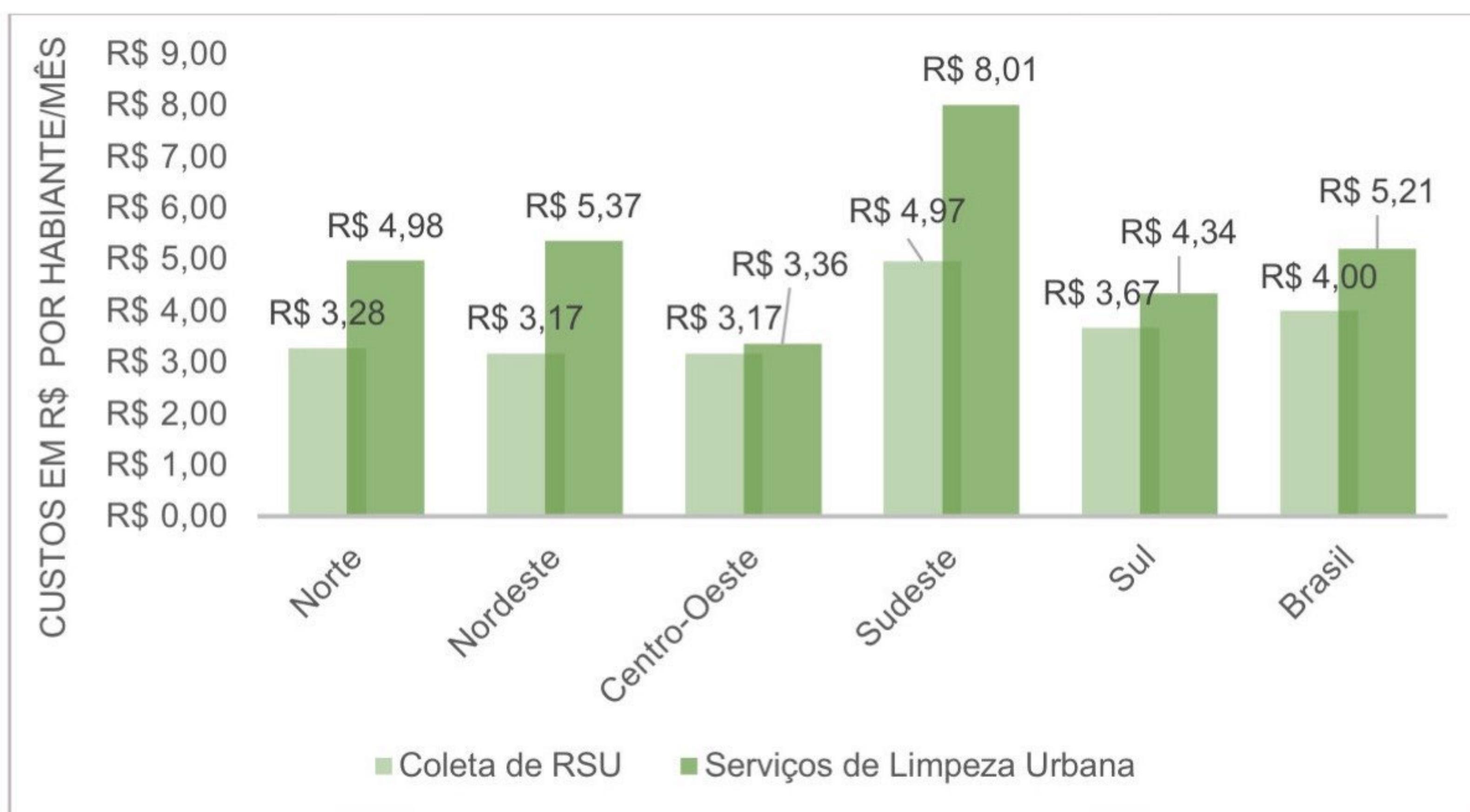


Figura 3: Recursos aplicados por habitante por mês para as regiões do Brasil, para coleta de RSU e para os demais serviços de limpeza urbana. Fonte: ABRELPE, 2016.

Restringindo a análise ao Estado de Goiás, onde se localiza a região de interesse deste trabalho, o Panorama mostra que em 2015, constatou-se uma quantidade de 6.790 toneladas geradas por dia no Estado, contra 6.447 toneladas coletadas diariamente, ou seja, aproximadamente 95% dos resíduos sólidos foram coletados. *Este valor reflete uma geração per capita de 0,975 kg/hab/dia.*

Em relação à destinação final, 45,29% do total de resíduos gerados segue para aterros sanitários e mais da metade ainda vai para locais inapropriados (Figura 4).

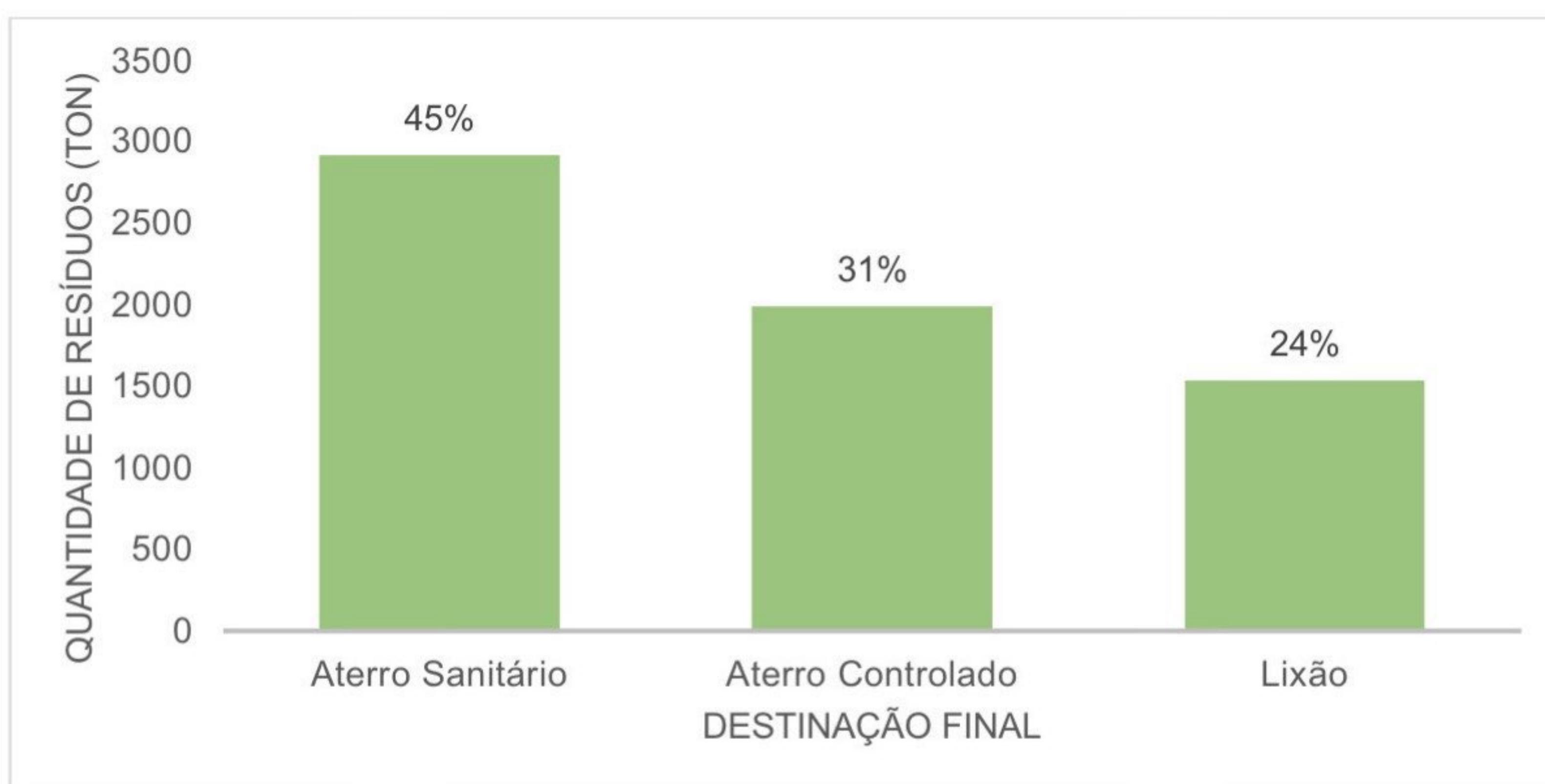


Figura 4: Quantidade de RSU para os tipos de destinação final no Estado de Goiás. ABRELPE, 2016

RESÍDUOS SÓLIDOS E O BIOGÁS

Os resíduos sólidos urbanos são compostos por materiais diversos, todavia, os resíduos domésticos coletados, são, em sua maioria, compostos por matéria orgânica. Os percentuais de matéria orgânica tendem a diminuir com os novos padrões de consumo e poder aquisitivo, visto que a sociedade passa a consumir maior quantidade de bens industrializados, embalagens etc.

A Tabela 1 apresenta a comparação entre a composição gravimétrica de alguns países.

Tabela 1: Comparação entre as composições gravimétricas dos resíduos sólidos urbanos em alguns países.

COMPOSTO	BRASIL	ALEMANHA	HOLANDA	EUA
Matéria orgânica	65,00	61,20	50,30	35,60
Vidro	3,00	10,40	14,50	8,20
Metal	4,00	3,80	6,70	8,70
Plástico	3,00	5,80	6,00	6,50
Papel	25,00	18,80	22,50	41,00

* Valores em percentuais.

Fonte: Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, 2016.⁴

A matéria orgânica apresenta rápida decomposição, quando comparada aos demais resíduos destinados aos aterros. Essa degradação resulta em sólidos, líquidos e gases. Abiodegradação ocorre a partir de processos aeróbios e anaeróbios pelo metabolismo bacteriano, pequena parcela de fungos e microrganismos.

A decomposição aeróbica representa uma pequena parcela do processo como um todo, isso porque a fração de oxigenação é pequena e de rápido consumo pelas bactérias aeróbicas. Já a etapa anaeróbica demanda maior tempo, sendo dividida, respectivamente, nas fases: Hidrólise, Acidogênica, Acetogênica e por fim Metanogênica⁵.

A Hidrólise consiste na quebra das moléculas de água através de bactérias fermentativas produtoras de enzimas que quebram os polímeros, transformando-os em monômeros. A etapa seguinte, Acidogênica, ocorre através das bactérias fermentativas, que metabolizam os monômeros e os transformam em compostos mais simples, como a amônia, hidrogênio, gás carbônico, ácidos graxos voláteis, álcoois e ácido lático. Nesta etapa ainda há presença de pequena quantidade de oxigênio, organismos anaeróbios, aeróbios e facultativos⁵.

Na etapa Acetogênica se observa a maior produção de gases, tais como o acetato, hidrogênio e dióxido de carbono através do comensalismo realizados por microrganismos e bactérias. Esta fase é a que antecede a fase de produção do metano,

⁴ Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Resíduos Sólidos: Origem, Definição e Características. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/residuossolidos/residuossolidos_3.php>.

⁵ A.O.; PORTUGAL, N.S.; SANTOS, P.P.J; GUEDES, L.C.V. Produção de metano em estações de tratamento de esgoto e co-geração de energia elétrica: um estudo de caso na ete em passos-mg. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 4 a 7 de outubro de 2011.

proporcionando substratos como metanol e ácido acético que, na Metanogênese, são metabolizadas por dois tipos de bactérias, resultando na produção de metano. A etapa da Sufetogênese basicamente utiliza bactérias sulforedutoras, que metabolizam compostos a base de enxofre como sulfatos, reduzindo estes a sulfeto produzindo no fim gás sulfídrico e dióxido de carbono⁶.

Todos esses produtos constituem a composição do biogás gerado na degradação da matéria orgânica. Mas o que caracteriza a concentração e favorece cada etapa dessa produção depende de alguns fatores de influência, tais como as características iniciais dos resíduos dispostos, sua composição física e química, a umidade, os índices pluviométricos, o potencial hidrogenotônico (Ph), potencial óxido-redução, nutrientes químicos, produtos tóxicos, temperaturas internas e externas, geometria e operação do aterro, ambiente interno da massa do lixo e o ambiente externo⁷.

EXEMPLOS DE ATERROS BRASILEIROS QUE APROVEITAM O BIOGÁS

O reaproveitamento do biogás já é uma realidade em aterros no Brasil, onde a maioria deles utilizam como tecnologia de reaproveitamento as usinas termelétricas a biogás. A seguir são apresentados alguns estudos de caso identificados.

O Aterro Sanitário Municipal Bandeirantes, localizado no Km 26 da Rodovia dos Bandeirantes, recebia em média 8 toneladas de resíduos por dia e até sua desativação o aterro comportou 30 milhões de toneladas de resíduos dispostos em uma área de 100 hectares. Foram implementados 24 grupos geradores com motores ciclo Otto, possuindo capacidade de geração de 22 MW, ou 925 kw cada um. Este projeto foi considerado o maior projeto mundial voltado para biogás com investimento na ordem de R\$ 48 milhões de reais e redução de 8 milhões de toneladas de gás carbônico em 15 anos.

Em São Mateus, também em São Paulo, o aterro Sanitário São João, localizado na Estrada de Sapopemba km 33, desativado em 2009 recebeu total de 30 milhões de toneladas de resíduos sólidos domésticos e investimentos na ordem de R\$ 64 milhões de reais, com capacidade de 22 MW.

A Bahia também possui aproveitamento do biogás em Salvador o Aterro Metropolitano Centro de Salvador, localizado na Rodovia BA-526 (CIA – Aeroporto), inaugurado em 2000, o aterro recebe em média cerca de 2500 toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia e com vazão de biogás na ordem de 500 N.m³/h. Em 2011, foi instalada a usina termelétrica para o aproveitamento do biogás para a geração de energia elétrica, com potência instalada de 19,73 MW e geração anual de 150 mil MWh.

⁶ CHERNICHARO, C.A.L. Reatores Anaeróbios- Cap 2- Fundamentos da Digestão Anaeróbia. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Brasil, 2000.

⁷ MACIEL, F.J. Estudo da geração, percolação e emissão de gases no aterro de resíduos sólidos da muribeca/pe. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 2003.



O investimento para captação e aproveitamento dos resíduos foi de R\$ 50 milhões de reais.

Em Belo Horizonte, Minas Gerais o Aterro Central de Tratamento de Resíduos Sólidos situada na BR-040, no bairro Jardim Filadélfia, inaugurado em 1975 e desativado em 2007, utilizou como forma de aproveitamento do biogás a usina termelétrica, instalada em 2011 com potência de 5,5 MW. O investimento foi na ordem de R\$ 36 milhões de reais, o que resultou na geração anual de 50 mil MWh. Também em Minas Gerais, no Aterro Sanitário de Uberlândiam que recebe 600 toneladas de resíduos por dia e vazão de metano de 500 N.m³/h, foi instalada usina termelétrica com potência instalada de 2,8 MW e geração anual de 15 mil MWh.

Ainda utilizando a mesma técnica de aproveitamento, verifica-se o Aterro Sanitário Central de Resíduos do Recreio no Rio Grande do Sul, localizado no Km 181 da BR-290, C.P. 34. Em 2015, ano de inauguração do projeto, o investimento chegou a R\$ 30 milhões de reais com geração anual de 60 mil MWh, este aterro recebe em média cerca de 7,2 toneladas de resíduos por dia.

Contrariando as técnicas já mencionadas, a cidade de Tremembé, São Paulo, no aterro da cidade em 2001, utilizou como forma de aproveitamento do biogás o evaporador de chorume. O aterro produz em média cerca de 19 m³/dia de chorume e recebe cerca de 1,4 toneladas de resíduos por dia, para tanto, necessitou investir cerca de R\$ 70 mil reais para aplicação da técnica, tendo como resultado principal uma redução no custo de tratamento de chorume de na ordem de 42%.

Em Duque de Caxias, no Rio de Janeiro, localizado no Bairro de Jardim Gramacho, 1º Distrito, o aterro inaugurado no ano de 1976 adotou, a partir de 2005, projeto de aproveitamento do biogás a partir do Evaporador de Chorume. A vazão de chorume para este aterro é de 384 m³/dia.

O caso mais recente de aproveitamento energético foi identificado em Caieiras, São Paulo, com potência instalada de 29,5 MW, 21 módulos moto geradores de 1,4 MW cada, com investimento na ordem de R\$ 100 milhões, já considerando a interligação na rede nacional. Com capacidade para atender 130 mil residências, o projeto consiste atualmente na maior termelétrica movida a biogás em aterros do país e um dos maiores do mundo. A termelétrica Caieiras pertence ao grupo Solví, construída na Central de Tratamentos e Valorização, está localizada na rodovia dos Bandeirantes no km 33⁸.

A Tabela 2, cuja continuação é apresentada na Tabela 3, apresenta um resumo geral dos dados apresentados acima.

⁸Inaugurada a maior termelétrica do Brasil movida a biogás de aterro sanitário disponível em:
<http://www.essencis.com.br/single-post/2016/09/22/Inaugurada-a-maior-termel%C3%A9trica-do-Brasil-movida-a-biog%C3%A1s-de-aterro-sanit%C3%A1rio>.

Tabela 2: Resumo de exemplos de aterros sanitários do Brasil com aproveitamento de biogás.

ATERROS COM APROVEITAMENTO DO BIOGÁS	LOCALIZAÇÃO			DATA DE INAUGURAÇÃO	ESTIMATIVA ATUAL DE RESÍDUOS	INÍCIO DO APROVEITAMENTO DO BIOGÁS
	ESTADO	CIDADE	ENDEREÇO			
Aterro Bandeirantes	São Paulo	São Paulo	Localizado no Km 26 da Rodovia dos Bandeirantes	1979	30 milhões de toneladas (Desativado-2007)	2004
Aterro São João	São Paulo	São Paulo	Localizado na Estrada de Sapopemba km 33, em São Mateus.	1992	30 milhões de toneladas (Desativado-2009)	2008
Aterro Metropolitano Centro de Salvador na Bahia	Bahia	Salvador	Rodovia BA-526 (CIA – Aeroporto)	2000	2.500 toneladas por dia	2011
Aterro Sanitário da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR-040	Minas Gerais	Belo Horizonte	Situada na BR-040, no bairro Jardim Filadélfia	1975	24 milhões de toneladas (Desativado-2007)	2010
Aterro Sanitário de Uberlândia	Minas Gerais	Uberlândia	Distrito Industrial, a cerca de 10 km da Divisão de Limpeza Urbana	1995	600 toneladas por dia	2012
Aterro Sanitário Central de Resíduos do Recreio	Rio Grande do Sul	Minas do Leão	Km 181 da BR-290, C.P. 34	Não disponível	3.500 toneladas por dia	2015
Aterro Sanitário de Gramacho	Rio de Janeiro	Duque de Caxias	Bairro de Jardim Gramacho, 1º Distrito	1976	7.200 toneladas por dia	2005
Aterro Sanitário de Tremembé	São Paulo	Tremembé	Localizado no Vale do Paraíba	Não disponível	1.400 toneladas por dia	2001
CTR Caieiras	São Paulo	Caieiras	Rodovia dos Bandeirantes, km 33	1997	8.000 por dia	2016

Tabela 3: Continuação do resumo de exemplos de aterros sanitários do Brasil com aproveitamento de biogás.

ATERROS COM APROVEITAMENTO DO BIOGÁS	TECNOLOGIA DE APROVEITAMENTO	POTÊNCIA INSTALADA	VAZÃO ATUAL	GERAÇÃO (ANUAL)	CUSTO ASSOCIADO
Aterro Bandeirantes	Usina termelétrica a biogás	22,2 MW	81,99 N.m ³ /h	170 mil MWh	R\$ 48.000.000,00
Aterro São João	Usina termelétrica a biogás	26,64 MW	625 N.m ³ /h	200 mil MWh	R\$ 64.000.000,00
Aterro Metropolitano Centro de Salvador na Bahia	Usina termelétrica a biogás	19,73 MW	500 N.m ³ /h	150 mil MWh	R\$ 50.000.000,00
Aterro Sanitário da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR-040	Usina termelétrica a biogás	5,5 MW	Não disponível	50 mil MWH	R\$ 36.000.000,00
Aterro Sanitário de Uberlândia	Usina termelétrica a biogás	2,8 MW	500 N.m ³ /h	15 mil MWH	R\$ 10.700.000,00
Aterro Sanitário Central de Resíduos do Recreio	Usina termelétrica a biogás	Não disponível	24 m ³ /dia	60 mil MWH	R\$ 30.000.000,00
Aterro Sanitário de Gramacho	Evaporador unitário de chorume	Não se aplica	16 m ³ /dia	Não se aplica	Não disponível
Aterro Sanitário de Tremembé	Evaporador unitário de chorume	Não se aplica	17 m ³ /h	Não se aplica	R\$ 70.000,00
CTR Caieiras	Usina termelétrica a biogás	29,5 MW	1900 N.m ³ /h	Não disponível	R\$ 100.000.000,00

O BIOGÁS E OS CRÉDITOS DE CARBONO

Sabe-se que o excesso das emissões dos chamados gases de efeito estufa incorrem em um aquecimento acelerado da atmosfera terrestre, incorrendo em grandes impactos ambientais negativos que ocasionam mudanças globais no clima.

A disposição final de resíduos – a depender de seu nível de gestão – representa uma das fontes de emissão destes gases, em principal do gás metano, que, conforme mencionado anteriormente, decorre dos processos de decomposição da matéria orgânica presente nos mesmos.

Ações que reduzam as emissões de GEE são passíveis de obtenção de certificados ambientais denominados créditos de carbono. Os créditos de carbono, da forma como desenvolvidos no Brasil, decorrem de uma série de eventos, que tem início na criação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, do inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change*), em 1988. O IPCC, existente até a



atualidade, consiste em uma comissão de cientistas de diversas áreas com o objetivo de quantificar, avaliar e identificar riscos e previsões sobre os efeitos das mudanças climáticas, através da publicação de relatórios e cenários.

Com base no Primeiro Relatório do IPCC, publicado em 1990, a Organização das Nações Unidas (ONU) reuniu, em 1992, 176 países, instituindo a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. Em 1997, foi assinado, na terceira Conferência das Partes (signatárias da Convenção-Quadro), em Quioto, o Protocolo de Quioto, que representou o primeiro acordo internacional com metas de redução de emissões. A ratificação ocorreu 07 anos depois, em 2005.

O Brasil, embora signatário, não compôs o chamado Anexo I, destinado aos países com emissões históricas mais relevantes, ou seja, países com processos de industrialização mais antiga, principalmente os da União Europeia, e os únicos com metas de redução. Entretanto, as possibilidades brasileiras surgiram a partir de um dos mecanismos criado pelo Protocolo, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), definido pela possibilidade de realização de projetos que reduzam emissões de GEE em países do ANEXO II (como o Brasil e outros países em desenvolvimento), a fim de compensar emissões de países do ANEXO I, com o intuito do cumprimento de suas metas.

A fim de se garantir o controle de qualidade destes projetos, foi criada uma plataforma robusta para a gestão do MDL, coordenada pela ONU, através da Covenção-Quadro (a partir daqui, denominada UNFCCC, sigla do inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change*), responsável por: estabelecer diretrizes gerais para o desenvolvimento e certificação de projetos, desenvolver as atividades redutoras de emissão contempladas e as metodologias aceitas para a quantificação, credenciar entidades de autenticação de projetos e registrar e certificar as Reduções Certificadas de Emissões (RCEs).

As RCEs definem os créditos de carbono, medidos em toneladas de dióxido de carbono equivalente. O dióxido de carbono equivalente é o principal gás de efeito estufa, em percentual de concentração e por isso foi selecionado como base de medida. A conversão dos demais gases em CO₂e se dá pelo Potencial de Aquecimento Global. A Tabela 3 apresenta os valores mais recentes de potencial de aquecimento global sugeridos pelo IPCC.

Tabela 2: Valores de Potencial de Aquecimento Global segundo o IPCC.

NOME	FÓRMULA	VALORES 1º RELATÓRIO IPCC (CO ₂ E)	VALORES 2º RELATÓRIO IPCC (CO ₂ E)	VALORES 3º RELATÓRIO IPCC (CO ₂ E)	VALORES 4º RELATÓRIO IPCC (CO ₂ E)
Dióxido de carbono	CO ₂	1	1	1	1
Metano	CH ₄	21	23	25	28
Óxido nitroso	N ₂ O	310	296	298	265
Hexafluoreto de enxofre	SF ₆	23,9	22,2	22,8	23,5
Tetrafluoreto de carbono	CF ₄	6,5	5,7	7,39	6,63
Hexafluoretano	C ₂ F ₆	9,2	11,9	12,2	11,1



NOME	FÓRMULA	VALORES 1º RELATÓRIO IPCC (CO ₂ E)	VALORES 2º RELATÓRIO IPCC (CO ₂ E)	VALORES 3º RELATÓRIO IPCC (CO ₂ E)	VALORES 4º RELATÓRIO IPCC (CO ₂ E)
HFC-23	CHF ₃	11,7	12	14,8	12,4
HFC-32	CH ₂ F ₂	650	550	675	677
HFC-41	CH ₃ F	150	97	92	116
HFC-125	C ₂ HF ₅	2,8	3,4	3,5	3,17
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄	1	1,1	1,1	1,12
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1,3	1,3	14,3	1,3
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃	300	330	353	328
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃	3,8	4,3	4,47	4,8
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	140	120	124	138
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	2,9	3,5	3,22	3,35
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	6,3	9,4	9,81	8,06
HFC-245ca	C ₃ H ₃ F ₃	560	950	1,03	716
Trifluoreto de nitrogênio	NF ₃	-	-	17,2	16,1

O setor de resíduos é um dos setores contemplados na perspectiva de projetos de MDL. As possibilidades abrangem resíduos do extrativismo vegetal, da agricultura, da pecuária (p.ex., manejo de dejetos de rebanhos), dentre outros. Os resíduos sólidos urbanos estão representados, principalmente, pela implementação de aterros sanitários, em duas perspectivas:

- Redução de emissões ao implementar um aterro sanitário e destinar o biogás a queimadores, onde ocorrerá a conversão do CH₄ a CO₂. Por possuir maior potencial de aquecimento global que o CO₂, a combustão do metano reduz emissões de GEE;
- Redução de emissões ao implementar um aterro sanitário e aproveitar o biogás, seja no abastecimento de processos ou veículos ou mesma na geração de energia elétrica. Neste caso, é contabilizada não só a emissão evitada do CH₄ para a atmosfera, mas também a disponibilização de energia elétrica renovável em uma rede ou em um ponto de consumo específico, substituindo a utilização de energia elétrica gerada a partir da queima de combustíveis fósseis.

Existem atualmente 51 projetos brasileiros de aterros sanitários e aproveitamento do biogás listados na plataforma da UNFCCC para MDL⁹, sendo 49 registrados efetivamente e 02 registrados e posteriormente retirados (desistência). O total de projetos registrados na plataforma é de 264, ou seja, o Brasil quase 20% do total de projetos.

⁹ www.cdm.unfccc.int



As metodologias listadas para a realização dos projetos, de forma individual ou combinada, são:

- ACM0001: Queima ou utilização do biogás de aterro sanitário;
- ACM0002: Geração de energia elétrica em sistema conectado à rede a partir de fontes renováveis;
- AM0003: Análise financeira simplificada para a captura de biogás de aterros sanitários;
- Aproveitamento do biogás de aterro sanitário com geração de energia elétrica, sem captura ou destruição do gás metano no cenário de linha de base;
- Utilização do metano biogênico como combustível para o suprimento de gás de uma cidade.

A lista dos projetos é apresentada na Tabela 4, incluindo o ano do registro, os países envolvidos (investidores), a base de metodologias utilizadas e as certificações previstas no registro.

A ACM0001 é a metodologia mais recorrente, visto que a instalação de queimadores (*flares*) constitui em um procedimento mais simplificado e menos oneroso para redução do impacto de emissões de gás metano, se comparado aos demais processos, ainda a serem apresentados neste estudo.

Tabela 3: Lista de projetos de aterros sanitários brasileiros registrados junto à plataforma do MDL para obtenção de créditos de carbono.

ANO DO REGISTRO	NOME DO PROJETO ¹⁰	PAÍSES ENVOLVIDOS	METODOLOGIAS	CERTIFICAÇÕES ANUAIS ESTIMADAS (TCO ₂ E)
2004	Brazil NovaGerar Landfill Gas to Energy Project	Holanda Itália Luxemburgo Suíça Japão Espanha	AM0003	670133
2005	Salvador da Bahia Landfill Gas Management Project	Japão Holanda Reino Unido	AM0002	664674
2005	Onyx Landfill Gas Recovery Project – Trémembé, Brazil	Holanda França	AM0011	70063
2006	Brazil MARCA Landfill Gas to Energy Project	Japão Reino Unido	AM0003 ver. 3	231405
2006	Bandeirantes Landfill Gas to Energy Project (BLFGE)	Suíça Holanda Alemanha	ACM0001 ver. 2	1070649
2006	ESTRE's Paulínia Landfill Gas Project (EPLGP)	Suíça França Noruega Reino Unido	AM0003 ver. 3	212558
2006	Caieiras landfill gas emission reduction	Suíça Japão	ACM0001 ver. 2	770932

¹⁰ Optou-se por deixar o nome original do projeto, na língua inglesa, a fim de facilitar a busca pelos leitores.

ANO DO REGISTRO	NOME DO PROJETO ¹⁰	PAÍSES ENVOLVIDOS	METODOLOGIAS	CERTIFICAÇÕES ANUAIS ESTIMADAS (TCO ₂ E)
2006	Landfill Gas to Energy Project at Lara Landfill, Mauá, Brazil	Noruega		
		Suíça		
		Holanda	AM0003 ver. 3	751148
2006	São João Landfill Gas to Energy Project (SJ)	Suíça	ACM0001 ver. 2	816940
		Alemanha		
2006	Anaconda Landfill Gas Project	Suíça	ACM0001 ver. 3	120423
2006	Central de Resíduos do Recreio Landfill Gas Project (CRRGP)	Japão		
		Reino Unido	ACM0001 ver. 15	107881
2007	Canabrava Landfill Gas Project	Canadá		
		Japão		
		Reino Unido	ACM0001 ver. 4	202867
2007	Aurá Landfill Gas Project	Noruega		
		Reino Unido	ACM0001 ver. 4	320151
2007	Quitaúna Landfill Gas Project (QLGP)		ACM0001 ver. 4	95030
2007	ESTRE Itapevi Landfill Gas Project (EILGP)	Suíça		
		Reino Unido	ACM0001 ver. 4	90575
2007	URBAM/ARAUNA - Landfill Gas Project (UALGP)		ACM0001 ver. 5	116909
2007	Embralixo/Araúna - Bragança Landfill Gas Project	Reino Unido	ACM0002 ver. 6	
			ACM0001 ver. 5	66399
2008	PROBIOGAS-JP – João Pessoa Landfill Gas Project	Reino Unido	ACM0002 ver. 6	
			ACM0001 ver. 5	211150
2008	ESTRE Pedreira Landfill Gás Project (EPLGP)	Suíça	ACM0002 ver. 6	
			ACM0001 ver. 5	186315
2008	Terrestre Ambiental Landfill Gás Project	Suíça	ACM0002 ver. 6	
			ACM0001 ver. 5	100222
2008	CTRVV Landfill emission reduction project		ACM0001 ver. 5	94454
2008	Alto-Tietê landfill gas capture project	Reino Unido	ACM0001 ver. 5	480595
2008	Feira de Santana Landfill Gas Project		ACM0001 ver. 6	
			ACM0002 ver. 6	42572
2008	Proactiva Tijuquinhos Landfill Gas Capture and Flaring project	Espanha França	ACM0001 ver. 5	
			ACM0001 ver. 5	131194
2009	SANTECH – Saneamento & Tecnologia Ambiental Ltda. – SANTEC Resíduos landfill gas emission reduction Project Activity		ACM0001 ver. 6	
			ACM0001 ver. 9 AM0069	39478
Desistência	Gramacho Landfill Gas Project			852367
Desistência	Natal Landfill Gas Recovery Project		ACM0001 ver. 11	99091
2011	Exploitation of the biogas from Controlled Landfill in Solid Waste Management Central – CTRS / BR.040	Suíça	ACM0001 ver. 11	134160
2011		Canadá	ACM0001 ver. 11	1031574

ANO DO REGISTRO	NOME DO PROJETO ¹⁰	PAÍSES ENVOLVIDOS	METODOLOGIAS	CERTIFICAÇÕES ANUAIS ESTIMADAS (TCO ₂ E)
	Manaus Landfill Gas Project	Noruega Reino Unido		
2011	Itaoca Landfill Gas Project	Spain Alemanha	ACM0001 ver. 11	25887
2011	CTR Candeias Landfill Gas Project	Suécia Noruega Espanha	ACM0001 ver. 11	155112
2012	CTL Landfill Gas Project		ACM0001 ver. 11	737221
2012	CGR Guatapara Landfill Project		ACM0001 ver. 11	211924
2012	Natal Landfill Gas to Energy Project		ACM0001 ver. 12	161335
2012	ENGEP & BEGREEN CDM Project at UTGR – Jambeiro Landfill		ACM0001 ver. 12	106154
2012	Constroeste Landfill Gas to Energy Project		ACM0001 ver. 12	156203
2012	Proactiva CGA Iperó Landfill Gas to Energy Project		ACM0001 ver. 12	114937
2012	Gramacho Landfill Gas Project		ACM0001 ver. 13	313751
2012	ESTRE Piratininga Landfill Gas Project		ACM0001 ver. 13	68899
2012	ITVR Sao Leopoldo landfill gas project		ACM0001 ver. 13	33141
2013	CTR Rosario Landfill Gas Project		ACM0001 ver. 13	63981
2013	CGR CATANDUVA LANDFILL GAS PROJECT		ACM0001 ver. 13	70210
2013	CPTR Marituba landfill gas project		ACM0001 ver. 13	110633
2013	CTDR Bob Ambiental landfill gas project		ACM0001 ver. 13	77851
2013	Rio Grande landfill gas project		ACM0001 ver. 13	11436
2013	CTR da Caturrita landfill gas project		ACM0001 ver. 13	31957
2013	MACAÚBAS LANDFILL GAS PROJECT		ACM0001 ver. 13	377528
2013	CTR Maceio Landfill Gas Project		ACM0001 ver. 13	116336
2014	Canhanduba Landfill Project		ACM0001 ver. 13	78269
2016	Dois Arcos Landfill Gas Project Activity		ACM0001 ver. 15	60283
2016	Oeste de Caucaia Landfill Project Activity		ACM0001 ver. 15	523569

Apesar de representar a principal iniciativa em créditos de carbono no mundo, o MDL não é a única forma de se obter tais certificados. Ao longo dos anos, iniciativas voluntárias, participando principalmente dos Estados Unidos, país que não ratificou o Protocolo de Quioto, surgiram em termos similares aos do MDL, fazendo uso, inclusive, das mesmas metodologias e premissas, com pequenas adequações nas regulamentações gerais.



Em busca realizada em três das principais plataformas atuantes no Brasil do Mercado Voluntário de Créditos de Carbono: *American Carbon Registry* (ACR), *Verified Carbon Standard* (VCS) e *Gold Standard* (VCS), foram encontrados 02 projetos, conforme Tabela 5.

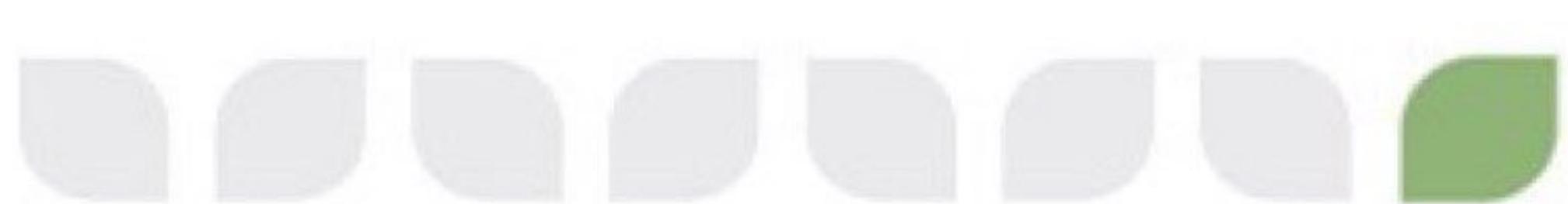
Tabela 5: Lista de projetos de aterros sanitários brasileiros registrados junto a plataformas de registro voluntário para obtenção de créditos de carbono.

ANO DO REGISTRO	NOME DO PROJETO ¹¹	ENTIDADE DE REGISTRO	METODOLOGIAS	CERTIFICAÇÕES ANUAIS ESTIMADAS (TCO ₂ E)
2013	Manaus Landfill Gas Project	VCS	ACM 0001, v. 11	125,817
2012	Exploitation of the biogas from Controlled Landfill in Solid Waste Management Central – CTRS / BR.040	VCS e Gold Standard ¹²	ACM 0001, v. 11	134,160

Os créditos de carbono representam incentivos financeiros aos projetos desenvolvidos, podendo representar melhorias nos indicadores econômicos destes projetos, ainda na fase de planejamento. As próximas fases do estudo deverão contemplar as estimativas de geração de créditos de carbono e possíveis ganhos financeiros, a depender da forma de aproveitando do biogás selecionada.

¹¹ Optou-se por deixar o nome original do projeto, na língua inglesa, a fim de facilitar a busca pelos leitores.

¹² O mesmo projeto foi encontrado em duas plataformas distintas, pois registrou períodos de tempo diferentes em dois locais do mecanismo voluntário.



CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A caracterização da área de estudo – o aterro controlado de Goiânia – se deu através de dos seguintes métodos:

- Avaliação do recém-publicado Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Goiânia, enviado pela Diretoria de Gestão de Resíduos da AMMA.
- Solicitação de informações à Companhia de Urbanização de Goiânia, empresa responsável pela operação do aterro controlado de Goiânia, através de ofícios encaminhados à presidência da instituição: série histórica de resíduos, detalhamentos da operação, estimativa de gastos com combustível dos veículos e consumo de eletricidade, condições atuais dos equipamentos, etc.
- Visitas técnicas para observação presencial das condições do local e da situação atual da disposição e das operações.

DESCRIÇÃO DA ÁREA E INSTALAÇÕES

O aterro de Goiânia está situado no quilômetro 3 da rodovia estadual GO-060, no bairro Chácara Recreio, São Joaquim, saída para o município de Trindade, região noroeste da capital, entre o Córrego do Meio e o Caveirinha, conforme Figura 5.

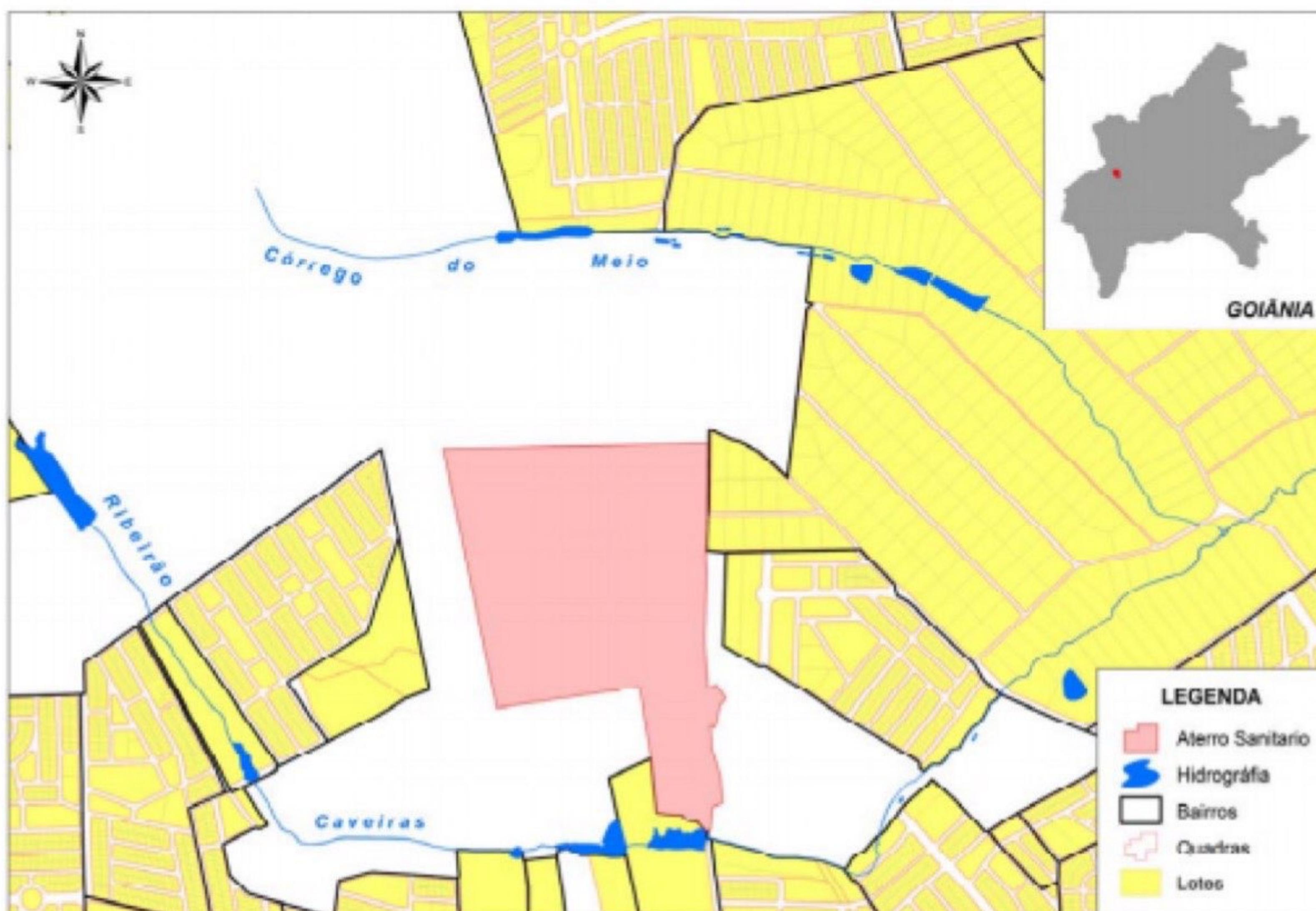


Figura 5: Localização do aterro controlado de Goiânia em relação aos limites municipais.

A área total do local é de 451.000 m², distribuída conforme Tabela 6.

Tabela 6: Distribuição da área do Aterro Controlado de Goiânia por tipo de ocupação.

USO DA ÁREA	ÁREA OCUPADA (M ²)
Atividade administrativas	623,79
Maciço de resíduos sólidos	263.250,51
Estação de tratamento de resíduos de serviço de saúde	22.626,00
Estação de tratamento de efluentes	14.890,00
Viveiro	2.949,00
Área de expansão do maciço I	91.759,00
Área de expansão do maciço II	77.607,00
Área total do complexo	451.033,00

O aterro encontra-se em área cercada com acesso limitado e instalação administrativa adequada. O maciço é impermeabilizado desde a base e os resíduos são cobertos diariamente com solo e demais resíduos Classe A¹³.

Os seguintes elementos compõem as instalações:

- ❖ Drenagem de gases com tubos de concreto, drenos com cabeçote de captação de gás, tubulação de manilha de concreto preenchida com pedra marroada e sistema convencional de queima de gases;
- ❖ Drenagem de águas pluviais;
- ❖ Drenagem de chorume com drenos horizontais do tipo "espinha de peixe";
- ❖ Sistema de tratamento de chorume através de 3 lagoas de estabilização para posterior destinação a ETE da SANEAGO no período chuvoso e recirculação no maciço no período seco, através de caminhão pipa;
- ❖ Vigilância no horário diurno e noturno;
- ❖ Monitoramento ambiental através procedimentos sistemáticos de coleta de amostras; análise das amostras coletadas; registro, armazenamento e processamento dos dados obtidos em conformidade com o órgão ambiental;
- ❖ Poços de monitoramento de lençol freático (6 pontos);
- ❖ Duas (02) plataformas de pesagem de caminhões.

A operação do aterro é realizada a partir de 05 tratores de esteira, 02 retroescavadeiras, 01 pá carregadeira, 02 caminhões basculantes e 16 caminhões pipas e 107 funcionários, divididos em áreas operacionais e administrativas (SNIS, 2013).

As etapas que ocorrem dentro do aterro, desde a entrada de resíduos na unidade até o tratamento do percolado (chorume) são apresentadas na 6.

¹³ Segundo Resolução CONAMA 307/2002, resíduos Classe A são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.



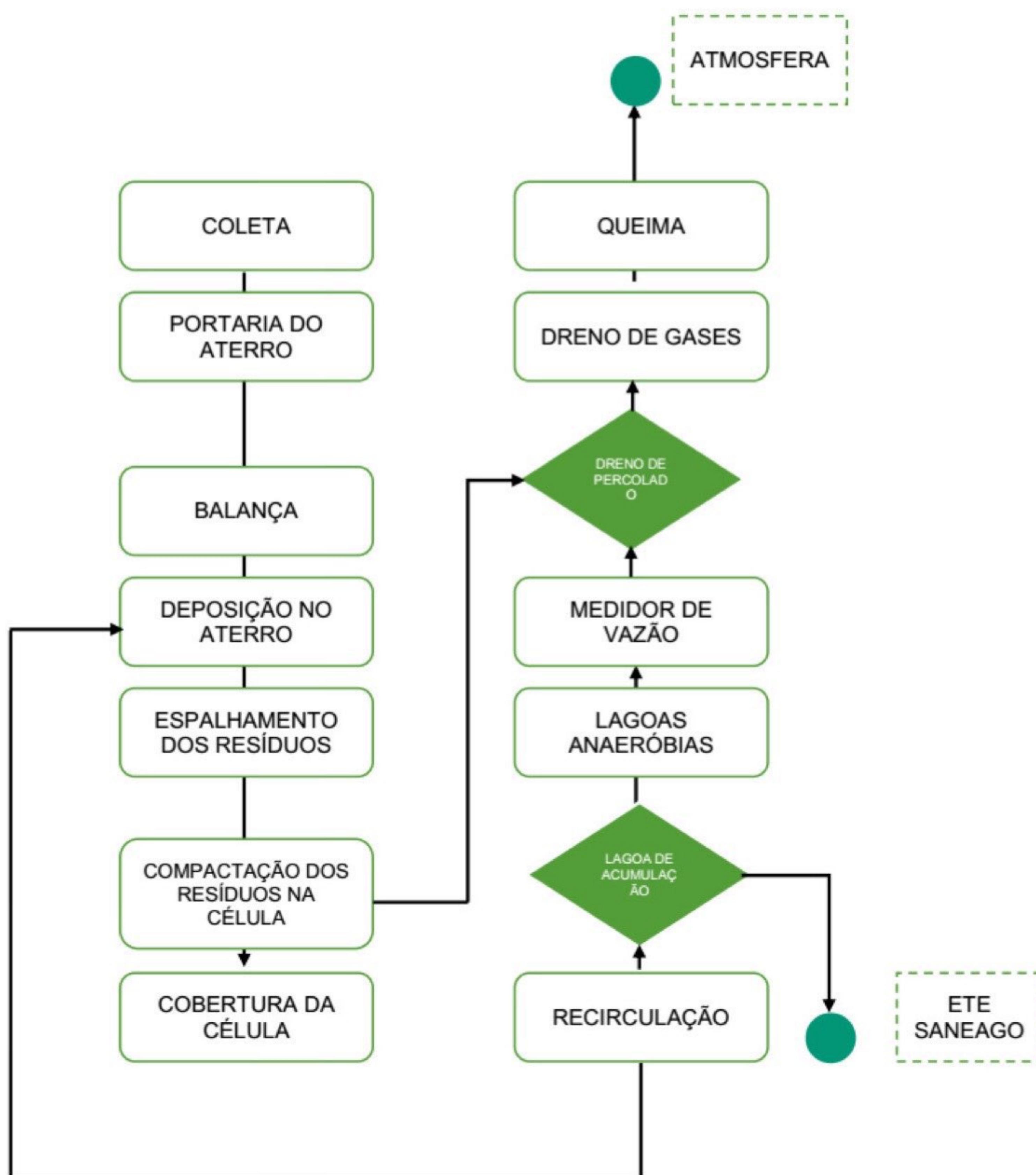


Figura 6: Fluxo de ações para tratamento de RSUs no Aterro Controlado de Goiânia. Fonte: PMGIRS, 2016.

OBSERVAÇÕES SOBRE A OPERAÇÃO ATUAL

Comparando as informações apresentadas no Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, publicado em 2016, com as informações observadas nas visitas realizadas ao local, observou-se que o local não possui as condições totais para a classificação como Aterro Sanitário, visto que o líquido percolado não está sendo devidamente tratado, pois, embora existam duas lagoas anaeróbias e uma lagoa facultativa, as mesmas foram desativadas, tornando-se apenas lagoas para depósito de chorume. Além disso, existe uma área de expansão que está sendo parcialmente utilizada em condições inapropriadas. Existem dúvidas acerca do material utilizado para a cobertura das camadas, pois observa-se a presença de compostos distintos dos resíduos de Classe A ou solo.

Sobre a canalização do biogás propriamente dita, alegou-se a existência de 40 queimadores, sendo 18 em pleno funcionamento. Todavia, nas visitas em campo não



foi possível constatar os 40 queimadores. Segundo informações da Gerência de Resíduos da AMMA, esta informação é defasada e advém do projeto original de canalização, datado de 1993.

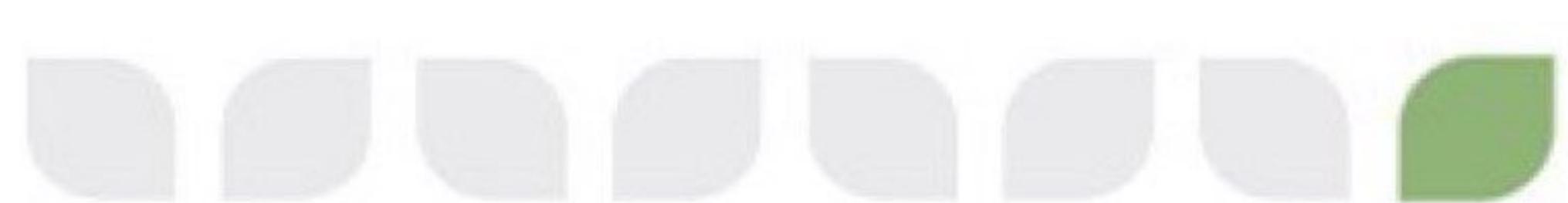
HISTÓRICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

O aterro de Goiânia deu início às suas atividades em 1983, através da disposição de resíduos de forma direta sobre o solo, sob a forma de “lixão”. Em 1993, foram realizadas obras para a impermeabilização do solo para sua adequação.

Segundo a COMURG – Companhia de Urbanização de Goiânia – responsável pela administração do Aterro Sanitário, são recebidos diariamente para tratamento e disposição final os resíduos domiciliares e públicos, os resíduos de algumas empresas particulares, desde que estes resíduos sejam considerados, segundo a ABNT NBR 10.004/2004, como resíduos classe II (não perigosos) e os resíduos da construção civil.

Havia no local a presença de vala séptica e incinerador, com o objetivo de tratamento e disposição final de resíduos do serviço de saúde. No entanto, ambos foram desativados em 2008, sendo que o galpão existente serve, atualmente, como área de transbordo para a disposição temporária do RSS até seu transporte e tratamento realizado por empresa terceirizada.

Segundo último levantamento, os resíduos coletados pelo processo convencional e destinados ao aterro obedecem a composição gravimétrica apresentada na 7.



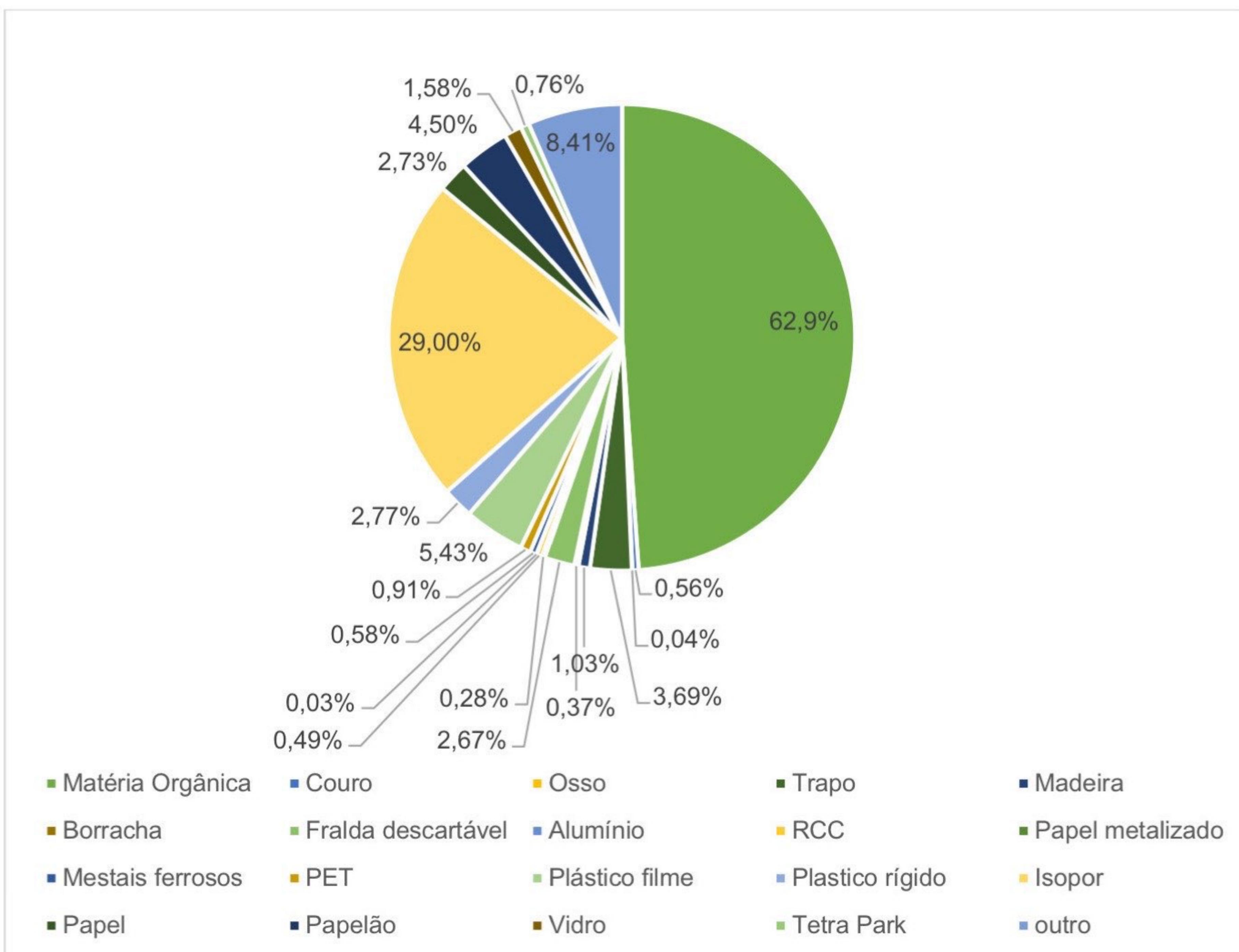


Figura 7: Composição Gravimétrica do Aterro Controlado de Goiânia, base de dados do PMGIRS, 2016.

Ainda segundo as informações levantadas pela Administração do Aterro, a Tabela 7 mostra a série histórica de resíduos recebidos e depositados no aterro desde 2004.

Tabela 7: Histórico de disposição de resíduos no Aterro de Goiânia desde 2004.¹⁴

ANO	RESÍDUOS (t)	ANO	RESÍDUOS (t)
2004	386.223,00	2011	440.292,00
2005	392.019,00	2012	439.174,00
2006	392.237,50	2013	473.339,00
2007	396.217,70	2014	481.681,00
2008	409.530,00	2015	495.528,00
2009	420.816,00	2016	259.250,00
2010	421.484,00		

COLETA DE DADOS NO LOCAL

¹⁴ Dados fornecidos pela COMURG.



Foram realizadas coletas de dados no local para medições de composição do biogás gerado no aterro, a fim de conhecer a parcela de gás metano na composição total do gás, tendo em vista que o seu aproveitamento representa o foco do estudo.

Os procedimentos de coleta foram realizados no dia 25 de agosto de 2016, pela empresa ACS, quando foram selecionadas 9 saídas de biogás para coleta, segundo as recomendações dos técnicos do aterro, em acordo com os técnicos do laboratório. A localização dos pontos escolhidos é apresentada na Figura 8. As Figuras 9 e 10 apresentam registros do dia da coleta de biogás para posterior ensaio de definição de composição em laboratório.

Para a coleta de biogás, os seguintes passos foram seguidos: o processo se iniciou apagando as chamadas dos pontos selecionados, 30 minutos antes da coleta; em seguida, para coleta, os pontos foram cobertos com lona de polietileno e corda, para garantir a vedação total. No próximo passo, uma mangueira de pequeno diâmetro foi introduzida na lona, rasgando-a naquele ponto. O gás foi succionado a partir desta mangueira, com uma bomba manual de sucção e direcionado para o interior de uma bolsa coletora, posteriormente esvaziada. Este procedimento foi realizado 3 vezes em cada ponto. Os resultados originais enviados são apresentados no ANEXO I.

O método supracitado é recomendado pela Agência Ambiental Americana, responsável por uma diversidade de diretrizes mundialmente utilizadas. Trata-se da EPA (do inglês, *United States Environmental Protection Agency*). O método M.25c encontra-se detalhado em língua inglesa no ANEXO II.

O material coletado passou por análise laboratorial. Segundo a ACS, utilizou-se a metodologia da EPA, M-02c, para determinação de dióxido de carbono, gás metano, nitrogênio e oxigênio. O método consiste na introdução da amostra em um cromatógrafo de fase gasosa, de modo que o equipamento determina através de um detector de condutividade térmica e integrador a quantidade da concentração de cada um dos gases citados. O método encontra-se disponível em língua inglesa no anexo ANEXO III.

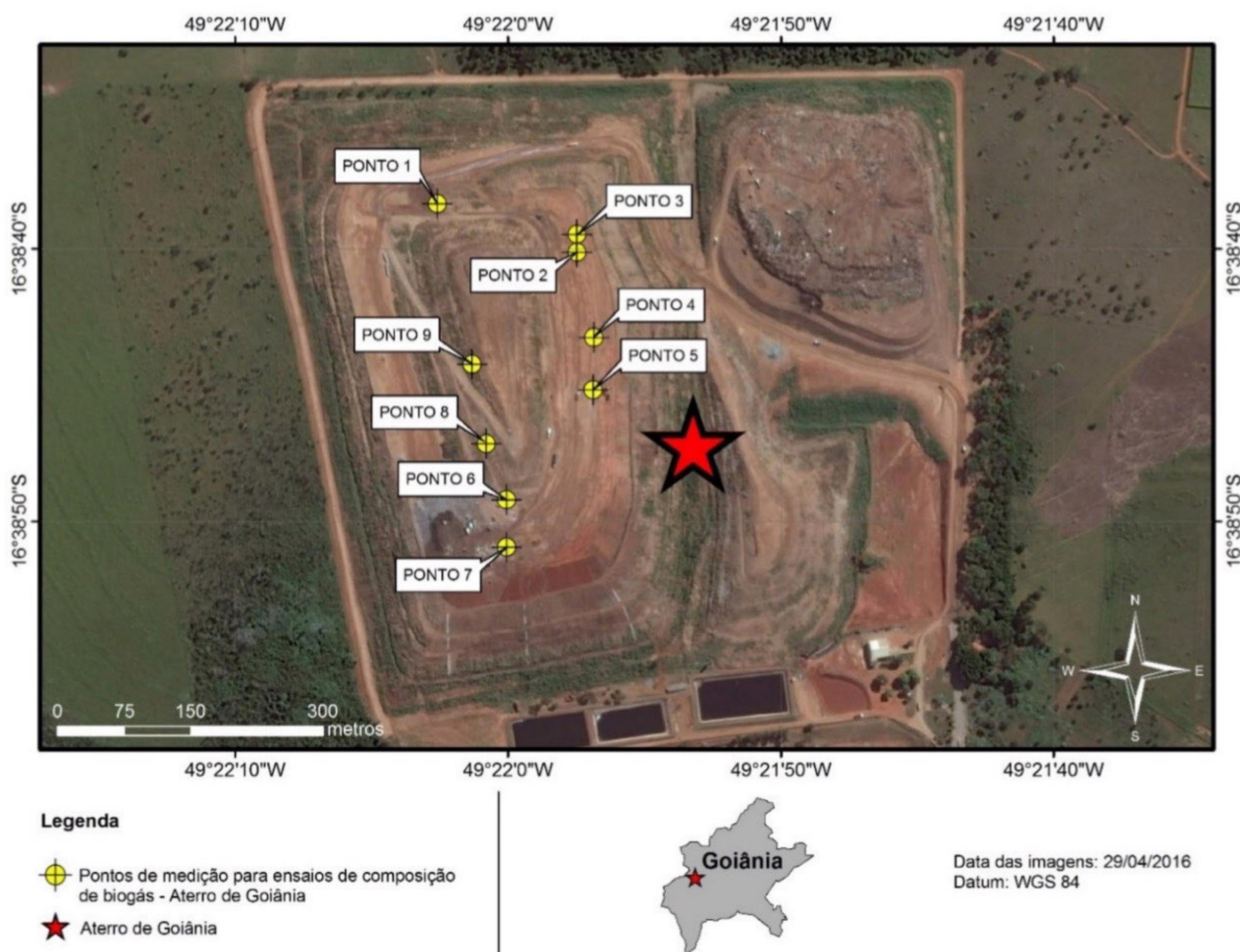


Figura 8: Mapa dos pontos de medição de composição do biogás.



Figura 9: Registro de um dos 18 queimadores de metano em operação no Aterro de Goiânia.

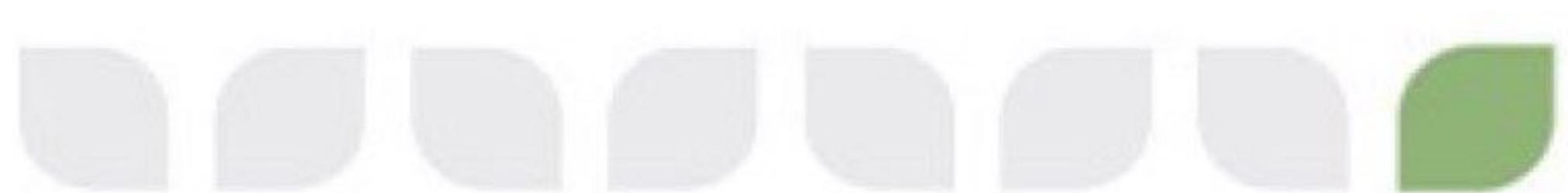


Figura 10: Registro do momento da coleta de biogás em um queimador do Aterro de Goiânia para posterior ensaios laboratoriais para identificação da composição.

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8: Resultados da Medição de Composição do Biogás do Aterro de Goiânia – ACS
Laboratórios.**

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE	METANO	OXIGÊNIO	NITROGÊNIO	DIÓXIDO DE CARBONO, ÁGUA E OUTROS GASES
Ponto 1	-16,6439830	-49,3673820	47,46%	2,34	8,16	42,04%
Ponto 2	-16,6444760	-49,3666250	52,14%	0,69	1,68	45,49%
Ponto 3	-16,6442940	-49,3659600	47,28%	3,00	11,13	38,59%
Ponto 4	-16,6453440	-49,3657890	33,03%	9,00	34,59	23,38%
Ponto 5	-16,6458820	-49,3657970	29,28%	8,61	41,82	20,29%
Ponto 6	-16,6469970	0,0000000	47,34%	2,55	8,88	41,23%
Ponto 7	-16,6474810	-49,3667220	51,39%	0,99	3,24	44,38%
Ponto 8	-16,6464300	-49,3668840	46,26%	1,29	12,72	39,73%
Ponto 9	-16,6456200	-49,3670270	37,56%	6,60	27,51	28,33%
Média			43,53%	3,89	16,63	36,00%



ESTIMATIVAS DE BIOGÁS

Os cálculos de produção de biogás foram efetuados a partir de estimativas, conforme metodologias sugeridas por organizações internacionais e nacionais de renome, como o IPCC, o Bando Mundial e o Ministério do Meio Ambiente. Estes cálculos são de alta confiabilidade, devendo ser utilizados para estudos técnicos, sendo inclusive recomendados para a quantificação de créditos de carbono, cujo ciclo envolve validação por diversas entidades de nível técnico considerável.

Sendo assim, a estimativa do potencial de geração de biogás no aterro sanitário foi realizada através das orientações do Manual para Aproveitamento de Biogás – Volume 1 – Aterros Sanitários (ICLEI, 2009), cujo embasamento são as metodologias elaboradas pelo IPCC, contidas no Módulo 6 – Lixo, do Guia para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, Volume 2: Livro de Trabalho, de 1996 e no Módulo 5 – Resíduos, Volume 2: Geração de Resíduos, Composição e Gestão de Dados, e Volume 3: Disposição de Resíduos Sólidos, de 2006.

Além disso, utilizou-se como apoio para tomada de decisão na definição de parâmetros o Relatório de Referência para Emissões de Gases de Efeito Estufa no Tratamento e Disposição de Resíduos, desenvolvido em 2010 pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação dentro dos trabalhos do Segundo Inventário Nacional.

O cálculo da emissão de metano é dado pela Equação 1:

$$LFG = k \cdot R_x \cdot L_0 - k(x - T)$$

Equação 1

Em que:

LFG	Emissão de metano	(m ³ CH4/ano)
k	Constante de decaimento	(adimensional)
L ₀	Potencial de geração de metano	(m ³ biogás/ton RSU)
R _x	Fluxo de resíduos no ano	(ton RSU)
x	Ano atual	(ano)
T	Ano de deposição do resíduo	(Início da operação)

A obtenção de L₀ é dada pela Equação 2.

$$L_0 = MCF \cdot DOC \cdot DOC_F \cdot F \cdot \frac{16}{12}$$

Equação 2

Em que:

L ₀	Potencial de geração de metano do resíduo	(m ³ biogás/tonRSU)
MCF	Fator de correção do metano	(adimensional)
DOC	Fração de carbono orgânico degradável no lixo;	(adimensional)



DOCf	Fração de DOC que pode se decompor	(adimensional)
F	Fração de metano presente no biogás.	(adimensional)
16/12	Conversão de carbono para metano	(adimensional)

Para a obtenção da fração de carbono orgânico degradável no lixo, para cada tipo de resíduo, é obtido pela Equação 3.

$$DOC = \sum DOC_i \cdot W_i$$

Equação 3

DOCf	Fração de carbono orgânico degradável no lixo;
DOCi	Fração de carbono orgânico degradável no tipo de resíduo i;
Wi	Fração do tipo de resíduo i por categoria do resíduo

O valor de DOC foi obtido a partir da gravimetria do aterro, multiplicado pelos valores de % de carbono orgânico recomendados pelo IPCC, resultando em um percentual médio de 30,4%.

GRAVIMETRIA DO ATERRO		% DE CARBONO ORGÂNICO POR CATEGORIA	RESULTADO	
Matéria Orgânica	62,9%	Resíduos Alimentares	40%	25,2%
Couro	0,56%	Borracha e Couro	39%	0,2%
Osso	0,04%	Inerte	0%	0,0%
Trapô	3,69%	Tecidos	24%	0,9%
Madeira	1,03%	Madeira	43%	0,4%
Borracha	0,37%	Borracha e Couro	39%	0,1%
Fralda descartável	2,67%	Fraldas	24%	0,6%
Alumínio	0,28%	Inerte	0%	0,0%
RCC	0,49%	Inerte	0%	0,0%
Papel metalizado	0,03%	Inerte	0%	0,0%
Mestais ferrosos	0,58%	Inerte	0%	0,0%
PET	0,91%	Plástico	0%	0,0%
Plástico filme	5,43%	Plástico	0%	0,0%
Plástico rígido	2,77%	Plástico	0%	0,0%
Isopor	29,00%	Inerte	0%	0,0%
Papel	2,73%	Papel/Papelão	40%	1,1%
Papelão	4,50%	Papel/Papelão	40%	1,8%
Vidro	1,58%	Vidro	0%	0,0%
Tetra Park	0,76%	Inerte	0%	0,0%
Outro	8,41%	Inerte	0%	0,0%
DOC PONDERADO			30,4%	

Dentre os dados apresentados nas Equações 1, 2 e 3, parte é obtida a partir de coleta de dados (medição e séries históricas fornecidas pela COMURG), parte refere-se a dados padronizados, para os quais se utilizou a base de dados do IPCC, conforme



recomendações do Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa – Setor de Resíduos (2010)¹⁵, para escolha de parâmetros para o cenário brasileiro, especificamente com as características climáticas do Centro-Oeste.

Os valores utilizados, bem como suas respectivas fontes são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Resumo dos dados obtidos para os cálculos de geração de biogás.

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE	FONTE	OBSERVAÇÕES
LFG	Calculo de série histórica.	M ³ CH4/ano	Calculado	Resultados na Figura 9 e Tabela 9.
k	0,17	Adimensional	IPCC 2006, Volume 5, Capítulo 2	Conforme recomendação do Inventário Nacional, parâmetro adotado para países em desenvolvimento.
L0	98,84	M ³ biogás /t RSU	Calculado	-
Rx	Série Histórica	t RSU	Série histórica fornecida pela administração do Aterro Sanitário.	-
x	2016	ano	-	-
T	2004 - 2016	ano	-	Disposição desde 2004.
DOCf	30,38	%	Calculado	-
DOCi	Por tipo de resíduo.		IPCC, Volume 5, Capítulo 2, Tabela 2.4	Média ponderada por tipo de resíduo.
Wi	Tipo de resíduo.	%	Composição gravimétrica por tipo de resíduo, informada no PMGIRS, 2016.	-
MCF	0,8	Adimensional	IPCC Good Practice Guidance, 2000.	Utilizado para local não gerenciado.
F	43,53%	% CH4 no biogás	Média aritmética da medição em 9 pontos.	Conforme medição previamente apresentada.
16/12	-	-	Conversão do carbono em metano.	-

Os resultados foram calculados por ano de disposição de resíduos, desde 2014 e são apresentados na curva apresentada na Figura 11 e com maior detalhamento nas Tabelas 9 e 10.

É possível observar o aumento na produção, a partir do aumento dos resíduos dispostos no aterro. A queda que ocorre em 2016 nada mais significa do que o fato de que os dados para 2016 dizem respeito aos meses de Janeiro a Julho, quando que os demais anos representam dados de 12 meses completos. Sendo assim, a produção de biogás deverá seguir crescimento até que interrompa a disposição de resíduos, ou ainda, que ocorra alguma redução drástica nesta disposição ao longo dos anos.

Mesmo assim, hoje o aterro contaria com uma produção anual disponível da ordem de 40 milhões de metros cúbicos, o que representa uma média diária de 12.000 m³ e horária na casa dos 500 m³.

¹⁵ EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS. Ministério de Ciência e Tecnologia, 2010. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0228/228953.pdf>.

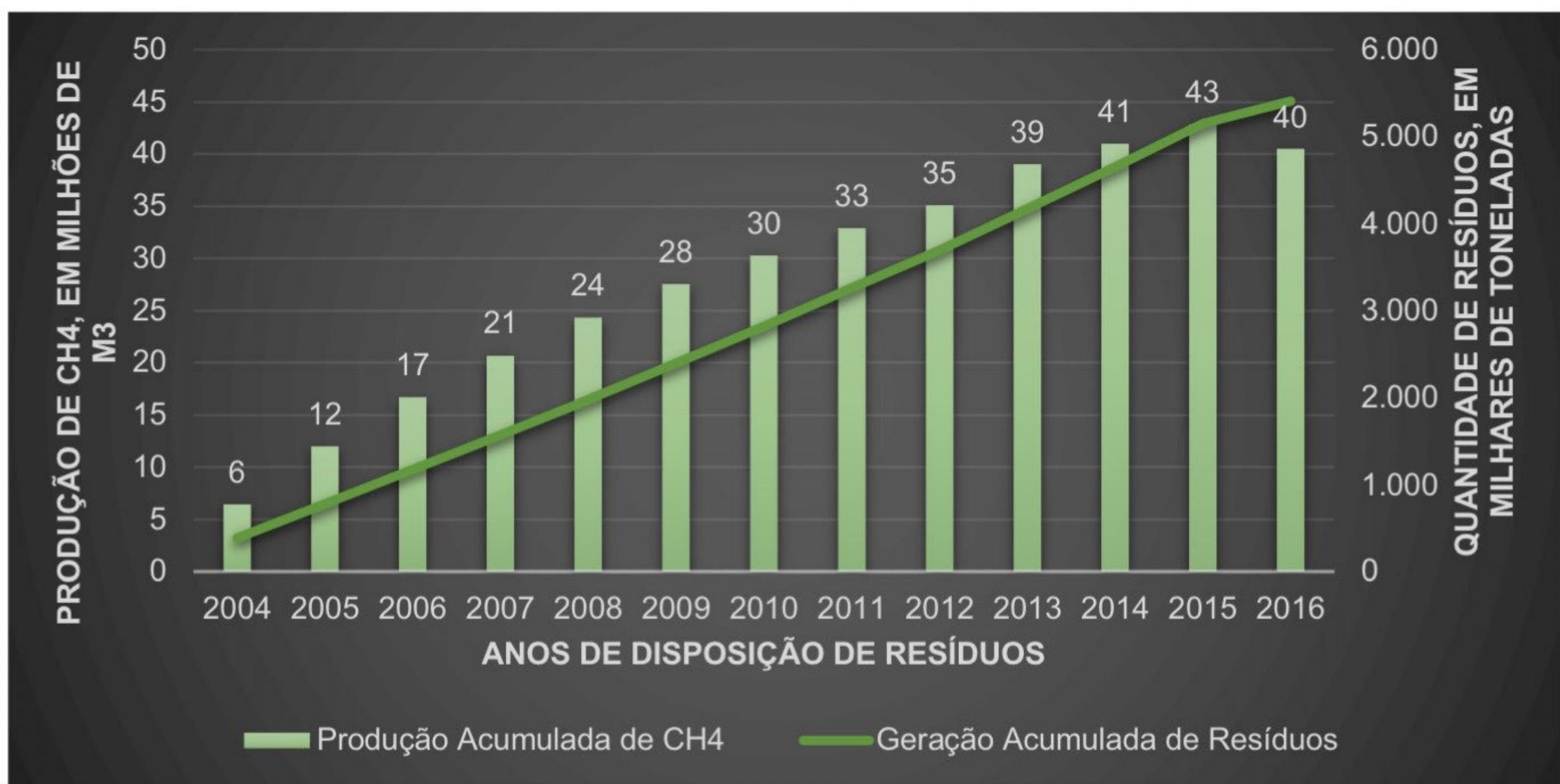


Figura 11: Estimativas da produção de biogás de metano acumulada para a disposição de resíduos desde 2004 no Aterro de Goiânia.

Tabela 9: Resultados das estimativas de produção de biogás de metano no aterro controlado de Goiânia, considerando o acumulado de resíduos desde 2004 até o ano corrente.

ANO DA DEPOSIÇÃO	ANOS PARA PRODUÇÃO ACUMULADA DE BIOGÁS DE METANO.								
	QUANTIDADE (T)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2004	386.222,68	6.460.822,10	5.450.768,29	4.598.621,43	3.879.695,11	3.273.162,26	2.761.451,84	2.329.739,76	0,00
2005	392.018,81	0,00	6.557.781,10	5.532.569,19	4.667.633,97	3.937.918,56	3.322.283,34	2.802.893,56	0,00
2006	392.237,52	0,00	0,00	6.561.439,73	5.535.655,85	4.670.238,07	3.940.115,55	3.324.136,86	0,00
2007	396.217,65	0,00	0,00	0,00	6.628.020,26	5.591.827,50	4.717.628,12	3.980.096,86	0,00
2008	409.530,41	0,00	0,00	0,00	0,00	6.850.719,18	5.779.710,74	4.876.138,60	0,00
2009	420.815,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7.039.504,13	5.938.981,96	0,00
2010	421.483,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7.050.678,75
2011	440.291,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2012	439.173,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	473.338,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	481.681,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	495.527,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	259.250,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

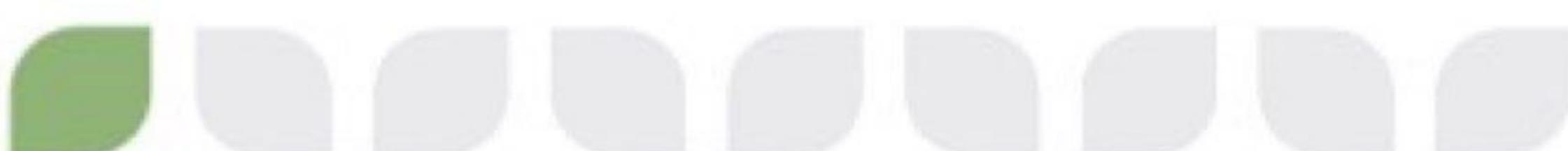


Tabela 10: Continuação dos resultados das estimativas de produção de biogás de metano no aterro controlado de Goiânia, considerando o acumulado de resíduos desde 2004 até o ano corrente.

ANO DA DEPOSIÇÃO	ANOS PARA PRODUÇÃO ACUMULADA DE BIOGÁS DE METANO.						
	QUANTIDADE (T)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2004	386.222,68	1.965.519,47	1.658.239,62	1.398.998,42	1.180.285,75	995.765,56	840.092,37
2005	392.018,81	2.364.702,68	1.995.016,46	1.683.125,19	1.419.993,51	1.197.998,56	1.010.709,24
2006	392.237,52	2.804.457,32	2.366.021,97	1.996.129,49	1.684.064,22	1.420.785,73	1.198.666,93
2007	396.217,65	3.357.867,69	2.832.914,83	2.390.030,57	2.016.384,70	1.701.152,83	1.435.202,79
2008	409.530,41	4.113.826,58	3.470.690,75	2.928.099,67	2.470.334,67	2.084.134,45	1.758.310,91
2009	420.815,82	5.010.510,12	4.227.191,10	3.566.332,41	3.008.789,18	2.538.409,57	2.141.566,84
2010	421.483,83	5.948.409,59	5.018.463,89	4.233.901,42	3.571.993,66	3.013.565,38	2.542.439,08
2011	440.291,73	7.365.301,64	6.213.845,86	5.242.403,13	4.422.831,07	3.731.386,97	3.148.039,90
2012	439.173,84	0,00	7.346.601,32	6.198.069,05	5.229.092,79	4.411.601,61	3.721.913,06
2013	473.338,80	0,00	0,00	9.385.386,82	7.918.120,65	6.680.239,81	5.635.883,29
2014	481.681,24	0,00	0,00	0,00	8.057.674,91	6.797.976,83	5.735.213,87
2015	495.527,91	0,00	0,00	0,00	0,00	8.289.305,20	6.993.395,15
2016	259.250,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.336.802,01



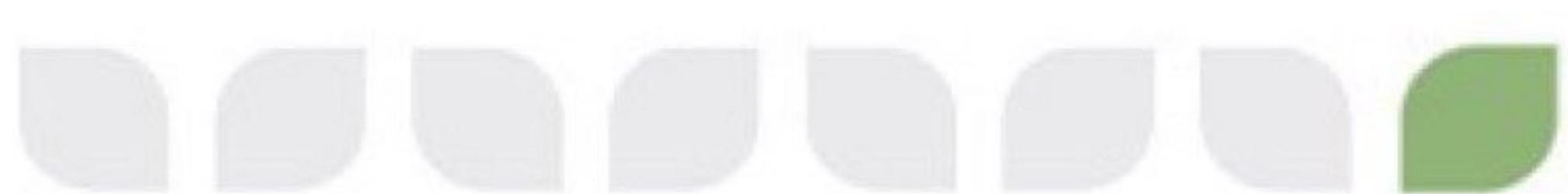


DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES

Segundo as informações avaliadas e levantadas a partir de observação em campo, é possível afirmar que o Aterro de Goiânia não configura a operação de um aterro sanitário, devido a falhas na identificação de todos os pontos de saída do biogás, da precariedade da coleta e tratamento de chorume, e da utilização inapropriada da área de expansão, apontados como fatores principais para a alegação.

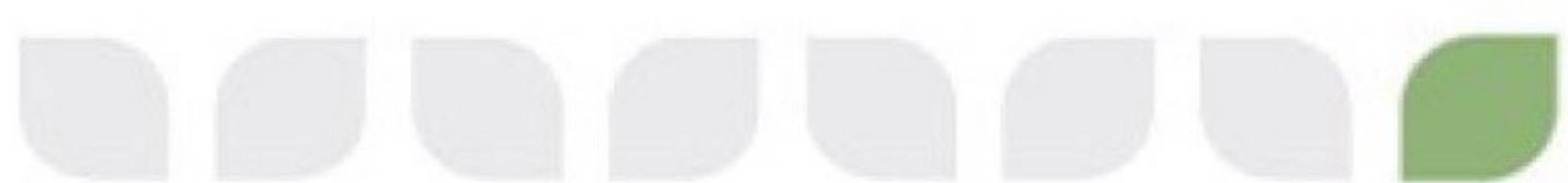
As quantificações para produção de biogás de metano são significativas, da ordem de 40 milhões de metros cúbicos/ano, considerando a gestão inapropriada do local. Funcionado como aterro sanitário com as devidas adequações, estes valores poderiam subir em torno de 10 milhões de metros cúbicos, por ano.

São diversos os potenciais usos do biogás, cujo maior detalhamento será apresentado no próximo produto, estudo de viabilidade técnica desta aplicação. Sendo assim, entende-se necessária a adequação do aterro para operação como aterro sanitário propriamente dito, a fim de melhor aproveitar as oportunidades de geração de renda e redução de impactos ambientais e sociais relacionados.





ANEXOS





ANEXO I

RESULTADOS INDIVIDUAIS POR PONTO DOS ENSAIOS LABORATORIAIS REALIZADOS PELA ACS PARA DEFINIÇÃO DE COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS.

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

ENTRADA	25/08/2016	ORIGEM DA AMOSTRA	Aterro Sanitário Goiânia
CLIENTE	Embrasca	DATA DA AMOSTRAGEM	25/08/2016
AMOSTRA	BIOGÁS	RESPONSÁVEL AMOSTRAGEM	ACS LABORATORIO
CADASTRO	46029	PONTO DE AMOSTRAGEM	Ponto de estudo 2

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE BIO

	COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Metano		52,14	%
Oxigênio		0,69	%
Nitrogênio		1,68	%
Dióxido de Carbono, Água e outros gases		45,49	%

OBSERVAÇÕES

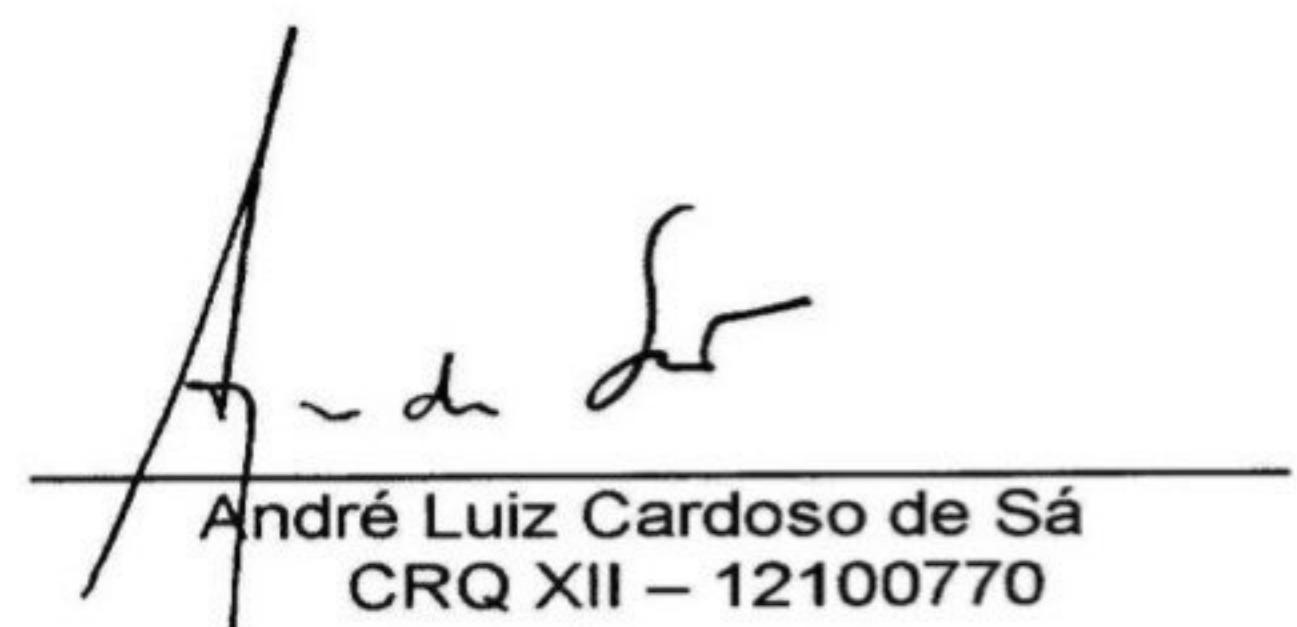
A amostra foi coletada em uma profundidade de aproximadamente 0,5 metro, com a ajuda de uma bomba manual e uma bolsa coletora de gases.

METODOLOGIA ANALÍTICA

Determinação do Teor de Biogás

A metodologia analítica utilizada foi a cromatografia gasosa com detector de condutividade térmica. e ionização em chama Cromatógrafo a gás PerkinElmer AutoSystem, acoplado a sistema de aquisição de dados CSW Dataapex, coluna Porapack N, peneira molecular 13X.

Padrão analítico fornecido pela Air Liquide.



André Luiz Cardoso de Sá
CRQ XII – 12100770

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

ENTRADA	25/08/2016	ORIGEM DA AMOSTRA	Aterro Sanitário Goiânia
CLIENTE	Embrasca	DATA DA AMOSTRAGEM	25/08/2016
AMOSTRA	BIOGÁS	RESPONSÁVEL AMOSTRAGEM	ACS LABORATORIO
CADASTRO	46030	PONTO DE AMOSTRAGEM	Ponto de estudo 3

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE BIO

	COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Metano		47,28	%
Oxigênio		3,00	%
Nitrogênio		11,13	%
Dióxido de Carbono, Água e outros gases		38,59	%

OBSERVAÇÕES

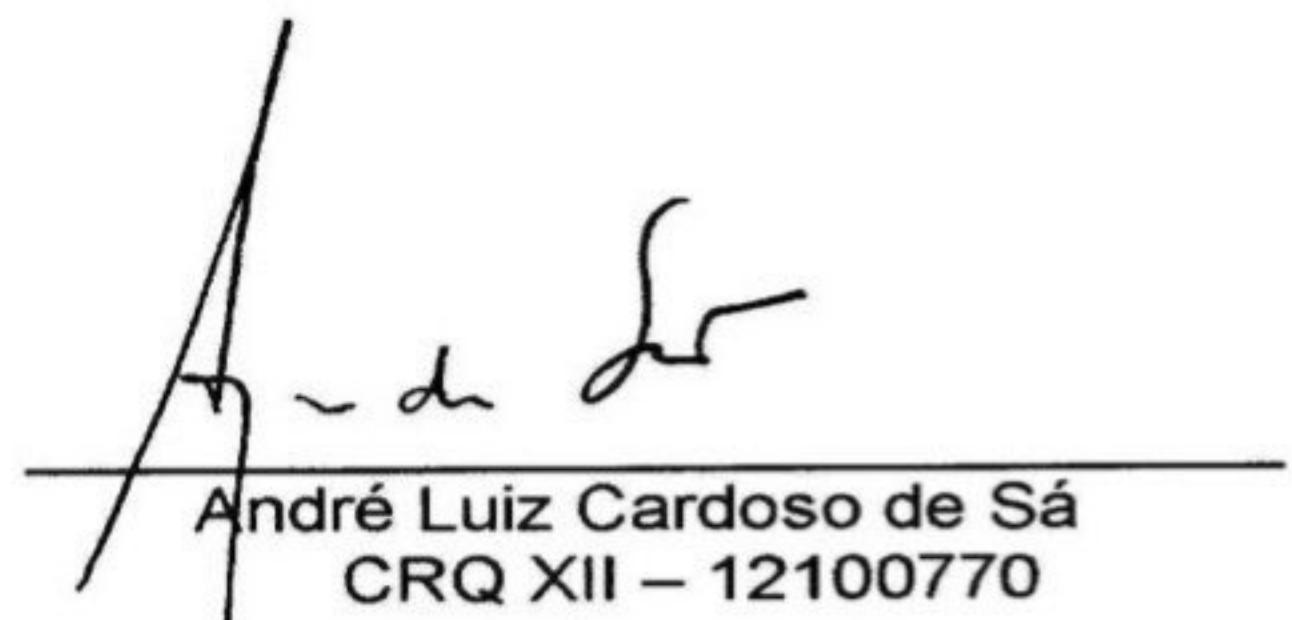
A amostra foi coletada em uma profundidade de aproximadamente 0,5 metro, com a ajuda de uma bomba manual e uma bolsa coletora de gases.

METODOLOGIA ANALÍTICA

Determinação do Teor de Biogás

A metodologia analítica utilizada foi a cromatografia gasosa com detector de condutividade térmica. e ionização em chama Cromatógrafo a gás PerkinElmer AutoSystem, acoplado a sistema de aquisição de dados CSW Dataapex, coluna Porapack N, peneira molecular 13X.

Padrão analítico fornecido pela Air Liquide.



André Luiz Cardoso de Sá
CRQ XII – 12100770

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

ENTRADA	25/08/2016	ORIGEM DA AMOSTRA	Aterro Sanitário Goiânia
CLIENTE	Embrasca	DATA DA AMOSTRAGEM	25/08/2016
AMOSTRA	BIOGÁS	RESPONSÁVEL AMOSTRAGEM	ACS LABORATORIO
CADASTRO	46031	PONTO DE AMOSTRAGEM	Ponto de estudo 4

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE BIO

	COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Metano		33,03	%
Oxigênio		9,00	%
Nitrogênio		34,59	%
Dióxido de Carbono, Água e outros gases		23,38	%

OBSERVAÇÕES

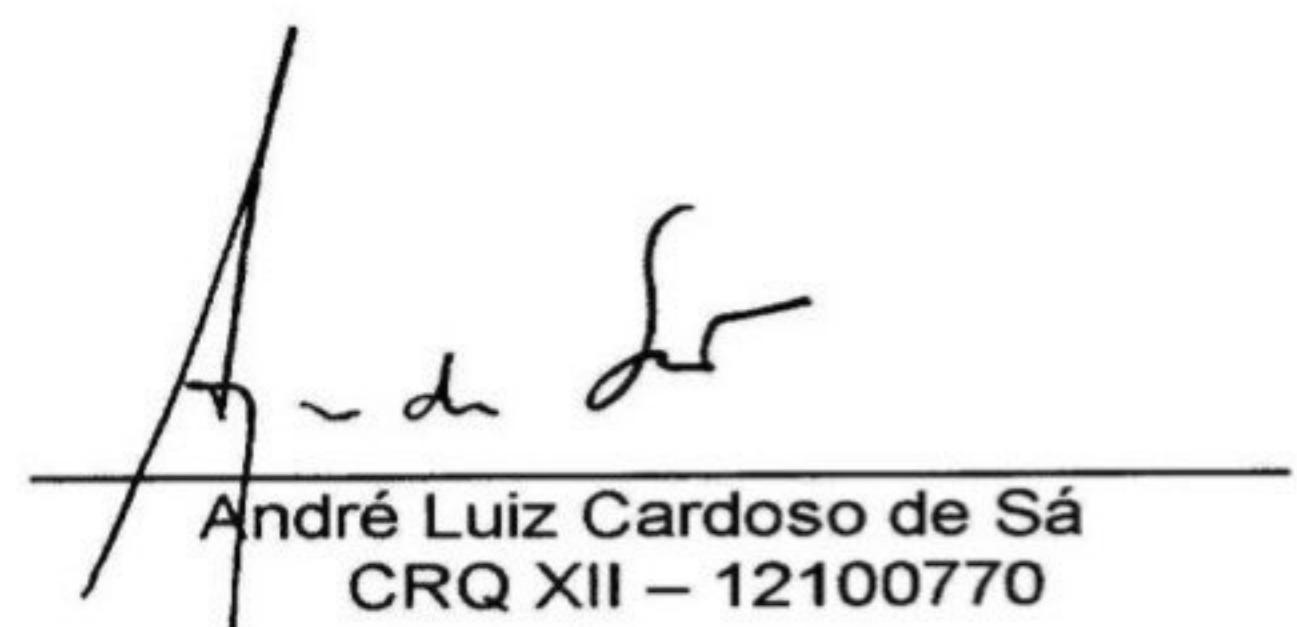
A amostra foi coletada em uma profundidade de aproximadamente 0,5 metro, com a ajuda de uma bomba manual e uma bolsa coletora de gases.

METODOLOGIA ANALÍTICA

Determinação do Teor de Biogás

A metodologia analítica utilizada foi a cromatografia gasosa com detector de condutividade térmica. e ionização em chama Cromatógrafo a gás PerkinElmer AutoSystem, acoplado a sistema de aquisição de dados CSW Dataapex, coluna Porapack N, peneira molecular 13X.

Padrão analítico fornecido pela Air Liquide.



André Luiz Cardoso de Sá
CRQ XII – 12100770

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

ENTRADA	25/08/2016	ORIGEM DA AMOSTRA	Aterro Sanitário Goiânia
CLIENTE	Embrasca	DATA DA AMOSTRAGEM	25/08/2016
AMOSTRA	BIOGÁS	RESPONSÁVEL AMOSTRAGEM	ACS LABORATORIO
CADASTRO	46032	PONTO DE AMOSTRAGEM	Ponto de estudo 5

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE BIO

	COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Metano		29,28	%
Oxigênio		8,61	%
Nitrogênio		41,82	%
Dióxido de Carbono, Água e outros gases		20,29	%

OBSERVAÇÕES

A amostra foi coletada em uma profundidade de aproximadamente 0,5 metro, com a ajuda de uma bomba manual e uma bolsa coletora de gases.

METODOLOGIA ANALÍTICA

Determinação do Teor de Biogás

A metodologia analítica utilizada foi a cromatografia gasosa com detector de condutividade térmica. e ionização em chama Cromatógrafo a gás PerkinElmer AutoSystem, acoplado a sistema de aquisição de dados CSW Dataapex, coluna Porapack N, peneira molecular 13X.

Padrão analítico fornecido pela Air Liquide.



André Luiz Cardoso de Sá
CRQ XII – 12100770

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

ENTRADA	25/08/2016	ORIGEM DA AMOSTRA	Aterro Sanitário Goiânia
CLIENTE	Embrasca	DATA DA AMOSTRAGEM	25/08/2016
AMOSTRA	BIOGÁS	RESPONSÁVEL AMOSTRAGEM	ACS LABORATORIO
CADASTRO	46033	PONTO DE AMOSTRAGEM	Ponto de estudo 6

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE BIO

	COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Metano		47,34	%
Oxigênio		2,55	%
Nitrogênio		8,88	%
Dióxido de Carbono, Água e outros gases		41,23	%

OBSERVAÇÕES

A amostra foi coletada em uma profundidade de aproximadamente 0,5 metro, com a ajuda de uma bomba manual e uma bolsa coletora de gases.

METODOLOGIA ANALÍTICA

Determinação do Teor de Biogás

A metodologia analítica utilizada foi a cromatografia gasosa com detector de condutividade térmica. e ionização em chama Cromatógrafo a gás PerkinElmer AutoSystem, acoplado a sistema de aquisição de dados CSW Dataapex, coluna Porapack N, peneira molecular 13X.

Padrão analítico fornecido pela Air Liquide.



André Luiz Cardoso de Sá
CRQ XII – 12100770

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

ENTRADA	25/08/2016	ORIGEM DA AMOSTRA	Aterro Sanitário Goiânia
CLIENTE	Embrasca	DATA DA AMOSTRAGEM	25/08/2016
AMOSTRA	BIOGÁS	RESPONSÁVEL AMOSTRAGEM	ACS LABORATORIO
CADASTRO	46034	PONTO DE AMOSTRAGEM	Ponto de estudo 7

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE BIO

	COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Metano		51,39	%
Oxigênio		0,99	%
Nitrogênio		3,24	%
Dióxido de Carbono, Água e outros gases		44,38	%

OBSERVAÇÕES

A amostra foi coletada em uma profundidade de aproximadamente 0,5 metro, com a ajuda de uma bomba manual e uma bolsa coletora de gases.

METODOLOGIA ANALÍTICA

Determinação do Teor de Biogás

A metodologia analítica utilizada foi a cromatografia gasosa com detector de condutividade térmica. e ionização em chama Cromatógrafo a gás PerkinElmer AutoSystem, acoplado a sistema de aquisição de dados CSW Dataapex, coluna Porapack N, peneira molecular 13X.

Padrão analítico fornecido pela Air Liquide.



André Luiz Cardoso de Sá
CRQ XII – 12100770

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

ENTRADA	25/08/2016	ORIGEM DA AMOSTRA	Aterro Sanitário Goiânia
CLIENTE	Embrasca	DATA DA AMOSTRAGEM	25/08/2016
AMOSTRA	BIOGÁS	RESPONSÁVEL AMOSTRAGEM	ACS LABORATORIO
CADASTRO	46035	PONTO DE AMOSTRAGEM	Ponto de estudo 8

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE BIO

	COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Metano		46,26	%
Oxigênio		1,29	%
Nitrogênio		12,72	%
Dióxido de Carbono, Água e outros gases		39,73	%

OBSERVAÇÕES

A amostra foi coletada em uma profundidade de aproximadamente 0,5 metro, com a ajuda de uma bomba manual e uma bolsa coletora de gases.

METODOLOGIA ANALÍTICA

Determinação do Teor de Biogás

A metodologia analítica utilizada foi a cromatografia gasosa com detector de condutividade térmica. e ionização em chama Cromatógrafo a gás PerkinElmer AutoSystem, acoplado a sistema de aquisição de dados CSW Dataapex, coluna Porapack N, peneira molecular 13X.

Padrão analítico fornecido pela Air Liquide.



André Luiz Cardoso de Sá
CRQ XII – 12100770

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

ENTRADA	25/08/2016	ORIGEM DA AMOSTRA	Aterro Sanitário Goiânia
CLIENTE	Embrasca	DATA DA AMOSTRAGEM	25/08/2016
AMOSTRA	BIOGÁS	RESPONSÁVEL AMOSTRAGEM	ACS LABORATORIO
CADASTRO	46036	PONTO DE AMOSTRAGEM	Ponto de estudo 9

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE BIO

	COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Metano		37,56	%
Oxigênio		6,60	%
Nitrogênio		27,51	%
Dióxido de Carbono, Água e outros gases		28,33	%

OBSERVAÇÕES

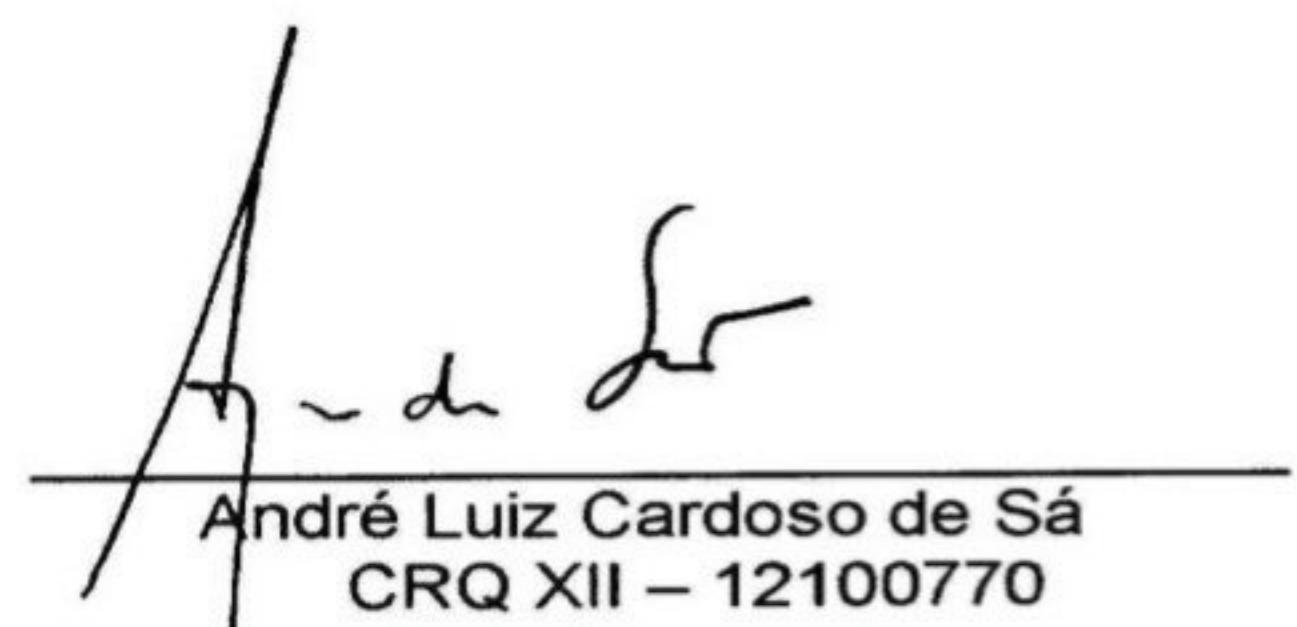
A amostra foi coletada em uma profundidade de aproximadamente 0,5 metro, com a ajuda de uma bomba manual e uma bolsa coletora de gases.

METODOLOGIA ANALÍTICA

Determinação do Teor de Biogás

A metodologia analítica utilizada foi a cromatografia gasosa com detector de condutividade térmica. e ionização em chama Cromatógrafo a gás PerkinElmer AutoSystem, acoplado a sistema de aquisição de dados CSW Dataapex, coluna Porapack N, peneira molecular 13X.

Padrão analítico fornecido pela Air Liquide.



André Luiz Cardoso de Sá
CRQ XII – 12100770

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

ENTRADA	25/08/2016	ORIGEM DA AMOSTRA	Aterro Sanitário Goiânia
CLIENTE	Embrasca	DATA DA AMOSTRAGEM	25/08/2016
AMOSTRA	BIOGÁS	RESPONSÁVEL AMOSTRAGEM	ACS LABORATORIO
CADASTRO	46028	PONTO DE AMOSTRAGEM	Ponto de estudo 1

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE BIO

	COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Metano		47,46	%
Oxigênio		2,34	%
Nitrogênio		8,16	%
Dióxido de Carbono, Água e outros gases		42,04	%

OBSERVAÇÕES

A amostra foi coletada em uma profundidade de aproximadamente 0,5 metro, com a ajuda de uma bomba manual e uma bolsa coletora de gases.

METODOLOGIA ANALÍTICA

Determinação do Teor de Biogás

A metodologia analítica utilizada foi a cromatografia gasosa com detector de condutividade térmica. e ionização em chama Cromatógrafo a gás PerkinElmer AutoSystem, acoplado a sistema de aquisição de dados CSW Dataapex, coluna Porapack N, peneira molecular 13X.

Padrão analítico fornecido pela Air Liquide.



André Luiz Cardoso de Sá
CRQ XII – 12100770

METHOD 25C - DETERMINATION OF NONMETHANE ORGANIC COMPOUNDS (NMOC) IN LANDFILL GASES

NOTE: This method does not include all of the specifications (e.g., equipment and supplies) and procedures (e.g., sampling and analytical) essential to its performance. Some material is incorporated by reference from other methods in this part. Therefore, to obtain reliable results, persons using this method should also have a thorough knowledge of EPA Method 25.

1.0 Scope and Application.

1.1 Analytes.

Analyte	CAS No.
Nonmethane organic compounds (NMOC)	No CAS number assigned

1.2 Applicability. This method is applicable to the sampling and measurement of NMOC as carbon in landfill gases (LFG).

1.3 Data Quality Objectives. Adherence to the requirements of this method will enhance the quality of the data obtained from air pollutant sampling methods.

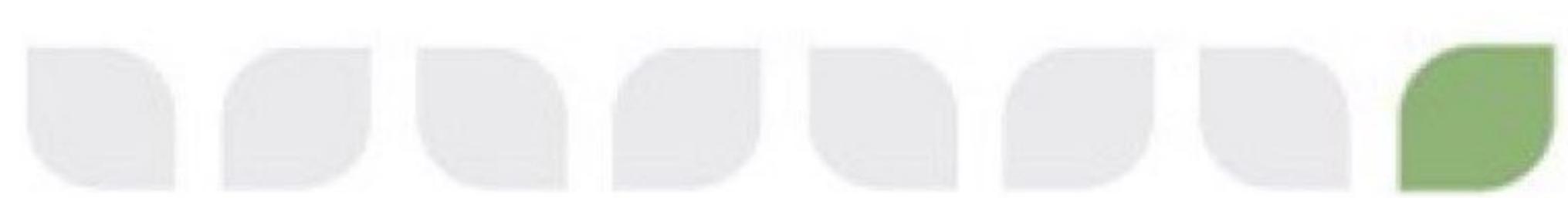
2.0 Summary of Method.

2.1 A sample probe that has been perforated at one end is driven or augured to a depth of 0.9 m (3 ft) below the bottom of the landfill cover. A sample of the landfill gas



ANEXO II

METODOLOGIA PARA COLETA DE BIOGÁS EM QUEIMADORES DE ATERRO



is extracted with an evacuated cylinder. The NMOC content of the gas is determined by injecting a portion of the gas into a gas chromatographic column to separate the NMOC from carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), and methane (CH₄); the NMOC are oxidized to CO₂, reduced to CH₄, and measured by a flame ionization detector (FID). In this manner, the variable response of the FID associated with different types of organics is eliminated.

3.0 Definitions. [Reserved]

4.0 Interferences. [Reserved]

5.0 Safety.

5.1 Since this method is complex, only experienced personnel should perform this test. LFG contains methane, therefore explosive mixtures may exist on or near the landfill. It is advisable to take appropriate safety precautions when testing landfills, such as refraining from smoking and installing explosion-proof equipment.

6.0 Equipment and Supplies.

6.1 Sample Probe. Stainless steel, with the bottom third perforated. The sample probe must be capped at the bottom and must have a threaded cap with a sampling attachment at the top. The sample probe must be long enough to go through and extend no less than 0.9 m (3 ft) below the landfill cover. If the sample probe is to be driven into

the landfill, the bottom cap should be designed to facilitate driving the probe into the landfill.

6.2 Sampling Train.

6.2.1 Rotameter with Flow Control Valve. Capable of measuring a sample flow rate of 100 ± 10 ml/min. The control valve must be made of stainless steel.

6.2.2 Sampling Valve. Stainless steel.

6.2.3 Pressure Gauge. U-tube mercury manometer, or equivalent, capable of measuring pressure to within 1 mm Hg (0.5 in H₂O) in the range of 0 to 1,100 mm Hg (0 to 590 in H₂O).

6.2.4 Sample Tank. Stainless steel or aluminum cylinder, equipped with a stainless steel sample tank valve.

6.3 Vacuum Pump. Capable of evacuating to an absolute pressure of 10 mm Hg (5.4 in H₂O).

6.4 Purging Pump. Portable, explosion proof, and suitable for sampling NMOC.

6.5 Pilot Probe Procedure. The following are needed only if the tester chooses to use the procedure described in Section 8.2.1.

6.5.1 Pilot Probe. Tubing of sufficient strength to withstand being driven into the landfill by a post driver and an outside diameter of at least 6 mm (0.25 in.) smaller than the sample probe. The pilot probe shall be capped on

both ends and long enough to go through the landfill cover and extend no less than 0.9 m (3 ft) into the landfill.

6.5.2 Post Driver and Compressor. Capable of driving the pilot probe and the sampling probe into the landfill. The Kitty Hawk portable post driver has been found to be acceptable.

6.6 Auger Procedure. The following are needed only if the tester chooses to use the procedure described in Section 8.2.2.

6.6.1 Auger. Capable of drilling through the landfill cover and to a depth of no less than 0.9 m (3 ft) into the landfill.

6.6.2 Pea Gravel.

6.6.3 Bentonite.

6.7 NMOC Analyzer, Barometer, Thermometer, and Syringes. Same as in Sections 6.3.1, 6.3.2, 6.33, and 6.2.10, respectively, of Method 25.

7.0 Reagents and Standards.

7.1 NMOC Analysis. Same as in Method 25, Section 7.2.

7.2 Calibration. Same as in Method 25, Section 7.4, except omit Section 7.4.3.

7.3 Quality Assurance Audit Samples.

7.3.1 It is recommended, but not required, that a performance audit sample be analyzed in conjunction with the

field samples. The audit sample should be in a suitable sample matrix at a concentration similar to the actual field samples.

7.3.2 When making compliance determinations, and upon availability, audit samples may be obtained from the appropriate EPA Regional Office or from the responsible enforcement authority and analyzed in conjunction with the field samples.

NOTE: The responsible enforcement authority should be notified at least 30 days prior to the test date to allow sufficient time for sample delivery.

8.0 Sample Collection, Preservation, Storage, and Transport.

8.1 Sample Tank Evacuation and Leak-Check. Conduct the sample tank evacuation and leak-check either in the laboratory or the field. Connect the pressure gauge and sampling valve to the sample tank. Evacuate the sample tank to 10 mm Hg (5.4 in H₂O) absolute pressure or less. Close the sampling valve, and allow the tank to sit for 30 minutes. The tank is acceptable if no change more than ± 2 mm is noted. Include the results of the leak-check in the test report.

8.2 Sample Probe Installation. The tester may use the procedure in Section 8.2.1 or 8.2.2.

8.2.1 Pilot Probe Procedure. Use the post driver to drive the pilot probe at least 0.9 m (3 ft) below the landfill cover. Alternative procedures to drive the probe into the landfill may be used subject to the approval of the Administrator's designated representative.

8.2.1.1 Remove the pilot probe and drive the sample probe into the hole left by the pilot probe. The sample probe shall extend at least 0.9 m (3 ft) below the landfill cover and shall protrude about 0.3 m (1 ft) above the landfill cover. Seal around the sampling probe with bentonite and cap the sampling probe with the sampling probe cap.

8.2.2 Auger Procedure. Use an auger to drill a hole to at least 0.9 m (3 ft) below the landfill cover. Place the sample probe in the hole and backfill with pea gravel to a level 0.6 m (2 ft) from the surface. The sample probe shall protrude at least 0.3 m (1 ft) above the landfill cover. Seal the remaining area around the probe with bentonite. Allow 24 hours for the landfill gases to equilibrate inside the augured probe before sampling.

8.3 Sample Train Assembly. Just before assembling the sample train, measure the sample tank vacuum using the pressure gauge. Record the vacuum, the ambient temperature, and the barometric pressure at this time. Assemble the sampling probe purging system as shown in Figure 25C-1.

8.4 Sampling Procedure. Open the sampling valve and use the purge pump and the flow control valve to evacuate at least two sample probe volumes from the system at a flow rate of 500 ml/min or less. Close the sampling valve and replace the purge pump with the sample tank apparatus as shown in Figure 25C-2. Open the sampling valve and the sample tank valve and, using the flow control valve, sample at a flow rate of 500 ml/min or less until either a constant flow rate can no longer be maintained because of reduced sample tank vacuum or the appropriate composite volume is attained. Disconnect the sampling tank apparatus and pressurize the sample cylinder to approximately 1,060 mm Hg (567 in. H₂O) absolute pressure with helium, and record the final pressure. Alternatively, the sample tank may be pressurized in the lab.

8.4.1 The following restrictions apply to compositing samples from different probe sites into a single cylinder:

- (1) individual composite samples per cylinder must be of equal volume; this must be verified by recording the flow rate, sampling time, vacuum readings, or other appropriate volume measuring data,
- (2) individual composite samples must have a minimum volume of 1 liter unless data is provided showing smaller volumes can be accurately measured, and
- (3) composite samples must not be collected using the final cylinder vacuum as it diminishes to ambient pressure.

8.4.2 Use Method 3C to determine the percent N₂ in each cylinder. The presence of N₂ indicates either infiltration of ambient air into the landfill gas sample or an inappropriate testing site has been chosen where anaerobic decomposition has not begun. The landfill gas sample is acceptable if the concentration of N₂ is less than 20 percent. Alternatively, Method 3C may be used to determine the oxygen content of each cylinder as an air infiltration test. With this option, the oxygen content of each cylinder must be less than 5 percent.

9.0 Quality Control.

9.1 Miscellaneous Quality Control Measures.

Section	Quality Control Measure	Effect
8.4.1	Verify that landfill gas sample contains less than 20 percent N ₂ or 5 percent O ₂	Ensures that ambient air was not drawn into the landfill gas sample.
10.1, 10.2	NMOC analyzer initial and daily performance checks	Ensures precision of analytical results
11.1.4	Audit Sample Analyses	Evaluate analytical technique and instrument calibration

10.0 Calibration and Standardization.

NOTE: Maintain a record of performance of each item.

10.1 Initial NMOC Analyzer Performance Test. Same as in Method 25, Section 10.1, except omit the linearity checks for CO₂ standards.

10.2 NMOC Analyzer Daily Calibration.

10.2.1 NMOC Response Factors. Same as in Method 25, Section 10.2.2.

10.3 Sample Tank Volume. The volume of the gas sampling tanks must be determined. Determine the tank volumes by weighing them empty and then filled with deionized water; weigh to the nearest 5 g, and record the results. Alternatively, measure the volume of water used to fill them to the nearest 5 ml.

11.0 Analytical Procedures.

11.1 The oxidation, reduction, and measurement of NMOC's is similar to Method 25. Before putting the NMOC analyzer into routine operation, conduct an initial performance test. Start the analyzer, and perform all the necessary functions in order to put the analyzer into proper working order. Conduct the performance test according to the procedures established in Section 10.1. Once the performance test has been successfully completed and the NMOC calibration response factor has been determined, proceed with sample analysis as follows:

11.1.1 Daily Operations and Calibration Checks.

Before and immediately after the analysis of each set of samples or on a daily basis (whichever occurs first), conduct a calibration test according to the procedures established in Section 10.2. If the criteria of the daily calibration test cannot be met, repeat the NMOC analyzer performance test (Section 10.1) before proceeding.

11.1.2 Operating Conditions. Same as in Method 25, Section 11.2.1.

11.1.3 Analysis of Sample Tank. Purge the sample loop with sample, and then inject the sample. Under the specified operating conditions, the CO₂ in the sample will elute in approximately 100 seconds. As soon as the detector response returns to baseline following the CO₂ peak, switch the carrier gas flow to backflush, and raise the column oven temperature to 195°C (383°F) as rapidly as possible. A rate of 30°C/min (54°F/min) has been shown to be adequate. Record the value obtained for any measured NMOC. Return the column oven temperature to 85°C (185°F) in preparation for the next analysis. Analyze each sample in triplicate, and report the average as C_{tm}.

11.2 Audit Sample Analysis. When the method is used to analyze samples to demonstrate compliance with a source emission regulation, an audit sample, if available, must be analyzed.

11.2.1 Concurrently analyze the audit sample and the compliance samples in the same manner to evaluate the technique of the analyst and the standards preparation.

11.2.2 The same analyst, analytical reagents, and analytical system must be used for the compliance samples and the audit sample. If this condition is met, duplicate auditing of subsequent compliance analyses for the same enforcement agency within a 30-day period is waived. An audit sample set may not be used to validate different sets of compliance samples under the jurisdiction of separate enforcement agencies, unless prior arrangements have been made with both enforcement agencies.

11.3 Audit Sample Results.

11.3.1 Calculate the audit sample concentrations and submit results using the instructions provided with the audit samples.

11.3.2 Report the results of the audit samples and the compliance determination samples along with their identification numbers, and the analyst's name to the responsible enforcement authority. Include this information with reports of any subsequent compliance analyses for the same enforcement authority during the 30-day period.

11.3.3 The concentrations of the audit samples obtained by the analyst must agree within 20 percent of the actual concentration. If the 20-percent specification is

not met, reanalyze the compliance and audit samples, and include initial and reanalysis values in the test report.

11.3.4 Failure to meet the 20-percent specification may require retests until the audit problems are resolved. However, if the audit results do not affect the compliance or noncompliance status of the affected facility, the Administrator may waive the reanalysis requirement, further audits, or retests and accept the results of the compliance test. While steps are being taken to resolve audit analysis problems, the Administrator may also choose to use the data to determine the compliance or noncompliance status of the affected facility.

12.0 Data Analysis and Calculations.

NOTE: All equations are written using absolute pressure; absolute pressures are determined by adding the measured barometric pressure to the measured gauge or manometer pressure.

12.1 Nomenclature.

B_w = Moisture content in the sample, fraction.

C_{N_2} = Measured N_2 concentration, fraction.

C_t = Calculated NMOC concentration, ppmv C equivalent.

C_{tm} = Measured NMOC concentration, ppmv C equivalent.

P_b = Barometric pressure, mm Hg.

P_t = Gas sample tank pressure after sampling, but before pressurizing, mm Hg absolute.

P_{tf} = Final gas sample tank pressure after pressurizing, mm Hg absolute.

P_{ti} = Gas sample tank pressure after evacuation, mm Hg absolute.

P_w = Vapor pressure of H_2O (from Table 25C-1), mm Hg.

r = Total number of analyzer injections of sample tank during analysis (where j = injection number, 1...r).

T_t = Sample tank temperature at completion of sampling, °K.

T_{ti} = Sample tank temperature before sampling, °K.

T_{tf} = Sample tank temperature after pressurizing, °K.

12.2 Water Correction. Use Table 25C-1 (Section 17.0), the LFG temperature, and barometric pressure at the sampling site to calculate B_w .

$$B_w = \frac{P_w}{P_b} \quad \text{Eq. 25C-1}$$

12.3 NMOC Concentration. Use the following equation to calculate the concentration of NMOC for each sample tank.

$$C_t = \frac{\frac{P_{tf}}{T_{tf}}}{\frac{P_t - P_{ti}}{T_t - T_{ti}}} \cdot \frac{1}{(1 - \frac{99}{78}C_{N_2}) - B_w} \sum_{j=1}^r C_{tm^{(j)}} \quad \text{Eq. 25C-2}$$

13.0 *Method Performance.* [Reserved].

14.0 *Pollution Prevention.* [Reserved].

15.0 *Waste Management.* [Reserved].

16.0 *References.*

1. Salo, Albert E., Samuel Witz, and Robert D. MacPhee. Determination of Solvent Vapor Concentrations by Total Combustion Analysis: A Comparison of Infrared with Flame Ionization Detectors. Paper No. 75-33.2. (Presented at the 68th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Boston, Massachusetts. June 15-20, 1975.) 14 p.

2. Salo, Albert E., William L. Oaks, and Robert D. MacPhee. Measuring the Organic Carbon Content of Source Emissions for Air Pollution Control. Paper No. 74-190. (Presented at the 67th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Denver, Colorado. June 9-13, 1974.) 25 p.

17.0 *Tables, Diagrams, Flowcharts, and Validation Data.*

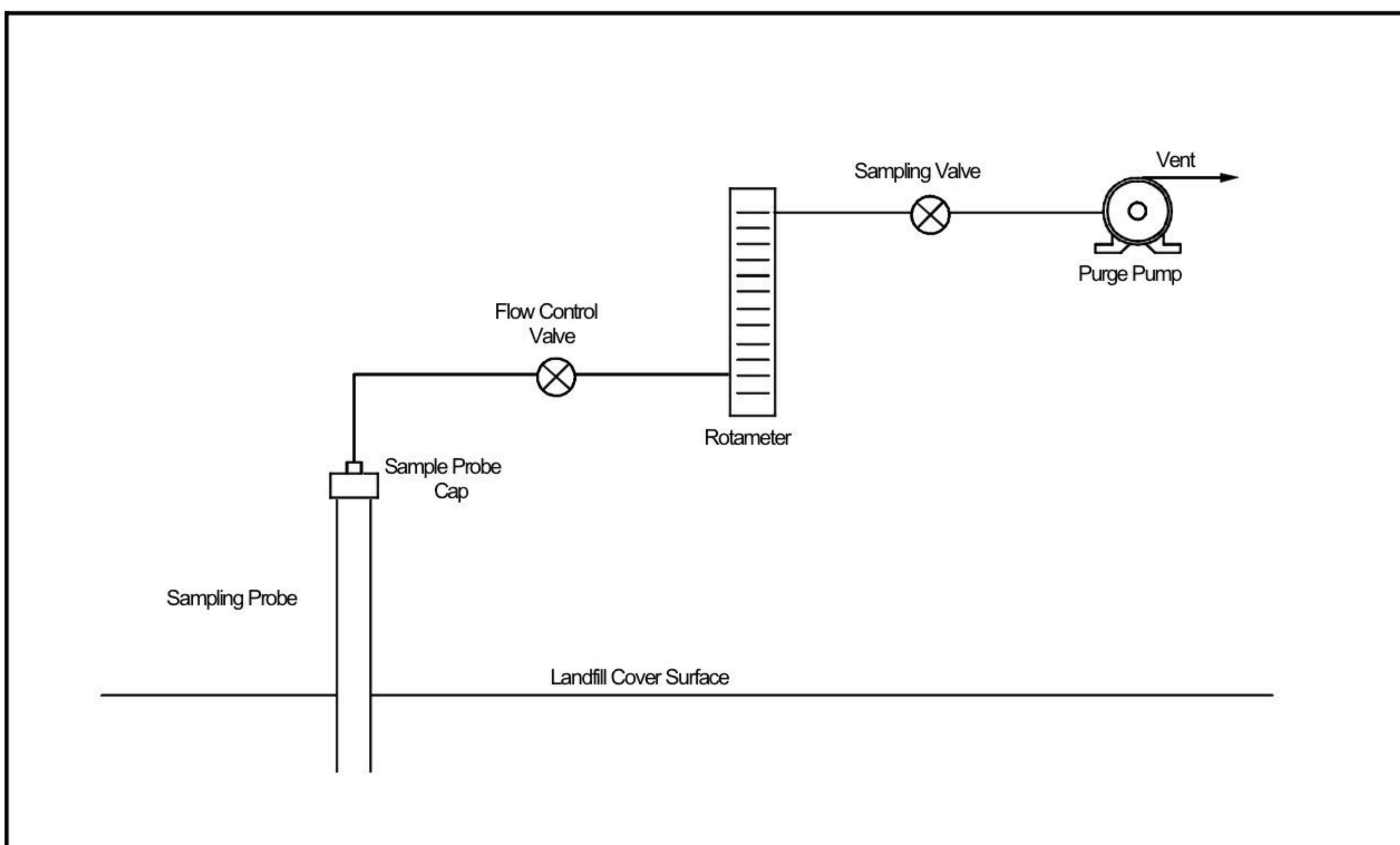


Figure 25C-1. Schematic of Sampling Probe Purging System

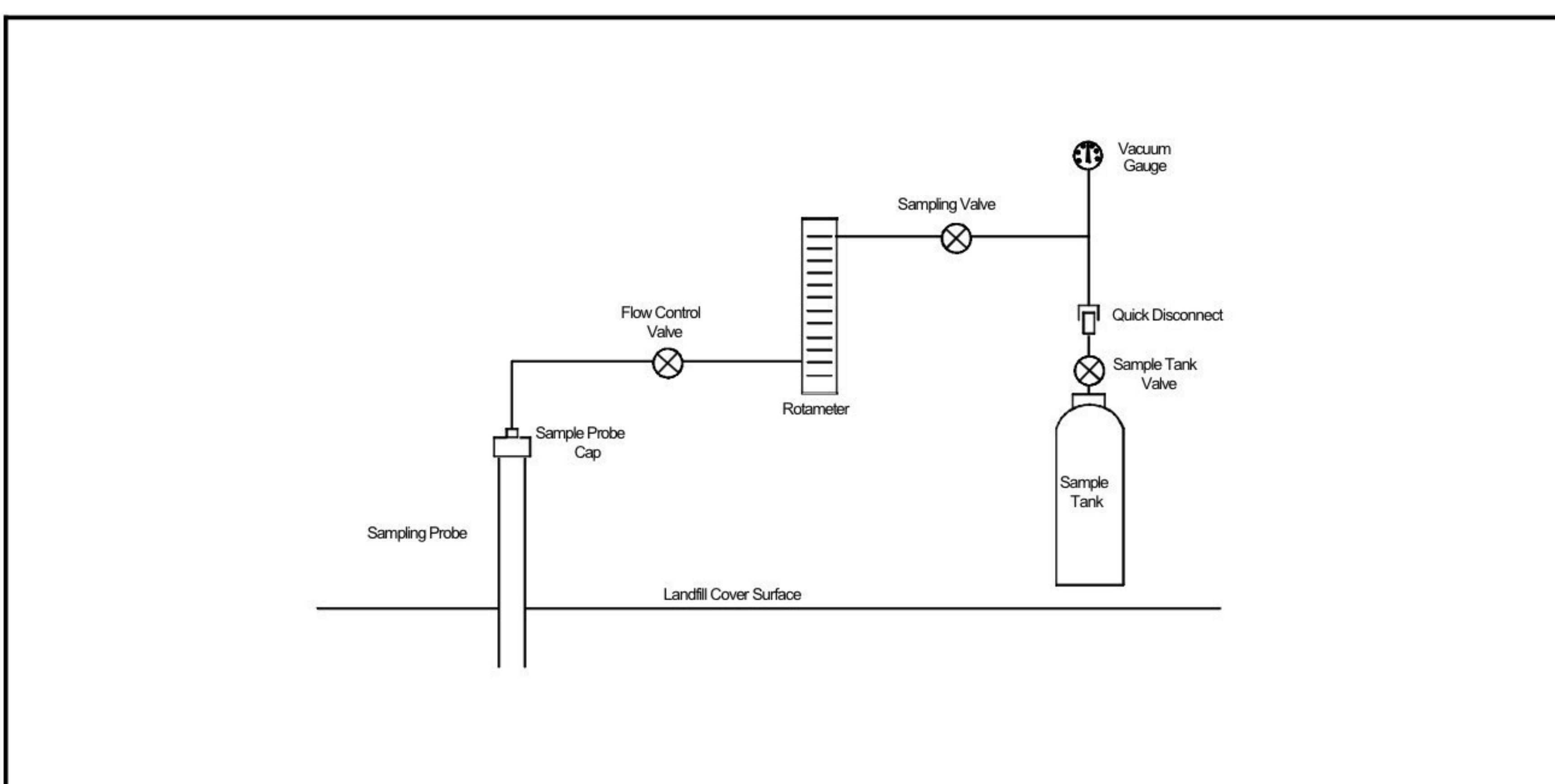


Figure 25C-2. Schematic of Sampling Train.

TABLE 25C-1. MOISTURE CORRECTION

Temperature, °C	Vapor Pressure of H ₂ O, mm Hg	Temperature, °C	Vapor Pressure of H ₂ O, mm Hg
4	6.1	18	15.5
6	7.0	20	17.5
8	8.0	22	19.8
10	9.2	24	22.4
12	10.5	26	25.2
14	12.0	28	28.3
16	13.6	30	31.8



ANEXO III

METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO LABORATORIAL DE COMPOSIÇÃO DE BIOGÁS



METHOD 3C - DETERMINATION OF CARBON DIOXIDE, METHANE, NITROGEN, AND OXYGEN FROM STATIONARY SOURCES

1. Applicability and Principle

1.1 Applicability. This method applies to the analysis of carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), nitrogen (N_2), and oxygen (O_2) in samples from municipal solid waste landfills and other sources when specified in an applicable subpart.

1.2 Principle. A portion of the sample is injected into a gas chromatograph (GC) and the CO_2 , CH_4 , N_2 , and O_2 concentrations are determined by using a thermal conductivity detector (TCD) and integrator.

2. Range and Sensitivity

2.1 Range. The range of this method depends upon the concentration of samples. The analytical range of TCD's is generally between approximately 10 ppmv and the upper percent range.

2.2 Sensitivity. The sensitivity limit for a compound is defined as the minimum detectable concentration of that compound, or the concentration that produces a signal-to-noise ratio of three to one. For CO_2 , CH_4 , N_2 , and O_2 , the sensitivity limit is in the low ppmv range.

3. Interferences

Since the TCD exhibits universal response and detects all gas components except the carrier, interferences may occur. Choosing the appropriate GC or shifting the retention times by changing the column flow rate may help to eliminate resolution interferences.

To assure consistent detector response, helium is used to prepare calibration gases. Frequent exposure to samples or carrier gas containing oxygen may gradually destroy filaments.

4. Apparatus

4.1 Gas Chromatograph. GC having at least the following components:

4.1.1 Separation Column. Appropriate column(s) to resolve CO₂, CH₄, N₂, O₂, and other gas components that may be present in the sample.

4.1.2 Sample Loop. Teflon or stainless steel tubing of the appropriate diameter. NOTE: Mention of trade names or specific products does not constitute endorsement or recommendation by the U. S. Environmental Protection Agency.

4.1.3 Conditioning System. To maintain the column and sample loop at constant temperature.

4.1.4 Thermal Conductivity Detector.

4.2 Recorder. Recorder with linear strip chart. Electronic integrator (optional) is recommended.

4.3 Teflon Tubing. Diameter and length determined by connection requirements of cylinder regulators and the GC.

4.4 Regulators. To control gas cylinder pressures and flow rates.

4.5 Adsorption Tubes. Applicable traps to remove any O₂ from the carrier gas.

5. Reagents

5.1 Calibration and Linearity Gases. Standard cylinder gas mixtures for each compound of interest with at least three concentration levels spanning the range of suspected sample concentrations. The calibration gases shall be prepared in helium.

5.2 Carrier Gas. Helium, high-purity.

6. Analysis

6.1 **Sample Collection.** Use the sample collection procedures described in Methods 3 or 25C to collect a sample of landfill gas (LFG).

6.2 **Preparation of GC.** Before putting the GC analyzer into routine operation, optimize the operational conditions according to the manufacturer's specifications to provide good resolution and minimum analysis time. Establish the appropriate carrier gas flow and set the detector sample and reference cell flow rates at exactly the same levels. Adjust the column and detector temperatures to the recommended levels. Allow sufficient time for temperature stabilization. This may typically require 1 hour for each change in temperature.

6.3 **Analyzer Linearity Check and Calibration.** Perform this test before sample analysis. Using the gas mixtures in section 5.1, verify the detector linearity over the range of suspected sample concentrations with at least three points per compound of interest. This initial check may also serve as the initial instrument calibration. All subsequent calibrations may be performed using a single-point standard gas provided the calibration point is within 20 percent of the sample component concentration. For each instrument calibration, record the carrier and detector flow rates, detector filament and block temperatures, attenuation factor, injection time, chart speed, sample loop volume, and component concentrations. Plot a linear regression of the standard concentrations versus area values to obtain the response factor of each compound. Alternatively, response factors of uncorrected component concentrations (wet basis) may be generated using instrumental integration. NOTE: Peak height may be used instead of peak area throughout this method.

6.4 **Sample Analysis.** Purge the sample loop with sample, and allow to come to

atmospheric pressure before each injection. Analyze each sample in duplicate, and calculate the average sample area (A). The results are acceptable when the peak areas for two consecutive injections agree within 5 percent of their average. If they do not agree, run additional samples until consistent area data are obtained. Determine the tank sample concentrations according to section 7.2.

7. Calculations

Carry out calculations retaining at least one extra decimal figure beyond that of the acquired data. Round off results only after the final calculation.

7.1 Nomenclature.

A = average sample area

B_W = moisture content in the sample, fraction

C = component concentration in the sample, dry basis, ppmv

C_t = calculated NMOC concentration, ppmv C equivalent

C_{tm} = measured NMOC concentration, ppmv C equivalent

P_{bar} = barometric pressure, mm Hg

P_{ti} = gas sample tank pressure after evacuation, mm Hg absolute

P_t = gas sample tank pressure after sampling, but before pressurizing, mm Hg
absolute

P_{tf} = final gas sample tank pressure after pressurizing, mm Hg absolute

P_w = vapor pressure of H₂O (from table 3C-1), mm Hg

T_{ti} = sample tank temperature before sampling, °K

T_t = sample tank temperature at completion of sampling, °K

T_{tf} = sample tank temperature after pressurizing, °K
 r = total number of analyzer injections of sample tank during analysis (where j
 = injection number, 1...r)
 R = Mean calibration response factor for specific sample component,
 area/ppmv

Table 3C-1. MOISTURE CORRECTION

Temperature, °C	Vapor Pressure of H ₂ O, mm Hg	Temperature, °C	Vapor Pressure of H ₂ O, mm Hg
4	6.1	18	15.5
6	7.0	20	17.5
8	8.0	22	19.8
10	9.2	24	22.4
12	10.5	26	25.2
14	12.0	28	28.3
16	13.6	30	31.8

7.2 Concentration of Sample Components. Calculate C for each compound using Equations 3C-1 and 3C-2. Use the temperature and barometric pressure at the sampling site to calculate B_w . If the sample was diluted with helium using the procedures in Method 25C, use Equation 3C-3 to calculate the concentration.

$$B_w = \frac{P_w}{P_{bar}} \quad 3C-1$$

$$C = \frac{A}{R(1-B_w)} \quad 3C-2$$

$$C = \left(\frac{\frac{P_{tf}}{T_{tf}}}{\frac{P_t - P_{ti}}{T_t - T_{ti}}} \right) \frac{A}{R(1-B_w)} \quad 3C-3$$

8. Bibliography

1. McNair, H.M., and E.J. Bonnelli. Basic Gas Chromatography. Consolidated Printers, Berkeley, CA. 1969.