



UNIVERSIDADE DO MINHO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E RECURSOS DO MAR

CURSO DE LICENCIATURA em ENGENHARIA EM ENERGIAS RENOVÁVEIS

RELATÓRIO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ANO LETIVO 2017/2018 – 4º ANO

Tema: Estudo de caso para estimar a produção e o potencial energético do biogás através de Resíduos sólidos Urbanos na ilha de São Vicente e no conselho da Praia-Santiago.

Autora: Marina Barros Melo, N.º 3139

Orientadora: Mestre Patrícia Rendall Rocha

Mindelo, 2018

Marina do Livramento Barros Leonor Melo

Estudo de Caso para estimar a produção e o potencial energético do biogás através de resíduos sólidos urbanos na ilha São Vicente e no conselho da Praia-Santiago

Relatório apresentado à Universidade do
Mindelo como parte integrante do Projeto
final do curso de Licenciatura em Engenharia
em Energias Renováveis

Orientadora: Mestre Patrícia Rendall Rocha

Mindelo, 2018

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus pelo dom da vida e a capacitação para chegar até aqui;

A minha família por todo apoio, suporte pelo amor e pela compreensão nesta caminhada;

Um especial obrigado a minha professora e orientadora Patrícia Rendall Rocha, pela disponibilidade, apoio, incentivo, suporte e pela paciência na elaboração do trabalho;

Aos meus amigos e colegas que se preocuparam e fizeram parte desta luta que não foi fácil;

Aos meus professores que são os grandes responsáveis por esta conquista;

A todos que de uma forma geral estiveram do meu lado durante estes anos, e que guardo com imenso carinho.

“Tudo posso naquele que me fortalece.”

Filipenses 4:13

RESUMO

Os municípios de Cabo Verde não possuem um gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos (lixos), estes são lançados em lixeira de forma inadequada e descontrolada. Além de problemas ambientais e socioeconômicos, a disposição de resíduos sólidos urbanos em lixeiras dificulta o aproveitamento do biogás gerado na decomposição desses resíduos.

Deste modo o presente trabalho visa estudar o potencial energético proveniente da lixeira municipal de São Vicente e da lixeira da cidade da Praia (Santiago) de modo a analisar e procurar meios para o tratamento e aproveitamento energético deste podendo assim, contribuir na diminuição da dependência dos combustíveis fósseis do país, além de encontrar soluções ambientalmente sustentáveis para colaborar com a matriz energética de Cabo Verde e reduzir os impactos globais provocados pela má gestão desde resíduos.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos, biogás, aproveitamento energético.

ABSTRACT

The municipalities of Cabo Verde don't have an adequate management of the municipal solid waste (garbage), that are disposed of in an improper and uncontrolled dumps. In addition to environmental and socioeconomic problems, the disposal of municipal solid waste in dumps makes difficult the exploitation of the biogas generated in the decomposition of these wastes.

The present work aims to study the potential energy that comes from the municipal dump of São Vicente and from the rubbish dump of the city of Praia (Santiago) in order to analyze and search for means for the treatment and energy utilization of the organic material, being able to contribute for the decrease of the dependence of the fossil fuels, as well as finding environmentally sustainable solutions to collaborate with Cabo Verde's energy matrix and reduce global impacts caused by poor management from waste.

Keywords: Urban solid waste, biogas, energy use.

ÍNDICE

I.	INTRODUÇÃO	13
1.1.	Justificativa	15
1.2.	Objetivos	16
1.2.1.	Objetivo Geral	16
1.2.2.	Objetivos Específicos	16
1.3.	Estrutura do trabalho	16
1.4.	Metodologia	17
II.	ESTADO DA ARTE	18
2.1.	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	18
2.1.1.	Evolução Histórica da Gestão dos RSU's	19
2.1.2.	Classificação dos Resíduos Sólidos	20
2.1.3.	Classificação dos Resíduos Sólidos Quanto aos Riscos Potenciais ao Meio Ambiente	22
2.1.4.	Classificação dos RSU's segundo a composição química	23
2.1.5.	Caracterização dos RSU	23
2.1.6.	Propriedades Químicas dos RSU's	24
2.1.7.	Características Biológicas	25
2.2.	Geração e Valorização dos RSU'S	25
2.3.	Destino e tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos	28
2.3.1.	Conceito de Aterro	28
III.	BIOGÁS	32
3.1.	Conceito	32
3.1.1.	Formação e composição do Biogás	32
3.2.	História do Biogás	33
3.2.1.	Processo Microbiológico	35
3.2.2.	Fatores que Influenciam a Composição e formação do Biogás	37
3.2.3.	Propriedades físico-químicas dos componentes do resíduo e do biogás ..	38
3.3.	Comparação do Biogás com outros Gases	41
3.4.	Alternativas para Aproveitamento do Biogás	42
3.4.1.	Formas de extração e tratamento do biogás	42
3.5.	Modelos para estimativa de produção de biogás	50
3.5.1.	Modelo USEPA	51
3.5.2.	Modelo Scholl-Canyon	52
3.5.3.	Modelo ICPP	53

3.6.	Método para medição de gases	57
3.7.	Gases emitidos para a atmosfera.....	58
3.8.	Benefícios Ambientais e Energéticos	59
3.9.	Protocolo de Kyoto	59
3.9.1.	Créditos de Carbono	60
3.10.	GESTÃO DOS RSU'S EM CABO VERDE	60
3.10.1.	Fontes de resíduos em Cabo Verde	62
3.10.2.	Políticas e estratégias da gestão de resíduos em Cabo Verde.....	65
IV.	ESTUDO DE CASO	67
4.1.	Caracterização das Áreas de estudo.....	67
4.1.1.	São Vicente.....	68
4.1.2.	Cidade da Praia- Santiago.....	74
4.2.	Visão geral do setor energético de Cabo Verde / São Vicente / Praia.....	77
4.2.1.	Energias Renováveis.....	80
V.	RESULTADOS.....	81
5.1.1	Cálculo da produção do metano na lixeira	81
VI.	DISCUSSÃO	84
6.1.	Comparação dos resultados entre São Vicente e Praia	84
6.2.	Alternativas para o aproveitamento energético do biogás proveniente das lixeiros/ vazadouro e soluções e para uma melhor gestão:	85
VII.	CONCLUSÕES.....	88
VIII.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
IX.	ANEXOS.....	95

Índice de Figuras

Figura 1: Etapas do processo de digestão anaeróbica.....	36
Figura 2: Relação entre o poder calorífico do biogás (Kcal/m ³) e a percentagem (%) de metano, em volume, presente na mistura	39
Figura 3:Drenos, modelo vertical e horizontal para extração do biogás	43
Figura 4: Sistema de extração e aproveitamento energético do biogás.....	43
Figura 5: Flare Enclausurado.....	44
Figura 6:Diagrama com alternativas de aproveitamento do biogás	45
Figura 7:Motor de ciclo Otto	46
Figura 8:Esquema do funcionamento de um motor ciclo Otto.....	46
Figura 9: Biodigestor modelo indiano	48
Figura 10:Biodigestor modelo chinês.....	49
Figura 11:Biodigestor modelo canadiano.....	50
Figura 12: Localização de Cabo Verde	67
Figura 13:Mapa de São Vicente	68
Figura 14:Lixeira de São Vicente.....	70
Figura 15:Mapa de São Vicente – Localização da lixeira municipal	71
Figura 16:Gráfico do volume resíduos depositados na lixeira de S.V no ano 2014.....	72
Figura 17: Gráfico do volume resíduos depositados na lixeira de S.V, no ano 2015.....	73
Figura 18: Localização da cidade da Praia, ilha de Santiago	75
Figura 19:Lixeira da Praia	77

Índice de Tabelas

Tabela 1: Classificação do lixo.....	22
Tabela 2:Caraterísticas físicas dos RSU's	24
Tabela 3:Tempo de decomposição dos Resíduos Sólidos	28
Tabela 4:Composição do biogás.....	33
Tabela 5:Propriedades físicas do metano, dióxido de carbono e sulfeto de hidrogénio. 38	
Tabela 6:Equivalência de 1Nm ³ de biogás em relação a outros combustíveis.	40
Tabela 7:Comparação entre os principais gases	41
Tabela 8: Principais fatores que influenciam as emissões de gases	42
Tabela 9:Vantagens e desvantagens do motor de ciclo Otto	47
Tabela 10:Comparativo de eficiência entre os modelos indiano e chinês.....	49
Tabela 11:constante de geração de metano (k).....	53
Tabela 12:Valores de k e L0 recomendados pela EPA e Banco Mundial.....	53
Tabela 13: valores de L0 em m ³ /tonelada sugeridos para o conteúdo do resíduo orgânico.	54
Tabela 14:Princípios básicos dos métodos da avaliação de emissões de biogás.....	57
Tabela 15:Projeção da Quantidade de Resíduos Recolhidos a nível nacional no período 2004 – 2013.	61
Tabela 16:Definição das responsabilidades de recolha, transporte e tratamento dos RSU em CV.....	64
Tabela 17:Quantidade de lixo recolhido em S.V no ano de 2014	72
Tabela 18:Quantidade de lixo recolhido em S.V, no ano 2015.....	73
Tabela 19:Quantidade de resíduos recolhidos ano 2011	77
Tabela 20:Mercado de exportação em Cabo Verde.....	78
Tabela 21:Produção de eletricidade em Cabo Verde.....	80
Tabela 22:Composição de resíduos	95
Tabela 23: Dados RSU - Praia.....	96

LISTA DA ABREVIATURAS

AS - Aterro Sanitário

C - Carbono

CAA - Clean Air Act

CH₄ - metano

CMCV - Câmara Municipal de São Vicente

CMP - Câmara Municipal da Praia

CO₂ - Dióxido de Carbono

DBO - Demanda bioquímica de oxigênio

DQO - Demanda química de oxigênio

EU - União Europeia

GEE – Gases Efeito Estufa

H – Hidrogénio

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

MDL- Mecanismo de desenvolvimento limpo

N - Azoto

N₂O - Oxido nitroso

O – Oxigénio

PANA II - II Plano de Ação Nacional para o Ambiente

PCI - Poder Calorífico Inferior

PCS - Poder Calorífico Superior

PENGeR - Plano Estratégico Nacional de Prevenção e Gestão de Resíduos Cabo Verde

RSU – Resíduo Sólido Urbano

USEPA – United States Environmental Protection Agency

I. INTRODUÇÃO

A poluição ambiental tem assombrado o mundo desde os primeiros tempos, e esta ameaça continua crescendo juntamente com o grande desenvolvimento dos países, (TAVARES, 2008 e ALI *et alii.*, 2013). Como consequência da atividade humana os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU's) ou lixos como conhecidos são subprodutos inevitáveis. Na maioria dos países, a maioria das unidades menores não possui meios para um tratamento adequado a estes resíduos como caso de Cabo Verde e consequentemente estes tornam-se uma ameaça para a saúde e também podem ter um efeito a longo prazo sobre o meio ambiente (ALI *et alii.*, 2013).

A disposição final destes resíduos em lixeiras é um problema crescente para as administrações municipais nomeadamente o saneamento, tendo em vista os elevados custos, a falta de equipamentos adequados e a escassez de áreas adequadas a implementação de aterros sanitários. Esta realidade é ainda utópica na medida em que segundo o PENGeR (2016) não existem soluções viáveis para o tratamento do lixo no país, o que explica em grande parte a falta de desenvolvimento dos Sistemas Municipais de Recolha Por essas razões a busca de novas tecnologias para o tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos faz-se necessária e urgente.

O aproveitamento energético do biogás proveniente da degradação biológica, na ausência de oxigénio ressalta a geração de energia elétrica e uso de combustível utilizado para diversos fins, gerando assim uma abordagem elíptica quanto às iniciativas geradas para as energias renováveis. Outro ganho que o biogás pode auxiliar, é, por ser um Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), dado que recebe certificados de emissões reduzidas e consequentemente pode ser vendida como critério de carbono (FIGUEIREDO, 2012).

“Dotar Cabo Verde até 2030 de um sector dos resíduos plenamente infraestruturado e financiado para um correto tratamento e valorização de todos os fluxos de resíduos, com soluções adaptadas às especificidades de cada ilha e de cada município, através de uma estratégia assente nos pilares ambiental, económico e social, pautado pelos princípios da prevenção e redução, contribuindo de forma efetiva para a melhoria da salubridade, da saúde pública e da minimização e mitigação dos efeitos das alterações climáticas.” É a

visão do Plano Estratégico Nacional de Prevenção e Gestão de Resíduos em Cabo Verde PENGeR de (2016).

O uso da biomassa como fonte sustentável de energia, entre eles: os resíduos sólidos urbanos permitem diversificar a matriz energética nacional. Em todos os municípios de Cabo Verde, apesar de diversas variações ocorridas, o PENGeR (2016) demonstra que as frações de ‘outros resíduos’ e ‘bio resíduos’ representam as de maior relevância em todos os municípios.

Os casos particulares de São Vicente e da cidade da Praia é de se ter em conta devido às condições de desenvolvimento destas ilhas. Condições estas que aumentam com o passar do tempo, trazendo assim o aumento da população, aumento do uso de descartáveis, e consequentemente aumento de compostos orgânicos deitados na lixeira diariamente. Como que para validar o tema, verifica-se atualmente, que na ilha de São Vicente e no município da Praia existe um considerável aumento de necessidades energéticas.

O presente trabalho, apresenta alternativas para a gestão e tratamento de RSU's, bem como, pretende avaliar o potencial das condições de geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento destes resíduos da lixeira de São Vicente e da lixeira da Praia, abordando os aspetos técnicos, ambientais e económicos, através de pesquisas bibliográficas e estudos feitos no terreno. Este projeto visa demonstrar que a produção de biogás através do tratamento dos RSU's, garante a redução na emissão de gases na atmosfera, portanto ajusta-se nas exigências de desenvolvimento sustentável para o país.

1.1. Justificativa

Dado a situação de crescimento populacional, desenvolvimento industrial e aumento da demanda energética vê-se a necessidade de procurar e desenvolver novas soluções energéticas de modo a satisfazer tal procura. A sociedade cabo-verdiana, e em particular a de São Vicente e da Praia, tem crescido de forma visível e conseqüentemente a quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU's) depositados nas lixeiras diariamente tem acompanhado este crescimento. Segundo PENGeR (2016), a quantidade de RSU's produzida sofreu uma transformação relevante desde 2003 até 2015 verificando uma taxa de crescimento médio de produção de resíduos per capita na ordem dos 3.81%. As lixeiras existentes em São Vicente e na Praia tratam-se do tipo de depósito não controlado, ou seja, sem nenhum tipo de cuidado, controle ou tratamento. Como consequência, os riscos para a saúde pública têm aumentado, bem como, assentamentos ilegais feitos sem qualquer planeamento e ainda riscos para o meio ambiente através do aumento da emissão dos gases poluentes para a atmosfera. De entre estes gases, encontra-se o metano (CH_4). Se inalado o metano pode causar parada cardíaca, asfixia, cancro, danos no sistema nervoso central, e outras doenças que atacam o fígado, rins e pulmões. Outro aspeto negativo das lixeiras são os odores provenientes dos gases, gerando desconforto aos moradores que residem em localidades próximas.

O desenvolvimento do estudo de caso teve como base a problemática existente no país, e particularmente na ilha, objeto de estudo, tendo em conta a má gestão dos RSU's e o abandono da lixeira. Esta má gestão pode estar relacionada com a falta de conhecimento das populações, falta de sensibilização das comunidades, e principalmente o desconhecimento das várias utilidades dos resíduos que não seja apenas a eliminação. Uma boa gestão dos RSU's pode ter como vantagens: geração de benefícios económicos, na medida em que otimiza os esforços e os investimentos feitos no processo da recolha até o destino final do lixo, levando assim à redução de gastos públicos preservação do meio ambiente, e da saúde pública. Desta forma, este estudo de caso surge em tempo oportuno, pois pretende demonstrar a viabilidade de produção de energia elétrica através do biogás produzido em aterros sanitários dando desta forma um melhor destino aos RSU's e assim solucionar o problema da lixeira de São Vicente e o da Praia e aproveitar a possibilidade de produção de energia (biogás) de forma limpa, ou seja, não poluente, contribuindo para com o objetivo do PENGeR (2016) que tem como visão alcançar um Cabo Verde dotado de um sector dos resíduos plenamente infraestruturado e financiado

para um correto tratamento e valorização de todos os resíduos, com soluções adaptadas às especificidades de cada ilha e de cada município até 2030.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Demonstrar alternativas para a melhoria da problemática da lixeira de São Vicente e da cidade da Praia através do estudo de aproveitamento energético do biogás, proveniente do tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU's).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Propor medidas alternativas para tratamento de RSU para o município de São Vicente e o da Praia.
- Avaliar o potencial de biogás produzido para aproveitamento energético através dos RSU's em São Vicente e na Praia.
- Demonstrar a viabilidade económica técnica e ambiental da geração de energia elétrica por meio do biogás.

1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho é formado com um conjunto de nove capítulos, em que primeiro capítulo engloba a introdução, os objetivos gerais e específicos, a justificativa e a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho.

No segundo capítulo fez-se uma revisão bibliográfica dos resíduos sólidos urbanos assim como no terceiro capítulo é feito para o biogás, mencionado as forma e modelos de extração bem como os meios para o tratamento do biogás.

O quarto capítulo engloba o estudo de caso, onde é feita uma descrição da área destinado ao estudo, indicando e caracterizando as condições existentes.

Já no quinto capítulo é feita a apresentação dos cálculos e dos resultados seguido do sexto com a discussão dos resultados obtidos

O sétimo capítulo relata as conclusões obtidas ao longo do trabalho, o oitavo apresenta a bibliografia consultada e o nono aos anexos que complementam o trabalho.

1.4. Metodologia

O presente trabalho desenvolvido trata-se de uma pesquisa descritiva, bibliográfica feita através da análise de livros e artigos científicos com o intuito de obter as melhores informações para o conhecimento do biogás e meios para sua obtenção através dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU's) conseqüentemente para produção de energia.

Segundo MONTAGNA (2013) a pesquisa descritiva observa, registra, analisa e correlaciona atos ou fenômenos do mundo físico e, especialmente, do mundo humano, sem a interferência do pesquisador. Este método procura descobrir com a precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com os outros, sua natureza e características.

II. ESTADO DA ARTE

2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Conceito

De acordo com IGONI *et alii.*, (2007) o lixo é considerado um material inútil, não é desejado, material que não tem valor direto para o produtor e por isso deve ser eliminado ou descartado.

Para BRAGA (2002) e FARIA (2010), o lixo tem como definição os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Normalmente, apresentam-se sob estado sólido, semissólido ou semilíquido (com conteúdo líquido insuficiente para que este líquido possa fluir livremente).

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, ficam incluídos nesta definição, assim como os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso solução técnica e economicamente inviável em face à melhor tecnologia disponível (BRAGA, 2002; e FARIA, 2010).

Falando de todos os tipos de resíduos, os resíduos sólidos (RS) são aqueles que merecem destaque, uma vez que representam uma substancial parcela dentre todos os resíduos gerados, e quando mal gerenciados, tornam-se um problema sanitário, ambiental e social. O conhecimento das fontes e dos tipos de resíduos sólidos, através de dados da sua composição e da sua taxa de geração, é o instrumento básico para o gerenciamento dos mesmos (FIGUEIREDO, 2007).

Entretanto, a composição e a taxa de geração dos resíduos sólidos é função de uma série de variáveis, entre elas, a condição socioeconômica da população, o grau de industrialização da região, a sua localização geográfica, as fontes de energia e o clima. Geralmente, quanto maior o poder econômico e maior a percentagem urbana da população, maior a quantidade de resíduos sólidos produzidos e quanto menor a renda

da população, maior o percentual de matéria orgânica na composição dos resíduos (FIGUEIREDO, 2007).

Trata-se de uma produção inevitável que ocorre diariamente em quantidades e composições que dependem do tamanho da população e do desenvolvimento económico de cada região (CORREIA, 2012). De facto, a produção do lixo é na realidade o resultado de uma sociedade de consumo, que gera não apenas o desperdício material, como também o social.

Para IGONI *et alii.*, (2007) e CORREIA (2012), a introdução no mercado de produtos descartáveis, gerando uma enorme quantidade de materiais descartáveis e poluentes, é uma das maiores causas do aumento dos resíduos sólidos nos grandes centros urbanos. Algo que vem ocasionando uma forte agressão ao meio ambiente. Mesmo que existam tentativas de atribuir valor económico aos resíduos, esse tipo de ação não tem levado necessariamente a uma mudança de estilos de vida e de redução do consumo.

2.1.1. Evolução Histórica da Gestão dos RSU's

O crescimento económico e populacional dos centros urbanos, tem como consequência uma maior produção de resíduos sólidos (TAVARES, 2008). Mas, só com a Revolução Industrial, é que os problemas dos resíduos atingiram níveis elevados. A grande concentração de pessoas nas cidades deu origem a graves problemas de poluição. O nível mais sério de preocupações despontou quando se começaram a relacionar as doenças com a presença abundante de resíduos (CORREIA, 2012).

No final do século XIX início do século XX, no ocidente, iniciou-se os serviços de recolha de resíduos urbanos, limpeza de ruas e drenagem de águas residuais, mas os métodos de eliminação ainda não eram os melhores, com a deposição indiscriminada em lixeiras a céu aberto (RHYNER *et alii.*, 1995).

Os problemas relativos à eliminação dos resíduos começaram a atenuar, quando em 1874 surge em Nottingham-Inglaterra, o primeiro incinerador que em 1885 foi importado pelos EUA. Depois, em 1920 surge na Inglaterra, após as primeiras incineradoras, os aterros sanitários. Nos finais de 1960, nos Estados Unidos da América, Canadá, centro e norte de França desenvolve-se a reciclagem e mais tarde esquemas de recolha porta-a-porta e transporte voluntário. Em finais do século XX verifica-se uma acentuada revolução

científica e tecnológica nas práticas de gestão de resíduos, a nível da Europa e dos Estados Unidos da América (CORREIA, 2012).

2.1.2. Classificação dos Resíduos Sólidos

Segundo IGONI *et alii.*, (2007) e CORREIA (2012) na literatura, observa-se que os resíduos sólidos podem ser classificados de várias maneiras, como resíduos gasosos, líquidos ou sólidos, dependendo de sua fase., também segundo a natureza física ou pelo grau de biodegradabilidade, que transita entre alta, média e baixa degradação, ou ainda em função composição química do resíduo, podendo identificá-lo com mais facilidade, quando dividida ou classificada a sua matéria em orgânica e inorgânica.

Segundo CORREIA (2012), os resíduos sólidos podem ter a seguinte classificação:

a) Resíduos Sólidos Urbanos – os resíduos domésticos ou outros resíduos semelhantes, em razão da sua natureza ou composição, nomeadamente os provenientes de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde, desde que, em qualquer dos casos, e de acordo com RSU, a produção diária não exceda 1.100 litros por produtor:

- Domésticos – são produzidos nas casas ou os que a eles assemelham, constituídos principalmente por restos de alimentação, papéis, papelão, vidros, metais ferrosos e não ferrosos, plásticos, madeira, trapos, couros, varreduras, capinas de jardim, entre outras substâncias;
- Comerciais - produzidos em estabelecimentos comerciais, escritórios e similares;
- Públicos – abrangem os resíduos advindos da limpeza pública urbana, ou seja, são resultantes da varrição regular de ruas, da limpeza e a conservação de galerias, limpeza de feiras, dos terrenos, dos córregos, das praias, dentre outros.
- Especiais – Chamados de resíduos especiais, em função de suas características diferenciadas, nos quais se inserem os pneus, as pilhas e baterias e as lâmpadas fluorescentes.

b) Resíduos Sólidos Industriais (RSI) – são os resíduos provenientes de diversos tipos e portes de indústrias de processamentos. São muito variados e apresentam características

diversificadas, pois dependem do tipo de produto manufaturado devendo, portanto, serem estudados caso a caso.

c) Resíduo Hospitalar – Fazem parte dos resíduos sépticos, ou seja, que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos. Produzidos em serviços de saúde, tais como: hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde etc, (FARIA, 2010).

d) Agrícolas – Segundo FARIA (2010) estes resíduos são resultantes das atividades ligadas à produção primária como agrícola, pecuária, e florestal como embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita entre outros. Em várias regiões do mundo, estes resíduos já constituem uma preocupação crescente, destacando-se as enormes quantidades de esterco animal geradas nas fazendas de pecuária intensiva.

e) Resíduos de fluxos especiais – nesta categoria a proveniência é transversal às várias origens ou sectores de atividade, sujeitos a uma gestão específica.

Ainda podem ser classificados como:

f) Resíduos de Portos, Aeroportos, Terminais Rodoviários e Ferroviários - fazem parte dos resíduos sépticos, aqueles que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos, trazidos aos portos, terminais rodoviários e aeroportos, (BIDONE, 2001; e FARIA, 2010).

g) Resíduos radioativos - provenientes das atividades nucleares (resíduos de atividades com urânio, céσιο, tório e cobalto) devendo ser manuseados apenas com equipamentos e técnicas adequadas.

De acordo com FARIA (2010) estima-se que cada pessoa produza, em média, 1,3 kg de resíduo sólido por dia. Dessa forma, uma pequena cidade de apenas dez mil habitantes produziria cerca de dez toneladas de lixo diariamente.

Esses resíduos, quando acumulados no meio ambiente, de forma inadequada, causam problemas de poluição e caracterizam também um desperdício da matéria originalmente utilizada. Os resíduos sólidos infetantes apresentam risco à saúde pública e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos.

2.1.3. Classificação dos Resíduos Sólidos Quanto aos Riscos Potenciais ao Meio Ambiente

Segundo a SILVEIRA (2004) podem ter a seguinte classificação:

- **Resíduos Classe I**

Denominados perigosos, são os resíduos sólidos que, devido às suas características, podem apresentar riscos à saúde pública. As características que conferem periculosidade a um resíduo são a inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade (ou contaminantes);

- **Resíduos Classe II**

Denominados não-perigosos, são os resíduos sólidos que não apresentam riscos ao ser humano e ao meio ambiente, sendo classificados na tabela 1 e subdivididos em:

Resíduos Classe II A: denominados inertes, são os resíduos sólidos que, submetidos a testes de solubilização, não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de águas, excetuando-se os padrões relativos ao aspeto, cor, turbidez e sabor;

Resíduos Classe II B: denominados não inertes, são os resíduos que não se enquadram na Classe I ou na Classe II A, podendo ter propriedades, tais como, combustibilidade, biodegradabilidade, ou solubilidade em água.

Origem	Possíveis Classes	Responsável
Domiciliar	IIB	Câmara Municipal
Comercial	IIA, IIB	Câmara Municipal
Industrial	I, IIA, IIB	Gerador do resíduo
Público	IIA, IIB	Câmara Municipal
Serviços de saúde	I, IIA, IIB	Gerador do resíduo
Portos, aeroportos e terminais ferroviários	I, IIA, IIB	Gerador do resíduo
Agrícola	I, IIA, IIB	Gerador do resíduo
Entulho	IIB	Gerador do resíduo

Tabela 1: Classificação do lixo

Fonte: Adaptado de Ambiente Brasil (2010)

2.1.4. Classificação dos RSU's segundo a composição química

CORREIA (2012), a classificou os RSU segundo a sua composição química:

- Orgânico: são os compostos do elemento carbono com propriedades características que na maioria dos casos provém de organismos vivos. Tais como: cabelos, restos de alimentos, cascas, e bagaço de frutas e verduras aparas e podas de jardim;
- Inorgânico: são compostos por produtos manufaturados como plásticos, vidros, borrachas, tecidos, metais, porcelana, espumas, etc; ou seja, provém maioritariamente de substâncias originadas da matéria não viva.

É importante frisar que a matéria-prima utilizada para aproveitamento energético de RSU's provém maioritariamente de compostos orgânicos. Deste modo, durante este estudo deu-se mais ênfase na classificação dos RSU's com esta composição química.

2.1.5. Caracterização dos RSU

Segundo CORREIA (2012) as características do lixo variam em função de aspetos sociais, económicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos fatores que também diferenciam as comunidades entre si e as próprias cidades. Para MARTINHO & GONÇALVES (2000), o conhecimento das características e da quantidade dos resíduos são fundamentais no planeamento e gestão eficiente dos sistemas de recolha, armazenamento, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos. Deste modo, pode-se caracterizar os RSU's de acordo com as suas características físicas (tabela 2), químicas e biológicas:

Caraterísticas Físicas	
Composição gravimétrica	traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total do resíduo.
Peso específico	segundo CORREIA (2012) é o peso dos resíduos em função do volume por eles ocupado, expresso em kg/m ³ . Sua determinação é fundamental para o dimensionamento de equipamentos e instalações
Teor de humidade	representa a quantidade de água presente no resíduo. Varia em função das estações do ano e da incidência das chuvas, podendo estimar-se um teor de humidade variando em torno de 40 a 60%.
Compressividade:	é a redução do volume que uma massa de resíduo pode sofrer quando submetida a uma determinada pressão. A redução do volume pode ser de 1/3 a 1/4, para uma pressão de 4 kg/cm ² MOREIRA (2008).

Tabela 2:Caraterísticas físicas dos RSU's

Fonte: Adaptado de MOREIRA (2008) e CORREIA (2012)

2.1.6. Propriedades Químicas dos RSU's

É importante ter conhecimento das propriedades químicas, principalmente para a determinação das opções de tratamento para os RSU. Pois delas depende a sua capacidade de queima e conteúdo energético, imprescindíveis para uma hipótese de incineração com recuperação energética (RUSSO, 2003).

De acordo com MOREIRA (2008) as características químicas dos resíduos são:

- Potencial hidrogeniônico (pH): indica o teor de acidez ou alcalinidade do resíduo.
- Composição química: consiste na determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras. Tais componentes assumem extrema importância na determinação dos processos de tratamentos aplicáveis aos resíduos.
- Relação Carbono/Azoto: este indica o grau da decomposição da matéria orgânica presente no resíduo nos processos de tratamento e deposição final.
- Poder calorífico: indica a capacidade potencial de um material libertar determinada quantidade de calor, quando submetido à queima, sendo

extremamente importante nos processos de tratamento térmico dos resíduos. Existem dois tipos de poder calorífico, poder calorífico superior (PCS) e o inferior (PCI), em que a diferença resulta da consideração do estado final da mistura de gases de combustão e do vapor de água que se forma na queima de substâncias hidrogenadas (SOARES, 2011).

2.1.7. Características Biológicas

Estas características são determinadas pela população microbiana e pelos agentes patogênicos presentes no resíduo que, em conjunto com as características químicas, permitem que sejam selecionados os métodos de tratamento e deposição final mais adequados.

O conhecimento das características biológicas dos resíduos tem sido muito utilizado no desenvolvimento de inibidores de cheiro e de retardadores/aceleradores da decomposição da matéria orgânica, normalmente aplicados no interior de veículos de recolha para evitar ou minimizar problemas com a população ao longo do percurso dos veículos (IBAM, 2001).

Recolha de RSU

A expressão recolha inclui não só a recolha ou apanha de resíduos sólidos a partir de várias fontes, mas também a transferência destes resíduos para o local onde os conteúdos dos veículos de recolha são esvaziados. A deposição final dos resíduos. Existem dois tipos de recolha: (A) a recolha indiferenciada, regular ou normal onde os resíduos são recolhidos sem separação prévia ou então, (B) a recolha seletiva, que é o tipo de recolha que separa na fonte uma ou mais categorias de resíduos, seguida ou não de nova separação em estações de triagem (CORREIA, 2012).

2.2. Geração e Valorização dos RSU'S

A estimativa da geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU's) é de extrema importância devido à necessidade de se dar um correto tratamento e destino aos resíduos. Pela estimativa da quantidade de resíduo, pode-se selecionar a melhor forma de destino (coleta seletiva, reutilização), além de proporcionar parâmetros de projetos para tipos de

tratamento (como a compostagem, a reciclagem, a incineração ou a pirólise) e disposição final.

Segundo FIGUEIREDO (2012), o planeamento e o projeto de sistemas de gestão de resíduos sólidos requerem previsão da geração de resíduos sólidos. Os métodos convencionais de previsão para a geração de resíduos sólidos, usam, normalmente, os fatores demográficos e socioeconómicos em uma base *per capita*. Os coeficientes *per capita* podem ser tomados como fixos ao longo do tempo ou podem ser projetados para variar com o tempo.

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) tem na sua constituição matéria orgânica, bem como inorgânica, que podem ser recuperadas mediante a adoção de tecnologias de tratamento adequadas, tendo como objetivo a mais valia da valorização/recuperação.

Esta valorização pode ser efetivada de várias formas, como: (i) redução, (ii) reciclagem, (iii) reutilização direta, (iv) compostagem, recuperação do biogás, (entre outros) vem sendo realizada de forma dedicada há mais de 20 anos em diversos países. De facto, esta ação assume grande importância sobre os aspetos ambientais, sanitários, sociais, energéticos e económicos, aproximando-se da visão de que resíduo pode significar matéria-prima com valor acrescentado (OLIVEIRA, 2004).

i. Redução na fonte

A redução na fonte é um conceito que se aplica quer aos consumidores, quer aos produtores. Os consumidores têm um duplo papel, o de consumidores de bens e serviços e o de produtores de resíduos sólidos. Enquanto consumidores devem adotar padrões de consumo mais sustentáveis, incentivando, através das suas opções de compra a produção de produtos mais limpos e dinamizando o respetivo mercado. Enquanto produtores de RSU devem dotar de medidas que minimizem a produção dos resíduos originados pelos produtos que consomem, (MARTINHO & GONÇALVES 2000).

ii. Reciclagem

De acordo com LANGE *et alii.*; (2016) trata-se de um conjunto de técnicas que têm por finalidade aproveitar os resíduos e reutilizá-los no ciclo de produção. É o resultado de uma série de atividades, pela qual materiais que se tornariam resíduos, ou estão no lixo, são desviados, coletados, separados e processados para

serem usados como matéria-prima na manufatura de novos produtos, idênticos ou não ao produto original.

iii. Reutilização

A reutilização pode ser definida como qualquer operação em que os produtos ou componentes que não sejam resíduos são utilizados novamente para o mesmo fim para que foram concebidos. O material mais reutilizado é o vidro (MARTINHO & GONÇALVES, 2000).

iv. Compostagem

Processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos (aqueles que possuem carbono em sua estrutura), de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos. Para que a compostagem ocorra, não é necessária a adição de qualquer componente físico ou químico à massa do resíduo, (LANGE *et alii*; 2016).

O aumento da migração da população rural para a cidade tem causado constrangimentos as administrações municipais, que se vêm forçados a disponibilizar lugares para disposição correta do lixo urbano FILHO (2005). Isto tende-se a agravar pelo facto de que cada resíduo apresentar o seu tempo de decomposição. Na tabela 3 apresenta-se alguns exemplos do tipo de resíduo e respetivo tempo de decomposição.

Material	Tempo de decomposição
Papel	3 a 6 meses
Jornal	6 meses
Toco de cigarro	20 meses
Pastilha elástica	5 anos
Pedaço de pano	6 meses e 1 ano
Fralda descartável comum	450 anos
Fralda descartável biodegradável	1 ano
Copos e latas de plástico	50 anos
Latas de aço	10 anos
Tampas de garrafa	150 anos
Isopor	8 anos
Garrafa de plástico	400 anos
Peneu	600 anos
Viro	Indeterminado

Tabela 3: Tempo de decomposição dos Resíduos Sólidos

Fonte: Adaptado de FIGUEIREDO, (2007).

2.3. Destino e tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos

Dado a heterogeneidade e a quantidade dos resíduos sólidos, a adoção de sistemas integrados de gestão é crucial, pois não se podem impor soluções únicas para os resíduos sendo eles tão diversos. Assim, através dum programa ou plano de gestão de resíduos podemos ter soluções de valorização, reciclagem ou compostagem, recuperando deste modo componentes de resíduos com interesse económico e ambiental, ou mesmo reduzindo a quantidade de resíduos a serem eliminados através de soluções de incineração, autoclavagem, tratamento físico-químico, aterros sanitários, (RUSSO, 2003).

2.3.1. Conceito de Aterro

De acordo com o Decreto-Lei n.º 56/2015, e 17 de outubro de Cabo Verde, aterro é a instalação de eliminação de resíduos através da sua deposição, acima ou abaixo da superfície natural, incluindo:

- As instalações de eliminação internas, considerando-se como tal os aterros onde o produtor de resíduos efetua a sua própria eliminação de resíduos no local de produção;

Uma instalação permanente, considerando-se como tal a que tiver uma vida útil superior a um ano, usada para armazenagem temporária.

Aterro é onde é feita a disposição ou aterramento do lixo sobre o solo e deve ser diferenciado, tecnicamente, em: (i) aterro controlado, (ii) aterro sanitário, (iii) lixeira controlada (vazadouro) ou (iv) lixeira.

i. **Aterro controlado**

Define-se como técnica de se confinar adequadamente os resíduos sólidos urbanos sem poluir o ambiente externo; porém, sem promover a coleta e o tratamento dos efluentes líquidos e gasosos produzidos (LANGE *et alii.*, 2016);

ii. **Aterro Sanitário**

De acordo com LANGE *et alii.*, (2016) é um método de disposição final de resíduos sólidos urbanos, sobre terreno natural, através de seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública. Em um aterro sanitário devem ser implantadas medidas para coleta e tratamento de efluentes líquidos e gasosos produzidos, bem como planos de monitoramento ambiental e geotécnico.

iii. **Lixeira controlada (Vazadouro)**

Segundo o Inquérito sobre Recolha e Tratamento de Resíduos Urbanos 2012 e 2013 da INE o vazadouro é uma instalação ou um local vedado onde os resíduos são depositados com um certo controlo. Neste tipo de instalação, os resíduos são espalhados, compactados e cobertos com terra, sem que tenha sido construído um sistema de recolha das águas residuais (lixiviantes) ou que o fundo tenha sido impermeabilizado, de forma a evitar a contaminação do solo e das águas subterrâneas.

iv. **Lixeira**

Ainda existem países nomeadamente, Cabo Verde onde os resíduos são encaminhados para as lixeiras. Trata de uma forma de disposição inadequada de resíduos sólidos

urbanos, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública, LANGE *et alii.*, (2016).

Segundo BIDONE (2001), é o mesmo que descarga de resíduos a céu aberto sem levar em consideração, aspetos como:

- A área em que está sendo feita a descarga;
- O escoamento de líquidos formados, que percolados, podem contaminar as águas superficiais e subterrâneas;
- A libertação de gases, principalmente o gás metano que é combustível, embora seja produzido em menor quantidade devido a não compactação, pois há presença de ar;
- O espalhamento de lixo, como papéis e plásticos, pela redondeza, por ação do vento;
- A possibilidade de criação de animais como porcos, galinhas, etc. nas proximidades ou no local bem como a ação humana vasculhando o lixo como forma de sustento. Os resíduos assim lançados acarretam problemas à saúde pública, como proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos etc.), geração de maus odores e, principalmente, a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas através do chorume, comprometendo os recursos hídricos.

Para além da disposição ou aterramento direta dos resíduos nos diferentes tipos de aterros mencionados acima, pode-se primariamente efetuar-se uma redução do lixo a ser transportado para as unidades de aterros através de processos físico-químicos:

v. **Incineração**

Processo de queima de resíduos, na presença de excesso de oxigênio, no qual os materiais à base de carbono são decompostos, desprendendo calor e gerando um resíduo de cinzas, (LANGE *et alii.*, 2016).

De acordo com RUSSO (2003) e CORREIA (2012) é uma das técnicas bastante usadas no tratamento dos resíduos hospitalares perigosos e resíduos industriais tóxicos. Apresenta vantagens como a redução dos volumes a depositar em aterros, que pode

chegar a 90 %, eliminação de resíduos patogénicos e tóxicos e a produção de energia sob a forma de eletricidade ou de vapor de água.

Este processo é feito através de equipamentos que viabilizam a redução de peso e volume do lixo através da combustão controlada designados de incineradores AMBSC (2008).

A incineração de lixo nem sempre foi permitida, dado que o dióxido de carbono libertado para o ambiente era e é um dos gases mais abundantes na atmosfera, causadores do efeito de estufa.

Atualmente, e para o futuro, graças ao plasma térmico, técnica moderna, em que o calor produzido pela queima não gera fumo, mas sim fogo, os governos acabaram por permitir a incineração do lixo.

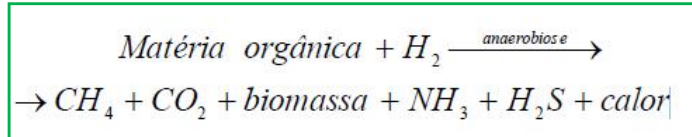
III. BIOGÁS

3.1. Conceito

O biogás é o resultado da digestão anaeróbica, na ausência de oxigênio, do material orgânico presente em dejetos de animais, resíduos vegetais, lixos orgânicos residenciais, efluentes ou lixo industrial, lodo de esgoto, entres outros tipos de matéria orgânica. É uma mistura gasosa composta por metano (60-70%), dióxido de carbono (40-30%) e outros gases com alto poder calorífico, incolor, altamente inflamável que produz uma chama azul clara, (ROHSTOFFE, 2010).

Para PECORA (2006) O biogás é uma mistura gasosa, produzida através da digestão anaeróbica, processo fermentativo que tem como finalidade a remoção da matéria orgânica, a formação de biogás e produção e biofertilizantes ricos em nutrientes. A representação da digestão anaeróbia pode ser feita pela seguinte equação:

Equação 1:



3.1.1. Formação e composição do Biogás

Grande parte da energia armazenada na biomassa é perdida para a atmosfera na forma de gases e calor, através do processo de decomposição. Toda a matéria viva, após a morte, é decomposta por microrganismos (bactérias). Durante esse processo de decomposição as bactérias retiram da biomassa parte das substâncias de que necessitam para manutenção da sua sobrevivência e, em contrapartida, lançam na atmosfera gás e calor. Esse gás é chamado de biogás, e quando purificado é uma fonte de energia abundante, não poluidora e barata. (CORREIA, 2012).

Segundo KARLSSON *et alii.*, (2014) biogás pode ser produzido a partir de todo tipo de biomassa que se decomponha através de processos biológicos, como exemplo: chorume animal, resíduos vegetais, frações orgânicas de resíduos sólidos urbanos, resíduos de indústria alimentar, águas residuais, entre outros. Para todos estes tipos de resíduos, a

digestão anaeróbia pode ser aplicada desde que as condições ambientais e operacionais sejam as adequadas, ou seja, o pH, temperatura e tipo de substrato. Todos esses fatores afetam a composição do biogás produzido.

Geralmente o biogás ou biogás bruto (gás que ainda não passou pelo processo de purificação) é constituído por um terço de metano, um terço de outros gases, como: gás sulfídrico (H₂S), oxigénio (O₂), amoníaco (NH₃) e um terço de dióxido de carbono (CO₂). O metano se forma naturalmente durante todo o processo, e um fator importante para que haja formação deste gás a partir de material orgânico é a ausência de oxigénio no ambiente. Quanto melhor for a digestão por parte das bactérias produtoras de metano, melhor será a qualidade do biogás produzido.

Se o biogás é purificado, ou seja, constituído apenas por metano, pode ser utilizado para geração de energia e como combustível veicular. Para SILVA (2016) a composição do biogás (tabela 4) produzido não é constante, porque depende de uma série de fatores que variam como a composição química, características físicas do resíduo, do tipo e forma de operação dos biodigestores, da presença de nutrientes e substâncias tóxicas aos microrganismos.

GASES	QUANTIDADE (%)
Metano	50 a 75
Dióxido de carbono	25 a 40
Nitrogénio	0,5 a 2,5
Oxigénio	0,1 a 1
Sulfeto de hidrogénio	0,1 a 0,5
Amoníaco	0,1 a 0,5
Monóxido de carbono	0 a 0,1
Hidrogénio	1 a 3

Tabela 4: Composição do biogás

Fonte: Adaptado de KARLSSON *et alii.*, (2014)

3.2. História do Biogás

A Natureza promove vários ambientes favoráveis ao desenvolvimento do processo anaeróbico, sendo estes representados pelas marés, pelos pântanos, estuários, centrais de carvão e jazidas petrolíferas. Neles existem baixos concentrados de oxigénio, o que

facilita a geração de biogás. Da observação casual da combustão natural desse gás na superfície de regiões pantanosas, o ser humano tomou ciência da possibilidade de produzir gás combustível a partir de resíduos orgânicos (PECORA, 2006).

De acordo com KARLSSON *et alii.*, (2014) foi no final do século XIX e início do século XX que se começou a explorar a técnica de utilizar o gás produzido a partir do processo de digestão anaeróbia (sem oxigénio).

Segundo PECORA (2006) a descoberta do biogás data do ano de 1667. O biogás era simplesmente conhecido como subproduto obtido a partir da decomposição anaeróbica de lixo urbano, resíduos animais e de estações de tratamento de efluentes domésticos. Só um século mais tarde se voltou a reconhecer a presença de metano no gás dos pântanos, por Alessandro Volta, e passaram a ser desenvolvidos e utilizados os processos fermentativos. Na verdade, foi na metade do século XIX, que Ulysse Grayon, aluno de Louis Pasteur, realizou a fermentação anaeróbica de uma mistura de estrume e água, a 35°C, conseguindo obter 100 litros de gás por m³ de matéria. E, em 1884, Louis Pasteur, ao apresentar o trabalho de seu aluno à Academia das Ciências, considerou que esta fermentação podia constituir uma fonte de aquecimento e iluminação.

Na Europa, a primeira experiência com biogás de um processo de digestão anaeróbica ocorreu em uma estação de tratamento de efluente municipal em 1895, e foi utilizada para iluminação de algumas ruas de Exeter na Inglaterra. Entretanto, a exploração do biogás sempre foi muito reduzida e foi apenas nos anos 40, com a crise energética provocada pela 2ª Guerra Mundial, que voltou a ser utilizado, quer na cozinha e aquecimentos de casas, quer para a alimentação de motores de combustão. Especificamente, o primeiro estudo de aproveitamento em uma pequena planta, com uso de estrume e outros materiais, remontam a 1941, na Índia, (ROSS *et alii.*, 1996 e KARLSSON *et alii.*, 2014).

No início de século XX, ocorria na China e na Índia o desenvolvimento dos biodigestores para a produção de gás metano a partir de esterco de animais, principalmente bovinos. Deste modo, a Índia e a China foram os primeiros países a produzir o biogás e a utilizá-lo como fonte de energia. O biogás produzido era utilizado para iluminação e cocção de alimentos. Na segunda metade da década de 1900, esses países começaram a aproveitar o processo de digestão anaeróbica para geração de biogás com foco nos lodos de esgoto, (PECORA 2006, e KARLSSON *et alii.*, 2014). Inicialmente o objetivo era reduzir a quantidade de lodo de esgoto, e não utilizar o biogás gerado.

No entanto, a partir de 1960 a digestão anaeróbica passa a ser pesquisada com caráter mais científico, havendo então grandes progressos em relação à compreensão dos fundamentos do processo e também de projetos de biodigestores e equipamentos auxiliares. Esta pesquisa intensificou-se com a crise do petróleo nos anos 70 que fez com que o preço da energia subisse, e com isso, surgiu a necessidade de aproveitar o biogás produzido. Com esse objetivo, começou-se a realizar mais pesquisas, a fim de otimizar o processo de digestão anaeróbica da matéria orgânica (KARLSSON *et alii.*, 2014).

Durante o ano de 1980, difundiram-se os benefícios do processo de digestão anaeróbia e os resíduos de aterros. Isso se tornou muito popular na década de 90, e muitos projetos de biogás foram construídos na China e na Índia, alimentados por resíduos de indústrias de alimentos, frigoríficos, restaurantes, entre outros (KARLSSON *et alii.*, 2014).

O acelerado desenvolvimento económico dos últimos anos e o aumento dos preços dos combustíveis convencionais têm encorajado as investigações na produção de energia a partir de fontes renováveis e economicamente atrativas, tentado sempre que possível, criar novas formas de produção de energias que possibilitam a poupança dos recursos naturais esgotáveis. Desde então, o processo anaeróbico tem evoluído e se expandido ao tratamento de resíduos industriais, agrícolas e municipais (PECORA 2006).

3.2.1. Processo Microbiológico

O metano pode ser produzido a partir da biomassa por meio de gás térmico ou gasificação biológica (comumente chamada de digestão anaeróbica) (CHYNOWETH *et alii.*, 2001) Se o biogás é purificado, ou seja, constituído apenas por metano, pode ser utilizado para geração de energia e como combustível veicular. Na figura 5, abaixo tem-se uma representação esquemática das etapas do processo de digestão anaeróbia, ou seja, a conversão da matéria orgânica em gases (KARLSSON *et alii.*, 2014).

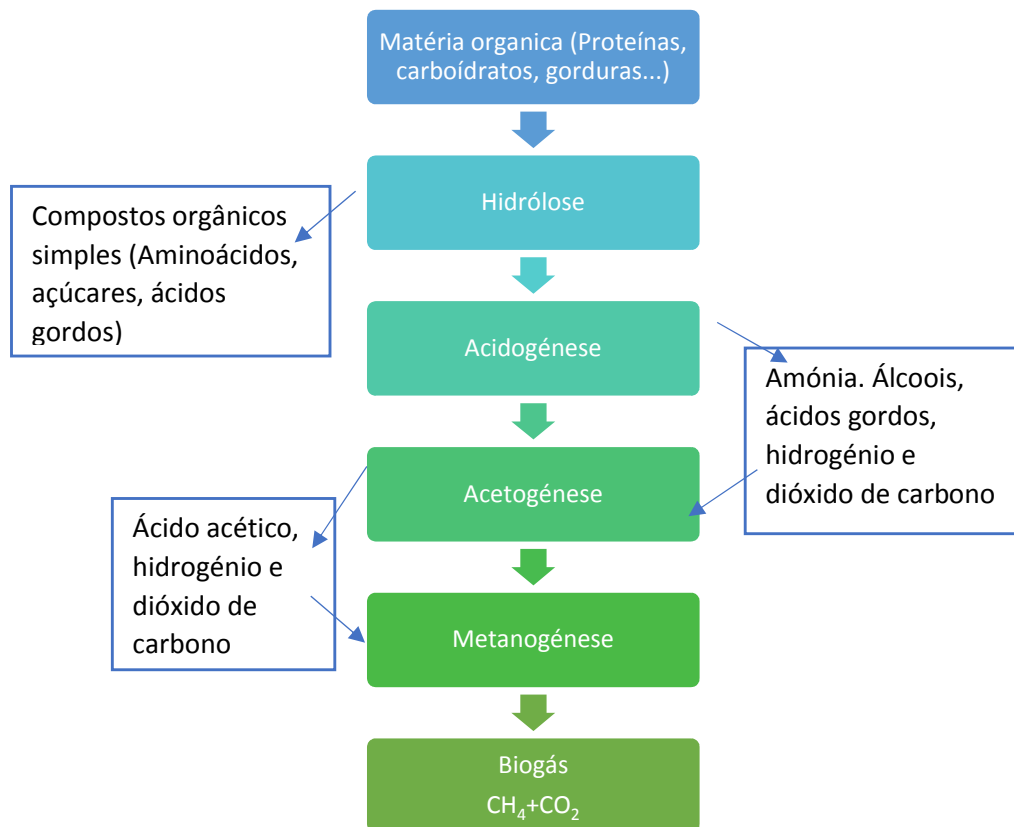


Figura 1: Etapas do processo de digestão anaeróbica

Fonte: Adaptado de KARLSSON *et alii.*, (2014).

Segundo KARLSSON *et alii.* (2014), a digestão anaeróbica divide-se em quatro etapas, sendo a primeira delas é a (i) hidrólise, seguido da (ii) acidogénese, (iii) acetogénese, (iv) metanogénese. Estas etapas encontram-se descritas abaixo:

i. Hidrólise

Trata-se da decomposição dos compostos orgânicos complexos, tais como hidrocarbonetos, proteínas e lípidos em substâncias menos complexas e mais solúveis, aminoácidos, açúcares e ácidos gordos. A decomposição é feita por meio de bactérias hidrolíticas. A rapidez do processo depende do tipo de material e de como este é estruturado.

ii. Acidogénese

A segunda etapa do processo de digestão é a acidogénese que consiste na transformação dos compostos intermediários, formados, em ácidos orgânicos, álcoois e cetonas. Este processo é feito pelas bactérias fermentativas

Os produtos formados na acidogénese dependem dos microrganismos disponíveis e de fatores ambientais, bem como, do tipo de material orgânico que é adicionado ao processo de digestão anaeróbia.

iii. Acetogénese

É a etapa que antecede a formação do gás metano. As bactérias acetogénicas convertem o material degradado nas etapas anteriores em ácido acético, hidrogénio e dióxido de carbono para a produção do metano.

iv. Metanogénese

Nesta última etapa, tem-se a fase limitante da conversão de compostos orgânicos a metano, sendo o metano o produto da reação que mais nos interessa. O metano formado pelos microrganismos metanogénicos necessitam, principalmente de ácido acético e hidrogénio/dióxido de carbono para sua formação.

3.2.2. Fatores que Influenciam a Composição e formação do Biogás

A composição do biogás varia de um local para outro e mesmo de uma célula para outra no mesmo aterro ou lixeira (FERNANDES, 2009). Esta variação ocorre a todo o momento. Segundo a Agência Ambiental da Inglaterra (2004), os fatores que podem influenciar a composição do biogás são os seguintes:

- i. Propriedades físico-químicas dos componentes do resíduo e do biogás;
- ii. Temperatura do aterro;
- iii. Idade do resíduo;
- iv. Diferenças na forma predominante do resíduo, pré-tratamento e armazenamento

Para o presente capítulo, centrou-se nos fatores diretamente ligados à produção de biogás (i e ii). Os restantes fatores relacionados com os resíduos sólidos e digestão microbiana podem ser analisada nos capítulos anteriores.

3.2.3. Propriedades físico-químicas dos componentes do resíduo e do biogás

No biogás as concentrações de outros gases são muito pequenas se comparados ao metano e dióxido de carbono, e por este motivo, pode-se restringir as propriedades físico-químicas apenas a esses dois componentes. Porém, esses gases presentes em menor quantidade, como por exemplo, o sulfeto de hidrogénio, influenciam na escolha da tecnologia de operação, limpeza e combustão, (PECORA, 2006). Outros aspetos importantes que devem ser considerados são a humidade, visto que afeta a temperatura da chama, diminuição do poder calorífico e limites de inflamabilidade. Quando se deseja a manipulação do gás para armazenamento, é importante ter em conta um novo parâmetro: o volume específico, representado pelo peso específico (PECORA, 2006). Algumas propriedades físicas do metano, dióxido de carbono e sulfeto de hidrogénio podem ser observadas na tabela 5:

Propriedades	Metano (CH ₄)	Dióxido de carbono (CO ₂)	Sulfeto de Hidrogénio (H ₂ S)
Peso molecular	16.04	44.01	34.08
Peso específico Ar=1	0,555 ^a	1,52 ^a	1,189 ^b
Volume específico	1473,3 cm ³ /g ^a	543,1 cm ³ /g ^b	699,2 cm ³ /g ^b
Capacidade calorífica CP, a 1 atmosfera	0,775 kcal/kg°C ^a	0,298 kcal/kg°C ^c	0,372 kcal/kg°C ^b
Relação CP/CV	1.307	1,303	1,320
Poder calorífico	13,268 kcal/kg	0 kcal/kg	4,633 kcal/kg
Limite de Inflamabilidade	5-15% por volume	Nenhum	4-46% por volume

Tabela 5: Propriedades físicas do metano, dióxido de carbono e sulfeto de hidrogénio.¹

Fonte: Adaptado de ROSS et alii., (1996)

¹ Nota: Estes valores dizem respeito às condições do processo: -60°C, 1 atm; b-70°C, 1 atm; c-77 °C, 1 atm

O principal componente do biogás é o metano, quando se trata de utilizá-lo como combustível. Segundo ALVES (2000), a presença de substâncias não combustíveis no biogás (água, dióxido de carbono) prejudica o processo de queima tornando-o menos eficiente. Estas substâncias entram com o combustível no processo de combustão e absorvem parte da energia gerada. O poder calorífico do biogás se torna menor à medida que se eleva a concentração das impurezas, dado que as impurezas podem tornar o biogás muito corrosivo e limitar todo o processo. A quantidade de metano no biogás é diretamente proporcional ao poder calorífico da mistura, visto que o CO₂ é a forma mais oxidada do carbono não podendo ser queimado (figura 2), (PECORA, 2006).

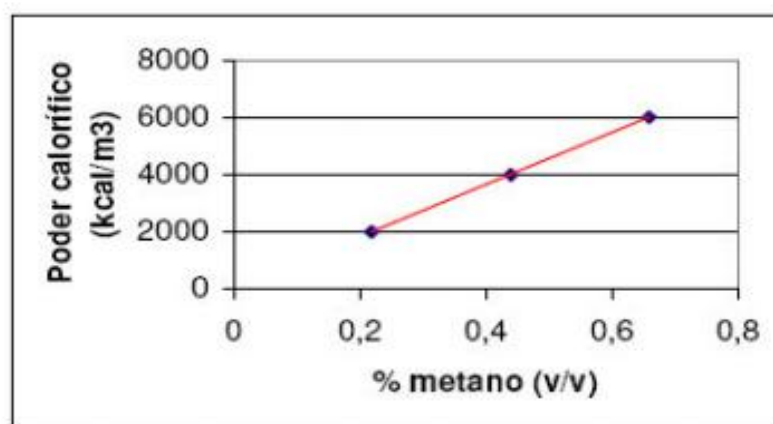


Figura 2: Relação entre o poder calorífico do biogás (Kcal/m³) e a porcentagem (%) de metano, em volume, presente na mistura

Fonte: ALVES, (2000)

De acordo com alguns autores, o biogás terá um poder calorífico inferior de 4,95 kWh/m³ para 50% de metano e 7,92 kWh/m³ para 80% de metano, presente na mistura. Se o dióxido de carbono for eliminado da mistura, os valores do poder calorífico inferior podem aumentar para valores próximos a 10 kWh/m³ (ROHSTOFFE, 2010). A equivalência energética do biogás em relação a outros combustíveis pode ser analisada na Tabela 6. Esta equivalência é determinada levando em conta o poder calorífico e a eficiência média de combustão.

Combustível	Quantidade equivalente a 1Nm ³ de biogás
Carvão Vegetal	0,8 Kg
Lenha	1,5 Kg
Óleo Diesel	0,551 Kg
Querosene	0,581 Kg
Gasolina Amarela	0,611 Kg
GLP (Gás Liquefeito de Petróleo)	0,451 Kg
KWh	1,43 Kg
Álcool Carburante	0,801 Kg
Carvão Mineral	0,74 Kg

Tabela 6: Equivalência de 1Nm³ de biogás em relação a outros combustíveis.

Fonte: Adaptado de FIGUEIREDO (2007).

- **Temperatura do aterro**

As condições de temperatura de um aterro influenciam os tipos de bactérias predominantes e o nível de produção de gás. As máximas temperaturas do aterro frequentemente são alcançadas dentro de 45 dias após a disposição dos resíduos como um resultado da atividade aeróbia microbiológica. Uma vez desenvolvidas as condições anaeróbias, a temperatura do aterro diminui. Grandes flutuações de temperatura são típicas nas camadas superficiais de um aterro como um resultado de mudanças na temperatura de ar ambiente. Os resíduos dispostos a uma profundidade de 15 m ou mais não sofrem a influência da temperatura externa. As temperaturas típicas do gás produzido num aterro variam entre 30 a 60°C.

- **Outros fatores**

Outros fatores que podem influenciar a taxa de geração de gás são a presença de nutrientes, bactérias, potencial de oxidação-redução, compactação dos resíduos, dimensões do aterro (área e profundidade), operação do aterro e processamento de resíduos variáveis.

3.3. Comparação do Biogás com outros Gases

Enquanto o biogás de aterro é obtido por meio da degradação da matéria orgânica os demais gases provêm de processos industriais, excetuando-se o gás natural que é encontrado em reservatórios de petróleo e gás no subsolo, como pode ser observado pela Tabela 7 (FIGUEIREDO, 2007).

Tipo de gás	Biogás	Gás natural	GLP	Gás de refinaria
Origem	Aterro sanitário	Reservatórios de petróleo e gás	Destilação de petróleo e processamento de gás natural	Processos de refino de petróleo
Peso molecular	27	17 a 21	44 a 56	24
Poder calorífico Kcal/m ³	5.600	Rico:10.900 Processado: 9.300	24.000 a 32.000	10.000
Densidade relativa	0,923	0,58 a 0,72	1,5 a 2,0	0,82
Principais componentes	Metano, dióxido de carbono, e hidrogénio	Metano e etano	Propano e butano	Hidrogénio, nitrogénio, metano, etano

Tabela 7: Comparação entre os principais gases

Fonte: Adaptado de FIGUEIREDO (2007)

Fatores que influenciam a emissão de biogás

A Tabela 8 apresenta os principais fatores que influenciam as emissões de gases em aterros, segundo sua natureza de acordo com FERNANDES (2009).

Fatores do ambiente interno a massa de resíduos	Fatores da camada de Cobertura	Fatores climáticos ou Sazonais
Decomposição dos resíduos	Aspetos geotécnicos	Precipitação
Drenagem interna dos gases	Aspetos microbiológicos	Pressão atmosférica
Recalques diferenciais	Composição da cobertura	Velocidade do vento
		Temperatura ambiente

Tabela 8: Principais fatores que influenciam as emissões de gases

Fonte: Adaptado de FERNANDES (2009).

3.4. Alternativas para Aproveitamento do Biogás

De acordo com a ICLEI (2009) o biogás, por conter um elevado teor de metano (CH₄), possui diversas aplicações de caráter energético. Embora sua principal aplicação seja como combustível em um motor de combustão interna a gás, que movimenta um gerador de energia elétrica, ele pode ser direcionado também para outros fins.

Fins em que se destacam a produção de calor de processo, secagem de grãos em propriedades rurais, secagem de lodo em Estações de Tratamento de Esgoto, queima em caldeiras, iluminação a gás, tratamento de chorume, entre outros.

3.4.1. Formas de extração e tratamento do biogás

De acordo com a ICLEI (2009) são utilizados tanto drenos verticais quanto horizontais para a retirada do gás, o sistema de extração é composto basicamente por estes drenos, sopradores, filtros para a remoção de material particulado e tanques separadores de condensado. Este pré-tratamento do biogás para a remoção de particulados e líquidos tem a finalidade de proteger os sopradores, aumentando a vida útil dos mesmos.

Os drenos existentes que apresentam boa vazão de biogás poderão ser adaptados e integrados ao sistema de captação. A adaptação consiste na impermeabilização da parte superior dos drenos, instalação de um cabeçote e interligação ao sistema de coleta.



Figura 3: Drenos, modelo vertical e horizontal para extração do biogás

Fonte: ICLEI (2009)

A extração do biogás ainda pode ser realizada através de dutos posicionados ao longo das camadas dispostas de resíduos. Estes dutos direcionam o biogás para uma central onde ocorre o aproveitamento energético propriamente dito. Essa conversão é feita, normalmente por meio de um motor ciclo Otto de quatro tempos que, possui maior rendimento e menor custo, ou seja, uma melhor relação custo benefício dentre os motores passíveis de utilização, (QUEZADO, 2010).

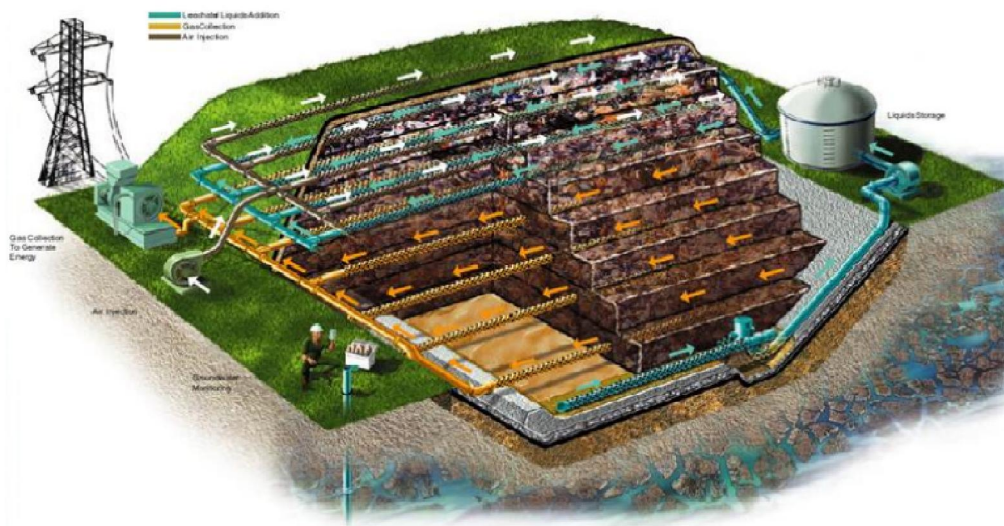


Figura 4: Sistema de extração e aproveitamento energético do biogás

Fonte: QUEZADO (2010)

Depois de drenado, o biogás é encaminhado para o tratamento. A forma mais usual e barata de se tratar o biogás é queimá-lo, pois dessa maneira diminui-se o efeito poluidor

causado por ele na atmosfera (o metano é cerca de 21 vezes mais nocivo para o efeito estufa do que o dióxido de carbono), (LANGE *et alii.*, 2016).

Sistema de queima em flares

De acordo com ICLEI (2009), independentemente da utilização energética escolhida para o biogás, recomenda-se a instalação de um flare enclausurado, especialmente para projetos destinados à obtenção de créditos de carbono. Isto porque, em caso de falha no sistema de geração de energia ou outro tipo de aproveitamento, evita-se a emissão de metano para a atmosfera e a consequente perda de créditos de carbono.

Flares Enclausurados

São construídos em aço carbono e isolados internamente com fibra cerâmica, possuem queimadores internos fixados em um coletor inferior, interligados com o duto do biogás. Este duto principal de biogás, por sua vez, apresenta uma bifurcação, destinada ao envio do gás para os sistemas de geração de energia ou outras finalidades de reaproveitamento antes da queima. A ignição e manutenção da chama são feitas através de um queimador piloto, o qual normalmente utiliza GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) como combustível inicial, (ICLEI, 2009).



Figura 5: Flare Enclausurado

Fonte: <https://www.google.cv/search?q=Flare+Enclausurado>, consultado em 28/07/18

Existem diversas alternativas para viabilizar o aproveitamento do biogás em aterros sanitários/ lixeiras, conforme o diagrama seguinte:

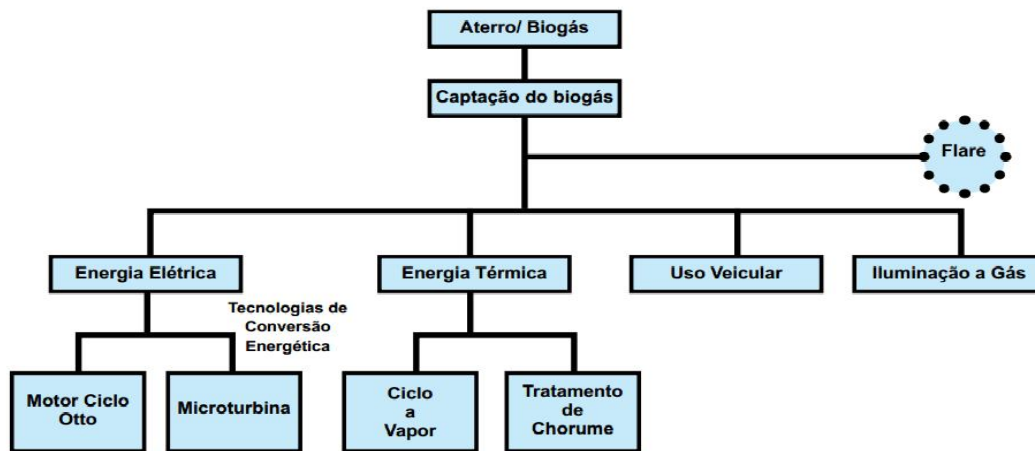


Figura 6: Diagrama com alternativas de aproveitamento do biogás

Fonte: ICLEI (2009)

Para geração de energia a capacidades pequenas e médias, os motores a combustão interna são mais adequados devido ao seu menor custo e maior eficiência nesta faixa. Somente para altas capacidades, as turbinas a gás passam a ter economicidade, melhorada quando utilizadas em ciclos combinados (ABREU, 2009 e ICLEI, 2009).

Motor de ciclo Otto

O motor ciclo Otto é o equipamento mais utilizado para queima do biogás, devido ao maior rendimento elétrico e menor custo quando comparado às outras tecnologias. Para promover a queima de biogás em motores ciclo Otto são necessárias pequenas modificações nos sistemas de alimentação, ignição e taxa de compressão, (ABREU, 2009 e ICLEI, 2009).



Figura 7: Motor de ciclo Otto

Fonte: <https://www.google.cv/search?q=motores+de+ciclo+otto> consultado em julho 2018

Os motores ciclo Otto aspiram a mistura ar-combustível antes de ser comprimida no interior dos cilindros e a combustão da mistura é dada por centelha produzida na vela de ignição. Esses motores são chamados de 4 tempos, pois seu funcionamento ocorre sequencialmente em quatro etapas (figura 8).

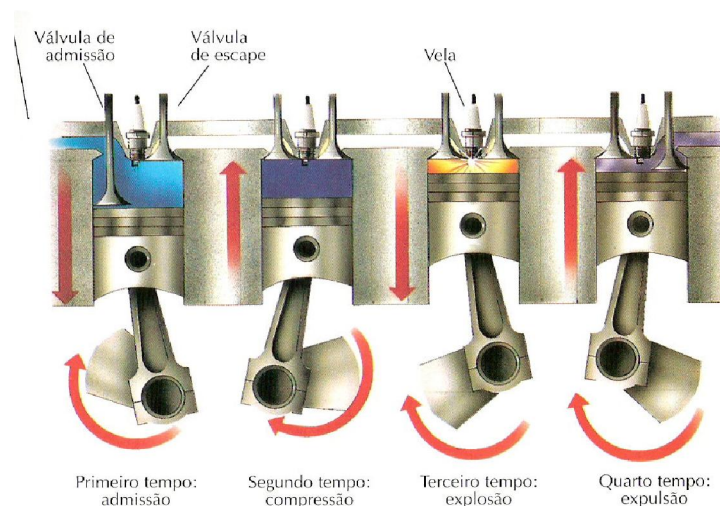


Figura 8: Esquema do funcionamento de um motor ciclo Otto

Fonte: <https://www.google.cv/motores+de+ciclo+otto+&oq&>, consultado em julho de 2018.

Princípio de Funcionamento de acordo com ICLEI (2009):

Admissão (primeiro tempo): abertura da válvula de admissão através da qual é injetada ao cilindro a mistura ar-combustível e o pistão é empurrado para baixo com o movimento do virabrequim;

Compressão (segundo tempo): fechamento da válvula de admissão e compressão da mistura (ordem de 10:1) e conforme o pistão sobe (antes de chegar a parte superior) a vela gera uma faísca;

Combustão (terceiro tempo): onde ocorre a explosão da mistura e expansão dos gases quentes formados na explosão. Essa expansão dos gases promove uma determinada força, permitindo que o pistão desça;

Exaustão (quarto tempo): abertura da válvula de escape através da qual os gases são expulsos pelo pistão.

Na Tabela 9 é possível verificar suas vantagens e desvantagens:

Vantagens	Desvantagens
Geração de energia elétrica para o próprio consumo do aterro ou lixeira;	Alto investimento inicial devido a importação dos motores;
Economizar em relação aos custos energéticos;	Baixo rendimento: aproximadamente 28%
Possibilidade de obtenção de receita adicional pela venda de excedente de energia;	Altos valores de emissão de gases de grande impacto ambiental.
Possibilidade de obtenção e comercialização de créditos de carbono.	

Tabela 9: Vantagens e desvantagens do motor de ciclo Otto

Fonte: Adaptado de ICLEI (2009)

Biodigestores

Os biodigestores de acordo com DOS SANTOS (2017), são tanques utilizados na produção de biogás e biofertilizantes, tendo como matéria prima dejetos orgânicos, que são biometanizado por bactérias que se desenvolvem anaerobicamente (sem oxigênio).

Existem vários modelos de biodigestores, nomeadamente o modelo Chinês, o Indiano e o Canadano.

- **Modelo Indiano**

Neste biodigestor a cúpula é feita de ferro ou fibra e é móvel, pois movimenta-se para cima ou para baixo de acordo com a produção de biogás, o processo de fermentação é

rápido pois não há grandes variações de temperatura. Ocupa pouco espaço pois a construção é subterrânea, caso a cúpula seja de metal, deve fazer-se o uso de uma boa pintura antioxidante e é preciso ter cuidado e evitar infiltrações nos lençóis freáticos.

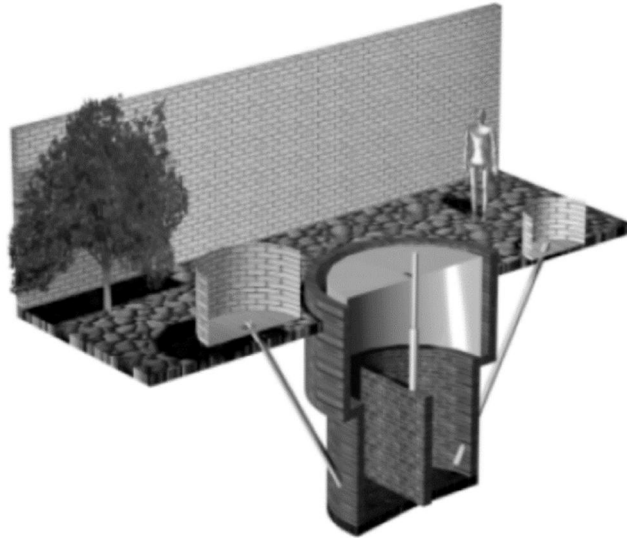


Figura 9: Biodigestor modelo indiano

Fonte: DOS SANTOS (2017)

- **Modelo Chinês**

De acordo com DOS SANTOS (2017) este modelo possui formato cilíndrico, normalmente feito em alvenaria com teto impermeável para o correto armazenamento do biogás, fato este que reduz o custo, porém apresenta maior possibilidade de vazamento. Este modelo funciona como uma prensa hidráulica aumentando a pressão no interior, assim o gás empurra os efluentes para a caixa de saída, em seguida uma parte do gás é liberado para a atmosfera. Devido a problemas de vedação e perda de gás o modelo indiano mostra resultados mais eficientes que o chinês, por este fato este modelo não é longamente utilizado em grandes produções.

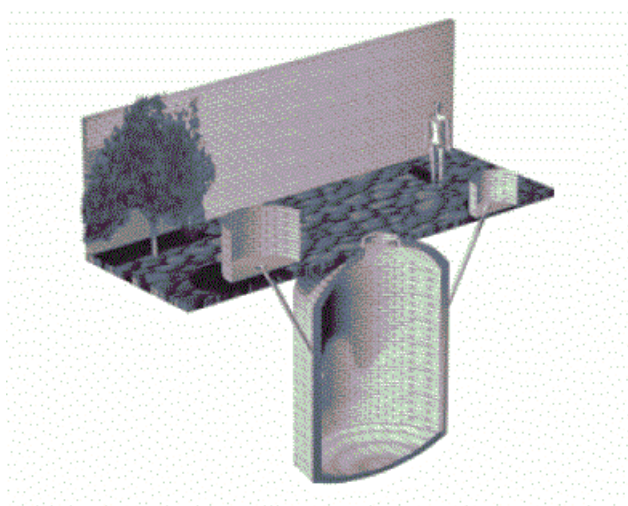


Figura 10: Biodigestor modelo chinês

Fonte: DOS SANTOS (2017)

Após experimentos com os dois modelos já apresentados, foi estabelecido um comparativo de eficiência entre os modelos (tabela 10) DOS SANTOS (2017):

Modelo	Chinês	Indiano
Redução de sólidos	37%	38%
Produção média de biogás	2,7m ³ /dia	3,0m ³ /dia
Produção média de substratos	489L/m ³	538L/m ³

Tabela 10: Comparativo de eficiência entre os modelos indiano e chinês

Fonte: Adaptado de DOS SANTOS (2017)

- **Modelo Canadiano**

Este modelo diferencia-se pelo fato de ser do tipo horizontal, apresentando uma caixa de carga feita em alvenaria e com largura maior que a profundidade, possuindo, então, uma maior área de exposição ao sol, possibilitando em uma grande produção de biogás. Possui uma câmara de fermentação subterrânea que é revestida com lona plástica, uma manta superior para reter o biogás produzido de modo a formar uma campânula de armazenamento, e uma caixa de saída onde o efluente é liberado.

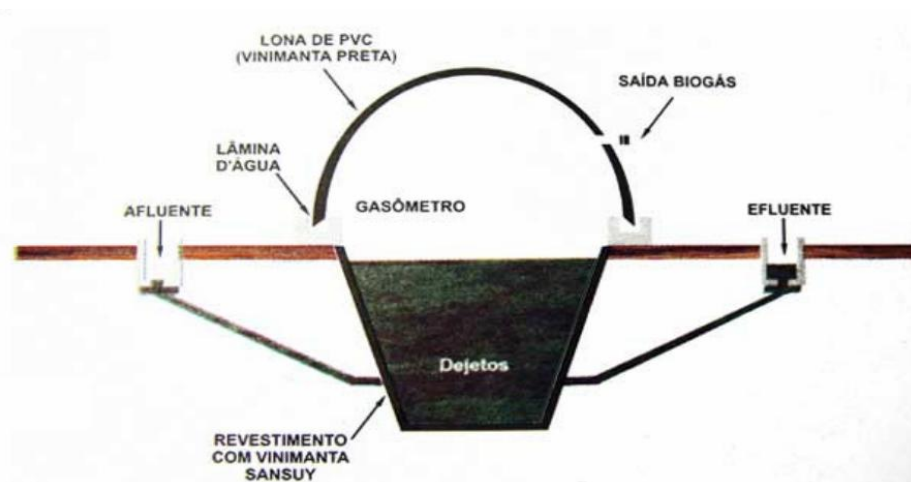


Figura 11: Biodigestor modelo canadiano

Fonte: <https://www.google.cv/biodigestor+modelo+canadiano>, consultado em junho de 2018

3.5. Modelos para estimativa de produção de biogás

De acordo com LANGE *et alii.*, (2016) a estimativa atual de geração de resíduos sólidos municipais pode ser feita pela seguinte equação:

Equação 2:

$$G_0 = P_0 \times G_{p0} \times C_0$$

Por sua vez, a geração futura de resíduos sólidos é dada por:

Equação 3:

$$G_t = \{P_0 \cdot (1 + y_p)^t\} \times \{G_{p0} \cdot (1 + y_{per})^t\} \cdot \{C_t\}$$

Onde:

G_t =geração futura de resíduos, após t anos (kg/d);

G_0 =geração atual de resíduos (kg/d);

P_0 =população atual do total do município (hab);

G_{p0} =geração per capita atual (kg/hab.d) – obtida por amostragem ou literatura;

C_0 =cobertura atual da coleta ou nível de atendimento dos serviços de coleta (%);

C_t =nível de cobertura da coleta no tempo t considerado (%);

y_p = taxa de crescimento populacional (% a.a.);

y_{per} = taxa de incremento anual da geração per capita (% a.a.);

t = tempo considerado (anos).

3.5.1. Modelo USEPA

Este modelo apresenta a equação para a produção de biogás para um dado ano com base em todos os resíduos despejados até este ano, (LANGE *et alii* 2016). A equação seguinte determina o cálculo de produção de metano:

Equação 4:

$$Q_{(CH_4)_i} = \sum_{i=1}^n 2K \times L_0 \times M_i(e^{-kti})$$

Onde:

Σ = Soma desde o ano de abertura+1 ($i=1$) até o ano de projeção (n); $i=1$

$Q_{(CH_4)_i}$ = Metano produzido no ano i a partir da seção i do resíduo (m^3 /ano);

K = Constante taxa de degradação de metano (ano⁻¹);

L_0 = Potencial máximo de produção de metano (m^3 /t);

M_i = Massa de resíduos sólidos despejados no ano i ;

t_i = Idade dos resíduos despejados no ano i (anos).

De acordo com LANGE *et alii* (2016) as equações do Banco Mundial e do IPCC têm semelhanças, como o fato de serem equações cinéticas de primeira ordem e considerarem parâmetros similares de entrada, como:

- Massa de resíduos que ingressa no aterro anualmente;
- Tempo de atividade do aterro e/ou após o fechamento;
- Taxa de produção de metano (k);
- Potencial de produção de metano (L_0).

A taxa de produção de metano (k) determina a rapidez de produção do biogás e de esgotamento do vazadouro, isto em função da humidade do resíduo, tipo de resíduo, disponibilidade de nutrientes para o processo anaeróbico, pH e temperatura.

3.5.2. Modelo Scholl–Canyon

O modelo Scholl–Canyon está baseado na premissa de que há uma fração constante de material biodegradável no aterro por unidade de tempo. Trata-se de um modelo cinético de primeira ordem e é usado para avaliar a produção de metano durante a vida de um aterro. A equação de primeira ordem é dada pela seguinte equação:

Equação 5:

$$Q_{CH_4i} = k \times L_0 \times m_i \times e^{-kt}$$

Onde:

Q_{CH_4i} = o metano produzido no ano,

K = constante da geração de metano;

L_0 = o potencial da geração de metano;

m_i = a massa de resíduo despejada no ano i ;

t = a quantidade de anos após o fechamento.

No modelo Scholl-Canyon é prática presumir que o biogás gerado consiste de 50% de metano e 50% de dióxido de carbono para que o biogás total produzido seja igual a duas vezes a quantidade de metano.

O valor de k (tabela 11) é primariamente uma função de quatro fatores: o teor de umidade da massa de resíduos; da disponibilidade de nutrientes para os microrganismos que decompõem os resíduos; do pH da massa de resíduos e da temperatura da massa de resíduos, (EPA, 2005).

Precipitação anual	Campo dos valores k		
	Relativamente Inerte	Moderadamente Degradável	Altamente Degradável
< 250 mm	0,01	0,02	0,03
>250 e < 500 mm	0,01	0,03	0,05
>500 e < 1000 mm	0,02	0,05	0,08
>1000mm	0,02	0,06	0,09

Tabela 11: constante de geração de metano (k)

Fonte: Adaptado de BANCO MUNIAL (2003)

O potencial de geração de metano, L_0 , é dependente da composição do resíduo e, em particular, da fração de matéria orgânica presente (BANCO MUNDIAL, 2003).

3.5.3. Modelo ICPP

O modelo do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), descreve dois métodos para o cálculo das emissões de metano procedentes de aterros.

Segundo IPCC (2006), as taxas mais rápidas ($k = 0,2$) estão associadas com condições de alta umidade e materiais de rápida degradabilidade, como resíduos alimentares. As taxas mais lentas de decomposição ($k = 0,002$) estão associadas com as condições de local seco e resíduos lentamente degradáveis, como madeira ou papel.

Já o fator L_0 é proporcional à percentagem de matéria orgânica presente nos resíduos, e pode variar de 0 (ausência de material degradável) até 300 m^3/ton . (FIGUEIREDO, 2012) Na Tabela 12, são mostrados os valores recomendados pela EPA e Banco Mundial para k e L_0 .

Parâmetros	EPA	Banco Mundial
K (ano^{-1})	0,04	0,06
L_0 ($m^3 CH_4 t_{RSU}^{-1}$)	100	170

Tabela 12: Valores de k e L_0 recomendados pela EPA e Banco Mundial.

Fonte: Adaptado de BORBA (2006).

Valores típicos para o parâmetro L_0 (potencial de geração de metano) variam de 125 a 310 m^3 de metano/tonelada de resíduo. Tem havido também a percepção de que à medida que aumentam e melhoram os programas de reciclagem e de compostagem, mais material orgânico, como resíduo de alimentos e papel, deixam de ser enviados a aterros, reduzindo a quantidade de biogás produzida. No entanto, as iniciativas de reciclagem têm alcançado mais êxito até o momento na remoção de materiais inorgânicos do fluxo do resíduo, tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento. Como consequência, a prática não mostra que o valor de L_0 aplicável diminua significativamente. A EPA norte-americana usa um valor pré-estabelecido para L_0 igual a 100 m^3 de metano/tonelada de resíduo. Na tabela 13, são mostrados os valores de L_0 sugeridos pelo BANCO MUNDIAL, (2004).

Categoria do resíduo	Valor mínimo para L_0	Valor máximo para L_0
Relativamente inerte	5 $m^3 \cdot ton^{-1}$	25 $m^3 \cdot ton^{-1}$
Moderadamente degradável	140 $m^3 \cdot ton^{-1}$	200 $m^3 \cdot ton^{-1}$
Altamente degradável	225 $m^3 \cdot ton^{-1}$	300 $m^3 \cdot ton^{-1}$

Tabela 13: valores de L_0 em m^3 /tonelada sugeridos para o conteúdo do resíduo orgânico.

Fonte: Adaptado de ICLEI (2009).

Para o cálculo da geração de metano utiliza-se a equação 6:

Equação 6:

$$E_{CH_4} = k \times Rx \times L_0 \times e^{-k(x-T)}$$

Onde:

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

k = Constante de decaimento;

Rx = Fluxo de resíduos do ano (tonRSD);

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

X = Ano atual;

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

O ICPP apresenta também o método simplificado (equação 6), que tem como base a suposição de que o total de metano potencial é libertado durante o ano em que se realiza a deposição dos resíduos e o método de decomposição de primeira ordem (equação 7 e 8) permite um perfil de emissões que dependem do tempo transcorrido e que reflete o valor real das pautas do processo de degradação ao longo do tempo.

Equação 7:

$$\text{CH}_{4\text{prod}}(\text{t/ano}) = \sum [(A \times K \times \text{RSU}_T(X) \times \text{RSU}_F(X) \times L_0(X)) \times e^{-K(t-x)}]$$

Equação 8:

$$\text{CH}_{4\text{emitido}}(\text{t/ano}) = [\text{CH}_{4\text{prod}}(\text{t/ano}) - R(t)] \times (1 - \text{OX})$$

Onde:

t = ano de realização do inventário.

x = ano de contribuição (desde início de atividade até t).

A = $(1-e-k)/k$ = fator de normalização para corrigir a soma.

k = constante de produção, ano⁻¹.

RSU_T(x) = total de RSU produção no ano x, t/ano.

RSU_F(x) = fração de RSU depositada no aterro no ano x.

RSU_T(x) × RSU_F(x) = massa de resíduos despejada no ano x, t/ano

L₀ = potencial de produção de metano (t CH₄/t RSU);

R(t) = quantidade de metano recuperada no ano t.

OX = fator de oxidação (fração).

A metodologia, sugerida por IPCC (2006) para o cálculo de geração de biogás em aterros sanitários, possibilita o cálculo de L_0 , conforme Equações 9, 10 e 11:

Equação 9:

$$L_0 = DOC \times DOC_f \times MCF \times F \times 16/12$$

Nessa equação:

L_0 = o potencial de geração de metano em Gg CH_4 /Gg resíduo;

DOC = corresponde à fração de carbono orgânico degradável no resíduo em massa, Gg C /Gg resíduo;

DOC_f = à fração de carbono orgânico degradável que se decompõe;

MCF = o fator de correção para decomposição aeróbia (fração);

F = a fração de CH_4 no biogás gerado;

$16/12$ = a razão peso molecular (CH_4 /C);

DOC_i = à fração de carbono orgânico degradável no tipo de resíduo i ;

W_i = à fração de resíduos por categoria.

Equação 10:

$$DOC = \sum_i (DOC_i \times W_i)$$

Equação 11:

$$DOC = (0,4 \times A) + (0,24 \times B) + (0,15 \times C) + (0,43 \times D) + (0,39 \times E)$$

nessa equação:

A = papel e papelão (17,1%);

B = tecidos (2,6%);

C = resíduos de alimentos (44,9%);

D = madeira (4,7%);

E = borracha e couro (0,7%).

3.6.Método para medição de gases

Os principais métodos para avaliar as emissões superficiais de gases em aterros sanitários são os da placa de fluxo (estática e dinâmica) e análises por infravermelho. A tabela 14 apresenta o princípio de medição e a resolução dos métodos citados, (MACIEL, 2003).

Método	Princípio	Abrangência	
		Espacial	Temporal
Placas de fluxo	Avaliação da concentração dos gases com o tempo em caixas fechadas (estática) ou semiabertas (dinâmica) cravadas no solo de cobertura.	m ²	Horária
Análise por infravermelho	Deteta a concentração do biogás acima da superfície do aterro por processos óticos e/ou térmicos através da passagem de luz infravermelha.	Há	Horária ou contínua

Tabela 14:Princípios básicos dos métodos da avaliação de emissões de biogás

Fonte: Adaptado de FERNANDES (2009)

Conhecer as vantagens e desvantagens dessas técnicas é fundamental para a escolha da mais adequada para cada caso. FERNANDES (2009) cita esses pontos, descritos abaixo.

Placas de fluxo (estática e dinâmica)

Vantagens: mais preciso na determinação de emissão pontual, larga experiência prática, baixo custo, simples instalação, necessita mão-de-obra pouco especializada, possibilidade de determinar parâmetros do solo da camada de cobertura, permite avaliação simultânea de vários gases.

Desvantagens: necessita de inúmeros ensaios para obtenção da emissão total do aterro, duração do ensaio prolongada a depender das dimensões da placa e possibilidade de modificação das características da cobertura na cravação.

Análises por infravermelho

Vantagens: alta precisão na obtenção da emissão total do aterro cobrindo rapidamente vários hectares e passível de localizar a dispersão da pluma de contaminação.

Desvantagens: custo alto, tecnologia nem sempre disponível, pouca mão-de-obra qualificada, não identifica as causas reais da emissão, maior suscetibilidade a condições meteorológicas, número de gases analisados limitado.

3.7. Gases emitidos para a atmosfera

O fluxo de gás, ou simplesmente, a taxa de emissão superficial determinada pelo método estático pode ser calculada pela seguinte equação:

Equação 12:

$$J = \frac{Vp \times \rho_{\text{gás}}}{A} \times \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

Em que:

Vp = volume útil da placa de fluxo (m³);

A = área de solo coberta pela placa (m²);

ρ_{gás} = densidade do gás a determinada temperatura (kg/m³) e

ΔC/Δt = variação da concentração do gás (% vol) com o tempo (s). O fluxo (J) é expresso.

Estimativa da potência e energia disponíveis

De acordo com ICLEI (2009) para a determinação da potência e energia sugere-se utilizar as seguintes expressões:

Equação 13:

$$P = (Q \times \text{PCI} \times \eta) / 860.000$$

Equação 14:

$$E = P \times \text{Rend} \times \text{Tempo de Operação}$$

Onde:

P = potência disponível (MW);

PCI = Poder Calorífico Inferior do metano;

η = eficiência de motores (geralmente é 28% = 0,28);

860.000 = conversão de kcal para MW;

E = energia disponível (MWh/dia)

Rend = rendimento de motores operando a plena carga (estimado em 87% = 0,87)

Tempo de operação do motor = 24 horas/dia

3.8. Benefícios Ambientais e Energéticos

O crescimento de pesquisas de fontes alternativas de energia teve início devido à crise energética mundial. Atualmente, os combustíveis fósseis representam grande parcela do consumo do setor energético, porém o encarecimento desses combustíveis e os prejuízos ambientais por eles provocados tornarão viáveis, de forma progressiva, outras fontes energéticas consideradas, ainda, não econômicas. O gás metano, constituinte do biogás em grande proporção, pode ser apresentado como uma importante alternativa energética, visto que, por estar presente no lixo e no esgoto é, praticamente, inesgotável. Portanto, o biogás pode realizar significativo papel na substituição do petróleo e seus derivados, contribuindo assim para a diminuição na liberação dos gases efeito estufa, fato que tem assombrado o nosso planeta, (FARIA, 2010).

3.9. Protocolo de Kyoto

É um tratado internacional que tem como objetivo fazer com que os países desenvolvidos assumissem o compromisso de reduzir a emissão de gases que agravam o efeito estufa, para aliviar os impactos causados pelo aquecimento global. Além disso, são realizadas discussões para estabelecer metas e criar formas de desenvolvimento que não sejam prejudiciais ao Planeta.

Discutido e negociado em Kyoto, no Japão, em 1997, foi aberto para assinaturas em 16 de março de 1998 e ratificado em 15 de março de 1999. Oficialmente, entrou em vigor

em 16 de fevereiro de 2005, depois que a Rússia o ratificou em novembro de 2004, (LANGE *et alii*, 2016).

3.9.1. Créditos de Carbono

De acordo com LANGE *et alii.*; (2016) o mercado de carbono funciona sob as regras do Protocolo de Kyoto, nas quais existem mecanismos de flexibilização para auxiliar na redução das emissões de gases do efeito estufa. Um desses mecanismos é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, MDL, o qual é o único que integra os países em desenvolvimento ao mercado de carbono. Os outros dois mecanismos estabelecidos pelo Protocolo de Kyoto são: Implementação Conjunta, realizado entre países desenvolvidos, podendo envolver economias em transição; e Mercado de Emissões, que ocorre somente entre países desenvolvidos. Neste último mecanismo, um país que tenha reduzido as suas emissões a níveis abaixo da meta pode vender esse “excesso” para outro país, sendo os dois integrantes do Anexo 1 da Convenção.

Este mercado funciona através da comercialização de certificados de emissão de gases do efeito estufa em bolsas, fundos ou através de corretores, onde os países desenvolvidos, que têm de cumprir compromissos de redução da emissão desses gases, podem comprar créditos derivados dos mecanismos de flexibilização. Esse processo de compra e venda de créditos se dá a partir de projetos, que podem ser ligados a reflorestamentos, ao desenvolvimento de energias alternativas, à eficiência energética, ao controle de emissões e outros, (LANGE *et alii*, 2016).

3.10. GESTÃO DOS RSU’S EM CABO VERDE

O governo de Cabo Verde devido ao aumento da produção e da complexidade de resíduos tem demonstrado grande preocupação relativamente à preservação dos ecossistemas e ao enquadramento das Instituições vocacionadas para a gestão ambiental. Essas preocupações estão expressas em diversos instrumentos, como a Constituição da República que consagra a todo o cidadão o direito a um ambiente de vida saudável e ecologicamente equilibrado (CORREIA, 2012).

Dado o Plano de Gestão de Resíduos, elaborado em 2003, no âmbito da elaboração do PANA II, a quantidade total de Resíduos Sólidos Urbanos recolhidos é de 66.386 ton/ano, baseando-se nestes dados estimou-se a quantidade de resíduos recolhidos para os anos seguintes até 2014 (tabela 16). Segundo o MAAP (2004) esta quantidade não corresponde

à produzida pela totalidade da população, uma vez que os serviços de recolha não abrangem todas as localidades. De acordo com os cálculos efetuados, cerca de 34% da população não é beneficiada pelos serviços de recolha. Assumindo que os 34% da população, não beneficiados pelos serviços de recolha, produzam resíduos a um ritmo semelhante aos 66% da população servidos, a quantidade de RSU a nível nacional seria estimada em 101.000 toneladas/ano. Esta quantidade seria equivalente a uma produção de resíduos de 600 gramas/habitante/dia. A Tabela 15 mostra a projeção da quantidade de resíduos recolhidos a nível nacional no período 2004 – 2013:

Ano	Projeção população (INE)	Taxa de cobertura de recolha (%)	Taxa de População servida (nº de habitantes)	Taxa de produção de RSU (kg/hab/ano)	Quantidade de resíduos recolhido (ton/ano)
2003	458747	66	302773	0.60	66386
2004	467237	68	317721	0.62	71753
2005	475948	70	333164	0.64	77498
2006	484906	72	349132	0.66	83649
2007	494110	74	365641	0.68	902333
2008	503548	76	382696	0.70	97275
2009	513259	78	400342	0.72	104813
2010	523105	80	418484	0.74	113397
2011	533253	82	437267	0.77	122634
2012	543641	84	456658	0.80	132555
2013	553363	86	475892	0.82	142973

Tabela 15: Projeção da Quantidade de Resíduos Recolhidos a nível nacional no período 2004 – 2013.

Fonte: Adaptado de MOREIRA (2008)

De acordo com TAVARES (2008) atualmente, verifica-se que partes destes resíduos continuam a ser rejeitadas no solo, nas linhas de água ou mesmo no mar, criando situações críticas de poluição e graves riscos para a saúde pública e ambiental.

Segundo PANA II (2003) de forma a contribuir para criar as condições de sustentabilidade do desenvolvimento de Cabo Verde a estratégia para gestão dos resíduos deve centrar-se em duas linhas mestras de atuações:

- Ações para reduzir os efeitos negativos;
- Ações para reduzir as quantidades de resíduos sólidos.

De forma descentralizada, é efetuada gestão de RSU em Cabo Verde em que as câmaras municipais são responsáveis pela recolha, transporte e destino final. A recolha, transporte e destino final dos outros tipos de resíduos é da responsabilidade dos seus produtores (PANA II, 2003).

São Vicente caracteriza-se por uma escassez generalizada de recursos e uma elevada pressão sobre os mesmos. Sendo assim têm -se envidado esforços para melhorar as condições da Ilha e preservar o ambiente ecológico da mesma (FONSECA 2009).

De acordo com FONSECA (2009), o Plano Ambiental Municipal de São Vicente (PAMSV) constitui um dos principais instrumentos de gestão do ambiente na ilha, resultado de um conjunto de estudos intersectoriais abrangendo várias temáticas, entre elas a gestão de RSU. Foram abordados vários aspetos em que se avaliou o estado delas, identificaram-se os impactes daí provenientes e propuseram-se medidas a serem adotadas. No entanto verifica-se a carência de estudos mais particularizados e a aplicação prática de medidas.

3.10.1. Fontes de resíduos em Cabo Verde

De acordo com PANA II (2003) para classificar os resíduos produzidos em Cabo Verde, identificaram-se as seguintes fontes:

- Famílias, escritórios, lojas e serviços,
- Indústrias, incluindo turismo
- Hospitais
- Matadouros
- Navios
- Oficinas técnicas
- Centrais elétricas e abastecimento de água (ELECTRA)

Fluxos de resíduos

Fazem parte do mesmo fluxo de resíduo todos os resíduos que recebem um tipo de recolha, tratamento ou disposição final diferente dos demais, tanto no presente como no futuro próximo. Para inventariar os diferentes fluxos em Cabo Verde definiu-se *à priori* os seguintes fluxos de resíduos (PANAIL, 2003):

- Resíduos sólidos urbanos (RSU)
- Resíduos de grande porte
- Resíduos industriais
- Resíduos perigosos
- Resíduos de construção e demolições
- Lamas de ETAR e fossas sépticas
- Resíduos hospitalares
- Resíduos de matadouros
- Sucata
- Resíduos de lixeiras selvagens
- Óleos usados
- Pneus
- Pilhas e acumuladores

Os que não foram selecionados como fluxo de resíduos são:

- Resíduos de escritórios, lojas e serviços que fazem parte dos resíduos urbanos;
- Resíduos municipais que fazem parte dos resíduos urbanos;
- Fármacos residuais que fazem parte dos resíduos hospitalares.

Recolha e deposição

De acordo com PANA II as condições de recolha e deposição dos RSU nos 17 municípios em Cabo Verde incluindo o município de São Vicente e o município da Praia se baseia no seguinte:

- O método de recolha geralmente praticado é o por contentores, que são colocados em determinados pontos (pontos de recolha), permitindo o acesso da viatura de recolha, existe também a recolha do tipo porta-a-porta, feita por contentores e a porta-a-porta ou mesmo pelas viaturas de recolha se assim for o dia indicado.

- A nível nacional, a recolha não é praticada em função do fluxo de resíduos como seria adequado. Os resíduos domésticos, os industriais, os perigosos (hospitalares), são recolhidos e transportados em conjunto. Os resíduos de grande porte, os inertes e os óleos usados, não são contemplados pelos serviços municipais de recolha.

De acordo com PANA II (2003) em Cabo Verde apesar das dificuldades financeiras e da existência de poucos equipamentos e recursos humanos, as entidades responsáveis têm envidado esforços principalmente na recolha e transporte dos resíduos urbanos. Os dados mostram que cerca de 66% da população tem o serviço de recolha.

A tabela a seguir mostra como é feita a gestão dos resíduos em Cabo Verde onde a responsabilidade é das Câmaras Municipais e em relação a outros tipos de resíduos os responsáveis são os próprios produtores.

Tipos de Resíduos	Responsáveis
Resíduos urbanos	Câmara municipal
Resíduos de grande porte	Produtor
Resíduos industriais	Produtor
Resíduos perigosos	Produtor
Resíduos de construção e demolições	Produtor
Lamas de ETAR e fosses	Produtor
Resíduos hospitalares	Produtor
Resíduos de matadouros	Produtor
Sucatas	Produtor
Resíduos em lixeiras selvagens	Produtor
Óleos usados	Produtor
Pneus	Produtor
Pilhas e acumuladores	Produtor

Tabela 16: Definição das responsabilidades de recolha, transporte e tratamento dos RSU em CV.

Fonte: Adaptado de PANAI (2003)

Destino Final

De acordo com MOREIRA (2008) o sistema de eliminação e valorização dos resíduos sólidos é pouco desenvolvido, e ainda não são conhecidas instalações de aterro sanitário, inceneração, compostagem ou triagem de resíduos para sua respetiva valorização.

Quase todos os resíduos existentes no país tem como destino final lixeira a céu aberto, com exceção de dos seguintes tipos:

- Resíduos orgânicos dos hospitais que são enterrados ou incinerados pelos serviços hospitalares;
- Fármacos fora do prazo que são queimados pelas delegacias de Saúde;
- Óleos usados que são armazenados pela Associação Garça Vermelha, rejeitados sem controlo ou queimados;
- Resíduos de construção e demolições grande parte dos resíduos de construção e demolições são vazados pelos produtores, de modo muito aleatório nas redondezas das zonas urbanas;
- Sucatas que são rejeitadas em lugares dispersos.

Normalmente cada município tem a sua lixeira oficial, embora existam também algumas lixeiras selvagens. As lixeiras geralmente não são vedadas o que permite o livre acesso das pessoas e animais. Os resíduos depositados não são cobertos diariamente com terra, sendo queimados a céu aberto causando um forte impacte ambiental (CORREIA, 2012).

De acordo com o Ministério Do Ambiente Agricultura e Pesca (2004) a dimensão cada vez maior das zonas urbanas e suburbanas cria problemas consideráveis na gestão das lixeiras e aterros sanitários, incluindo a recolha, transporte e tratamento dos resíduos. Nos bairros suburbanos mais pobres de alguns centros urbanos, o problema da gestão dos resíduos tornou-se incontrolável, devido a vários fatores nomeadamente uma inadequada política de urbanização, falta de saneamento, hábitos inadequados e fraca consciência ambiental da sociedade civil.

3.10.2. Políticas e estratégias da gestão de resíduos em Cabo Verde

De acordo com PANAI (2003), na gestão dos resíduos existe:

- O Decreto Decreto-Legislativo nº. 14/97, de 1 de julho que desenvolve as normas regulamentares de situações previstas na Lei de Bases da Política do Ambiente

estabelecendo os princípios fundamentais destinados a gerir e a proteger o ambiente contra todas as formas de degradação, com o fim de valorizar os recursos naturais, lutar contra a poluição de diversa natureza e origem e melhorar as condições de vida das populações no respeito pelo equilíbrio do meio.

- O Decreto-Lei nº 31/2003 que trata da eliminação de resíduos para a proteção do meio ambiente e saúde pública.
- A política de saneamento que tem como objetivo geral a satisfação das necessidades em termos de condições de salubridade e de ambiente sadio, através de infraestruturização básica de saneamento e implementação de procedimentos e práticas capazes de assegurarem melhorias crescentes das condições de vida.

IV. ESTUDO DE CASO

4.1. Caracterização das Áreas de estudo

Cabo Verde

O arquipélago de Cabo Verde é constituído por dez ilhas uma superfície aproximada de 4.033 km², situado entre os paralelos 14° 23' e 17° 12' de latitude Norte e os meridianos 22° 40' e 25° 22' a Oeste de Greenwich.

As ilhas do arquipélago de Cabo Verde apresentam-se dispostas em forma de ferradura e, devido à sua localização geográfica (integra o grupo dos países do Sahel), apresenta um clima árido e semiárido, quente e seco, com temperatura média anual a rondar os 25° C, com fraca pluviosidade, onde podem ser identificadas duas estações, que definem o clima das ilhas: o tempo das brisas (estação seca - dezembro a junho) e o tempo “das águas” (estação das chuvas, que, normalmente, decorre entre agosto e outubro, sendo o mês de julho, de transição).

No que se refere à população, de acordo com os dados do Instituto Nacional de Estatísticas (INE) sobre as projeções demográficas da população de 2010 a 2030, a população de Cabo Verde, no período 2012-2016, cresceu a um ritmo de 1,23%. Em 2016, foi estimado 531.239 pessoas residentes, tendo verificado um acréscimo de 6.406 habitantes, em relação ao ano 2015, (INE,2017).



Figura 12: Localização de Cabo Verde

Fonte: <https://www.google.cv/search=mapa+de+s%C3%A3o+vicente+cabo+verde>, consultado em julho de 2018.

4.1.1. São Vicente

Faz parte do conjunto das dez ilhas de Cabo Verde representando 5,6 % da superfície total, se encontrando na latitude 16° 53' 27.05" N e longitude 24° 59' 46.09" W (figura 13). Uma análise por conselho indica que São Vicente é uma das ilhas que apresenta uma grande concentração da população, representando, em 2016, respetivamente, 15,4% do total da população do país, sendo a maior percentagem natural da cidade da Praia com 29,2%. Sendo esta população cerca de 81.863 habitantes referentes ao ano 2016 (INE, 2017)

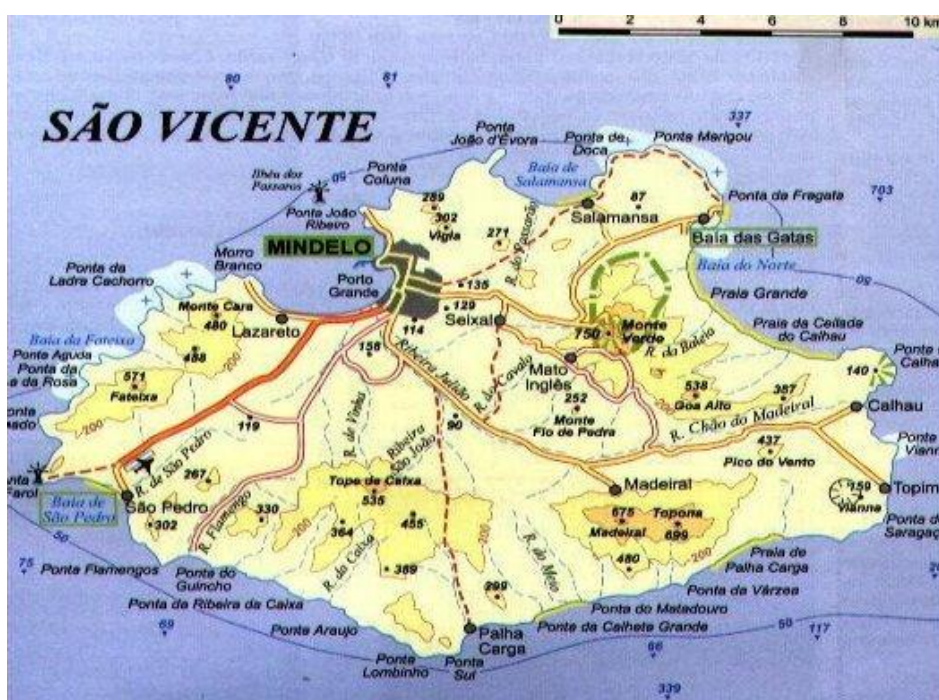


Figura 13: Mapa de São Vicente

Fonte: <https://www.google.cv/search=mapa+de+s%C3%A3o+vicente+cabo+verde>, consultado em julho de 2018.

De acordo com ANDRADE (2016) o clima que predomina em São Vicente é geralmente quente, com uma temperatura média anual em torno de 24 ° C, atingindo temperaturas ligeiramente superiores a 30° na época mais quente do ano, entre julho e setembro. No entanto, devido ao facto da ilha de S. Vicente estar sujeita a fortes ventos em quase todo o ano, faz com que a estação quente seja mais fácil de suportar do que em regiões menos expostas ao vento de outras ilhas do arquipélago. A precipitação é baixa comparada com

a das outras ilhas de Cabo Verde, sendo possível classificar o clima de árido assim como as ilhas do Sal, Boavista e Maio que são consideradas como muito áridas.

A ilha de corresponde no seu todo ao resto de um antigo aparelho vulcânico que sofreu bastantes efeitos de erosão ao longo da sua história geológica. Os restos da antiga bordeira da caldeira vulcânica correspondem aos cumes das maiores elevações da ilha (Monte Cara-Fateixa, Monte Verde, Madeiral e Tope de Caixa), que circundam a grande caldeira vulcânica que se encontra parcialmente submersa devido a ação de drenagem efetuada pela Baía do Porto Grande (ANDRADE, 2016).

No que diz respeito ao emprego, apesar de continuar a crescer em termos populacionais, atingindo 15,4% da população cabo-verdiana, a ilha de S. Vicente apresenta uma das maiores taxas de desemprego de cabo verde (14%), acima da média nacional (12,4%) contribuindo com pouco mais do que 15% para o PIB de Cabo Verde, bastante inferior em relação a sua contribuição no passado para o PIB do arquipélago. Contudo a situação de desemprego evidente em S. Vicente, não a impede de ser a 2ª em termos de contribuição para o PIB nacional conforme comparação feita pelo INE sobre a evolução e distribuição do PIB de Cabo Verde por ilhas no período 2007 a 2012 (INE, 2016).

Gestão dos RSU'S em São Vicente

O responsável pela gestão dos RUS's é a Câmara Municipal e dado ao crescimento populacional que de acordo com os dados da INE cresceu dos 78.325 habitantes no ano 2012 para 81.863 no ano 2016 traz como consequência o aumento dos resíduos descartados diariamente. Com isso a ilha de São Vicente vê-se numa necessidade de obter soluções rápidas para o tratamento destes.

A ilha não foge a regra no que diz respeito ao modo de tratamento em relação ao restante do país, ou seja, através do depósito dos lixos á céu aberto sem nenhum tipo de tratamento trazendo assim inúmeras consequências sociais e ambientais.

A falta de infraestrutura de saneamento do meio, a deficiente formação das populações e a falta de definição de normas ambientais controladoras da atuação das empresas comerciais e industriais, contribuem para a acumulação de resíduos sólidos e líquidos poluentes no solo, sobretudo urbano.



Figura 14:Lixeira de São Vicente

Fonte: Própria, (2015)

Lixeira municipal de São Vicente

Situada a 4 Km da cidade do Mindelo (figura 15), tem uma área de seis hectares, localizando-se fora do centro urbano, na zona de Ribeira de São Julião. Encontra-se vedada e tem guarda, mas não tem qualquer instalação adicional de apoio. Os resíduos aí depositados são geralmente queimados a céu aberto, arrumados em camadas e aterrados. Com o sistema de deposição de resíduos a céu aberto, e sem nenhum tipo de tratamento, este traz problemas sociais, ambientais e económicos para a ilha, e principalmente aos que fixaram moradia ao redor da lixeira, estes que acabam por ter que suportar o mal cheiro, os insetos ficando assim expostos a riscos de problemas de saúde, (FONSECA, 2009). Para além da recolha de RSU e sua deposição na lixeira, destacam -se outros fluxos de resíduos como entulhos, monstros, pneus, óleos usados, resíduos dos mercados e feiras, resíduos provenientes das unidades de saúde, da limpeza das praias e das papeleiras (FONSECA,2009).

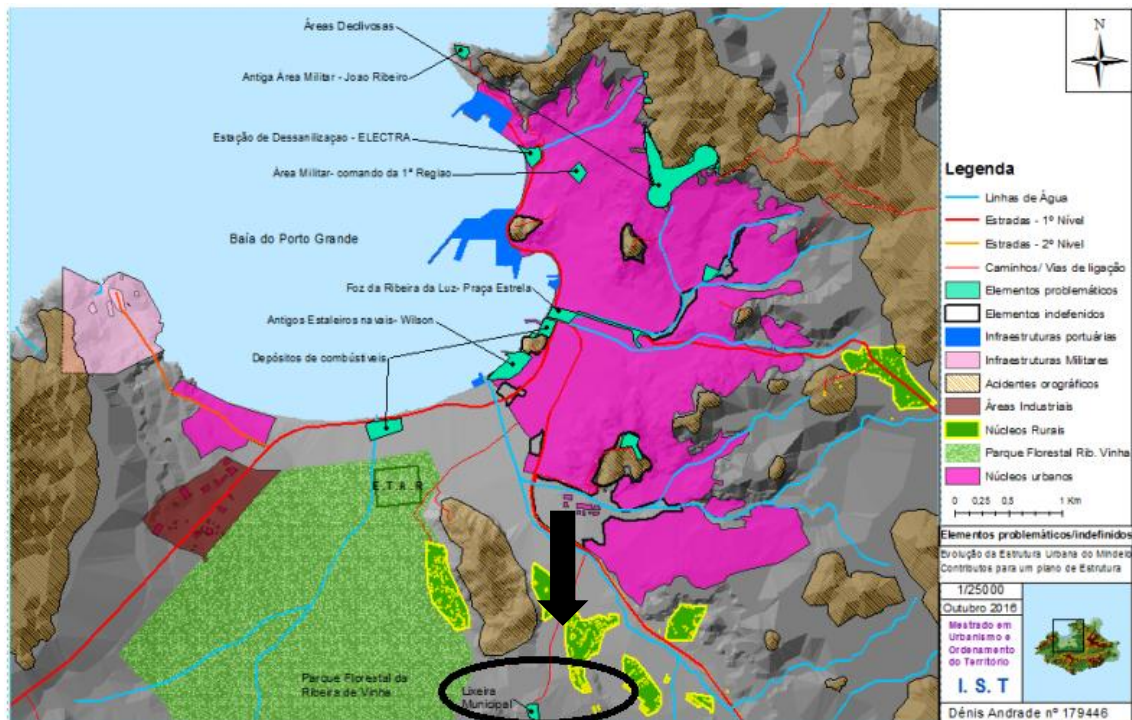


Figura 15: Mapa de São Vicente – Localização da lixeira municipal

Fonte: ANDRADE, (2016)

A possibilidade de transformar a lixeira em um elemento desfrutável economicamente para produzir energia em vez de um perigo ou inconveniente pode produzir uma nova tendência que visa trazer melhorias para a ilha como a oportunidade de novos empregos, melhoria nas condições de já trabalha no setor, ou seja um conjunto de vantagens, em vez de problemas.

Sistema de Recolha em São Vicente

O método de recolha é semelhante à de todo o país, feita por meios de recolha porta-á-porta, por contentores estrategicamente situados, através das viaturas de recolha ou diretamente pelos funcionários da Câmara Municipal de São Vicente (CMSV) quando se trata de recolha por contentores porta-á-porta.

A CMSV dispõe de 14 viaturas de recolha e transporte, 9 das quais com sistema de compactação, a recolha abrange 100% da população do município (PENGGER, 2016).

Dados apontados pelo PENGGER (2016) mostram a produção resíduos sólidos, no que se refere

a quantidade produzida trata-se de 37588 toneladas, capacidade 1,27 kg/dia por habitantes e 100% de cobertura a nível de população.

Através dos relatórios feitos pela CMSV é possível verificar a quantidade de resíduos depositados na lixeira durante os anos de 2014 e 2015.

Relativamente ao ano 2014 a tabela 17 e a figura 16 a seguir mostram os resultados obtidos:

2014						
VOLUME (m ³)						
Mês	Total Mensal	RSU	Comercial	Industrial	Hospitalar	Espaços Verdes
Janeiro	14.883.00	13.533.00	701.00	433.00	25.00	175.00
Fevereiro	13.319.00	12.251.50	475.25	463.50	20.00	92.75
Março	15.682.00	14.371.00	518.00	592.50	20.00	173.00
Abril	14.657.50	13.588.00	376.50	517.50	25.00	150.50
Maió	16.840.50	15.443.00	423.50	780.00	40.00	147.00
Junho	14.137.00	12.644.00	491.75	886.25	45.00	70.00
Julho	18.334.50	16.900.75	491.75	777.50	35.00	122.50
Agosto	16.027.25	14.679.00	488.25	664.25	40.00	141.75
Setembro	14.614.20	13.467.00	408.70	693.75	15.00	29.75
Outubro	10.636.00	9.713.50	390.00	490.75	15.00	26.75
Novembro	7.050.50	6.384.50	181.50	411.00	0.00	73.50
Dezembro	14.084.00	12.648.75	421.25	855.75	15.00	100.25
TOTAL ANUAL	170.265.45	155.624.00	5.367.45	7.565.75	295.00	1.302.75
MÉDIA MENSAL	14.188.79	12.968.67	447.29	630.48	24.58	108.56
MÉDIA DIÁRIA	466.48	426.37	14.71	20.73	0.81	3.57

Tabela 17: Quantidade de lixo recolhido em S.V no ano de 2014

Fonte: Adaptado de CMSV

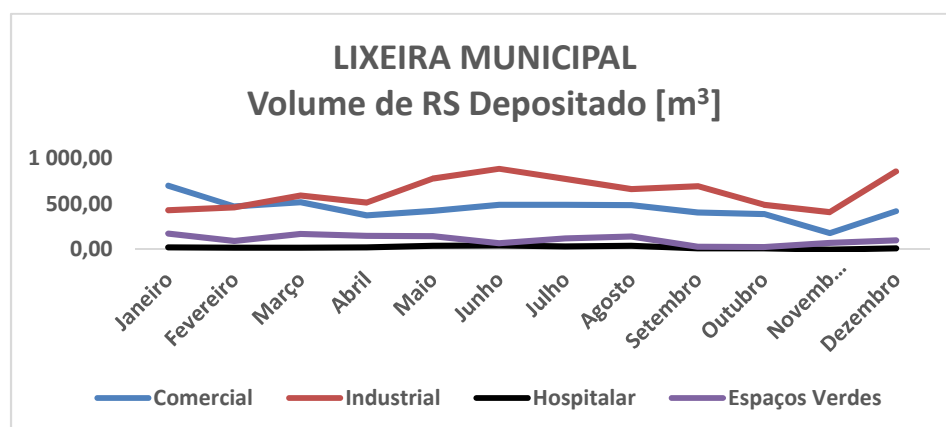


Figura 16: Gráfico do volume resíduos depositados na lixeira de S.V no ano 2014.

Fonte: CMSV

No que diz respeito ao ano 2015 houve um aumento em relação ao ano 2014, verificável na tabela 18 e na figura 17:

2015						
VOLUME (m ³)						
Mês	Total Mensal	RSU	Comercial	Industrial	Hospitalar	Espaços Verdes
Janeiro	16 305	14 943	378	844	60	80
Fevereiro	13 632	12 575	298	585	20	154
Março	17 371	15 964	521	670	15	189
Abril	16 293	14 450	617	999	50	176
Maio	16 072	14 356	586	839	26	259
Junho	16 786	14 831	809	921	41	182
Julho	18 403	16 532	673	1 004	51	143
Agosto	18 635	16 693	667	1 017	50	209
Setembro	18 197	16 285	681	866	85	279
Outubro	19 208	17 239	653	858	70	389
Novembro	19 217	17 210	581	877	86	463
Dezembro	21 250	19 273	804	780	35	358
TOTAL ANUAL	211 367	190 350	7 268	10 259	589	2 882
MÉDIA MENSAL	17 614	15 862	606	855	49	240
MÉDIA DIÁRIA	579	522	20	28	2	8

Tabela 18: Quantidade de lixo recolhido em S.V, no ano 2015.

Fonte: Adaptado de CMSV

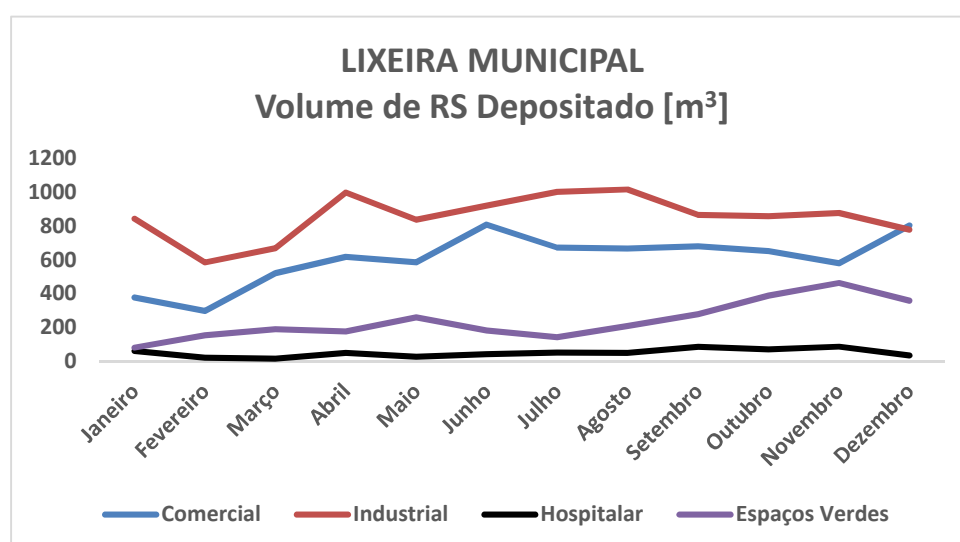


Figura 17: Gráfico do volume resíduos depositados na lixeira de S.V, no ano 2015.

Fonte: CMSV

Situação social

Sabe-se que para-além dos riscos a saúde os moradores fixados ao redor da lixeira são famílias que não possuem as melhores condições de vida, sem meios económicos e por falta de trabalho que na maioria dos casos é devido a falta de capacitação ou de uma formação, estes acabam por constituir o grupo de pessoas que se ariscam e tornam-se catadores, dado as necessidades vividas no dia-a-dia.

Este é mais um dos problemas que a lixeira tem trazido para a sociedade de São Vicente e que necessita de um cuidado especial por se tratar de famílias com necessidades onde existem casos de crianças a vivem nestas condições, e que em muitas vezes acabam-se por se submeterem a situação de se tornarem catadores, e que para além do trabalho infantil que são submetidos existe casos onde estes não vão a escola deixando assim de cumprir o direito de estudar.

4.1.2. Cidade da Praia- Santiago

A cidade da Praia localiza-se na ilha de Santiago (figura 18), uma das dez ilhas constituintes do arquipélago de Cabo Verde, é a maior do arquipélago e pertence ao grupo Sotavento. Está situada entre o paralelo 14° 50` 15° 20` Norte e o meridiano 23° 20` e 23° 50` W. Apresenta comprimento máximo no sentido SENW de 55 Km e uma largura máxima no sentido Este-Oeste de 37 km (CORREIA, 2012).

A ilha de Santiago com 990,9 km² possui a maioria populacional do país com cerca de 55,7% a cidade da Praia é onde se localiza a maioria cerca de 155252 habitantes referentes ao ano 2016 (INE,2017). Por se tratar da capital do país a população tende a aumentar cada vez mais na medida que o desenvolvimento do país aumenta.



Figura 18: Localização da cidade da Praia, ilha de Santiago

Fonte: <https://www.istockphoto.com/br/vetor/mapa-de-cabo-verde-ilha-santiago>, consultado em setembro de 2018.

O clima é do tipo subtropical seco, caracterizado por uma curta estação de chuvas de julho a outubro, com precipitações, por vezes torrenciais e mal distribuídas no espaço e no tempo. A média anual de precipitação é de cerca de 225 mm, com tendência para baixar desde a década de sessenta do século passado. A temperatura média anual é de 25°C nas zonas baixas áridas, 22°C, nas zonas intermédias e 20°C nas zonas de altitude, (CORREIA, 2012).

Gestão e recolha dos RSU'S na cidade da Praia

Não diferente de São Vicente o responsável pela gestão dos resíduos na capital do país, cidade da Praia é a Câmara Municipal da Praia. O Sistema de Recolha de lixo na cidade da Praia é semelhante ao de São Vicente e vem ganhando alguma credibilidade, junto da população Praiense, tendo em conta os investimentos que foram levados a cabo nos anos transatos. Trata-se de um sistema simples, com dois turnos para camiões compactos e poli guindastes (das 07 horas até 13:00 e das 13:00 até 18:30) e os Camiões de recolha porta a porta desdobram-se em vários turnos, (das 05:00 até as 23:00) para uma maior eficiência e eficácia (DADOS E INFORMAÇÕES DAS DIVISÕES DE RSU'S E HSP, CMP – 2013 – 2014, 2014).

O sistema está traçado de forma a cobrir todos os bairros possíveis onde possuem contentores de lixo, e onde não existem contentores, são feitas recolha porta a porta.

Ainda, no que tange a recolha, a Camara Municipal da Praia (CMP) dispõe de uma equipa de recolha, mecanizada, que normalmente faz a limpeza e transporte de resíduos nas ribeiras, cantos, largos, Valas e resíduos de Construção colocados na via pública. Esses equipamentos em casos de avaria nos camiões de recolha de contentores *Multibening*, são utilizados para o efeito (DADOS E INFORMAÇÕES DAS DIVISÕES DE RSU'S E HSP, CMP – 2013 – 2014, 2014).

Lixeira/ vazadouro municipal da Praia

Situada na zona de Monte dos Bodes no município de São Domingos, ocupa uma área de 20 hectares o tratamento de RSU processou-se por aterro no vazadouro municipal. Com uma beneficiação e introdução de um sistema de gestão do vazadouro municipal, com aquisição de um Bulldozer (Caterpillar D6) e pessoal específico, foi possível gerir o volume de resíduos entrados num nível bem mais satisfatório que nos anos anteriores. Não se dispõe de balança à entrada do vazadouro, pelo que não é possível quantificar com exatidão a quantidade de RSU aí depositado. Entretanto, registaram-se 23.040 entradas de viaturas com lixo indiferenciado, 1.620 com terras, 1800 com escombros, 180 com restos de podas e 55 entradas de viaturas com pneus (RELATORIO DE ATIVIDADES, CMP, 2013).

Embora melhorias no sistema de recolha ainda o sistema de tratamento não é o melhor. Com a deposição dos resíduos a céu aberto com a existência de alguns constrangimentos que ainda persistem neste sector (RELATORIO DE ATIVIDADES, CMP, 2013):

- Melhorias das condições de trabalho dos funcionários (condutores e vigilantes), face às condições salariais, nomeadamente, subsídio de risco e horas extraordinárias;
- Incumprimento do horário de recolha para cada sector e muitas vezes acabam por não fazer recolha num dos sectores.
- Atraso no início da atividade, tendo em conta que a mesma viatura trabalha de madrugada.
- Aumento das habitações em relação a data em que o sistema entrou em funcionamento

- Incumprimento do horário por parte da população, deitando lixo na rua, consequentemente, aumentando o tempo de recolha.



Figura 19:Lixeira da Praia

Fonte: <https://www.google.cv/search?q=lixreira+da+praia+cabo+verde>, consultado em setembro de 2018.

A tabela 19 apresenta o valor da quantidade de resíduos recolhidos pela CMP durante o ano 2011.

Camara Municipal da Praia, CMP – 2011	
Total estimativa de resíduos recolhidos	107307,98
(ton)	

Tabela 19:Quantidade de resíduos recolhidos ano 2011

Fonte: Adaptado de CMP

4.2. Visão geral do setor energético de Cabo Verde / São Vicente / Praia

Cabo Verde é caracterizado pela insularidade e pelo recurso generalizado aos derivados do petróleo. A energia consumida em São Vicente, na Praia e em todo o resto de país é maioritariamente constituída por derivados do petróleo (Gás de Petróleo Liquefeito (GPL), gasolina, petróleo, gasóleo, fuelóleo e Jet A1) todos produtos refinados e logo energia secundária. Só a biomassa, a energia solar e a energia eólica, com um peso em torno dos 15% do consumo bruto, podem ser considerados energia primária. O consumo de energia *per capita* em Cabo verde é de 233 kep/capita e, para cada 1000 US\$ de rendimento o país consome 62,4 kep, (RELATÓRIO DE BASE PARA CABO VERDE, 2014).

A Direção Geral de Energia é o órgão executivo competente para a conceção e proposta de estratégias, regulamentação e coordenação da execução das políticas e diretivas do governo na área da energia.

O mercado elétrico e dos combustíveis são regulados, desde 2004, pela Agência de Regulação Económica (ARE). No mercado de combustíveis operam duas companhias a ENACOL - Empresa Nacional de Combustíveis, S.A. que de empresa pública constituída em 1979 passou a privada com dois acionistas estrangeiros a Galp Energia, e a Sonangol, operando na importação e distribuição de combustíveis e a VIVO Energy, que desde 2010 adquiriu os ativos da Shell Cabo Verde e que importa e distribui produtos da Shell internacional, (RELATÓRIO DE BASE PARA CABO VERDE, 2014).

As infraestruturas de armazenamento seguem as vocações históricas de cada ilha, salientando o peso das reexportações.

- O Gasóleo é maioritariamente importado e armazenado na ilha de São Vicente;
- O Fuelóleo é importado e armazenados na ilha de São Vicente;
- O JET A1 para aviação é maioritariamente importado e armazenado na ilha do Sal;
- O Butano é importado e armazenado na ilha de Santiago.

Ano	Gasóleo (GWh)	Fuelóleo (GWh)	JET A1 (GWh)	Mercado exreno (GWh)	Mercado global de combustíveis (GWh)
2010(ano de base)	344,9	163,5	540,2	1.048,6	3.031,3
2011	452,3	478,4	551,4	1.482,1	3.572,3
2012	351,2	216,5	639,9	1.207,6	3.139,3
2013	381,2	188,9	594,8	1.164,9	3.017,8

Tabela 20: Mercado de exportação em Cabo Verde

Fonte: Adaptado de RELATÓRIA DE BASE PARA CABO VERDE, (2014)

A principal empresa a operar no setor elétrico em Cabo Verde é a empresa pública de eletricidade e água – ELETRA S.A.R.L., empresa pública que tem desde 2000 a concessão da rede de distribuição e opera as maiores centrais de produção, a exceção é a ilha da Boavista onde opera a empresa público-privada Águas e Energia de Boavista (AEB) como subconcessionária do serviço público, e da ilha do Sal onde opera ainda a

empresa Águas de Ponta Preta (APP), empresa de tratamento de água e energia do Sal desde de 2005.

A visão do Governo de Cabo Verde para o setor energético, é construir um setor energético seguro, eficiente, sustentável e sem dependência de combustível fóssil. Esta visão está assente em quatro pilares fundamentais:

- i. Segurança Energética e redução da dependência das importações – Garantir redução da dependência das importações de energia e facilitar o acesso contínuo ao fornecimento de energia, não obstante as incertezas e imprevisibilidades do mercado mundial;
- ii. Aposta nas Energias Renováveis – Investir e adotar tecnologias de energias renováveis e alternativas, com a conseqüente redução da dependência da importação de combustíveis;
- iii. Sustentabilidade – Garantir a sustentabilidade do setor energético do ponto de vista ambiental, sociopolítico e económico;
- iv. Eficiência – Garantir um sistema de fornecimento, distribuição e consumo de energia adequado e eficiente em todo o país.

Para realizar esta visão, o governo optou por uma série de medidas que incluem:

- Aumento da penetração da Energia Renovável e alternativa;
- A promoção da conservação de energia e da eficiência do setor energético;
- Expansão da capacidade de produção de energia elétrica;
- Expansão da cobertura e garantia de acesso à energia;
- Melhoria do ambiente institucional e do quadro legal;
- Criação de um fundo de segurança energética;
- Promoção da investigação e adoção de novas tecnologias.

O governo quantifica alguns objetivos, sendo um dos principais, o de cobrir 50% das necessidades em energia elétrica, até 2020, através de fontes renováveis e ter pelo menos uma ilha com 100% de energia renovável.

Não menos importante é a vontade expressa de garantir uma cobertura em energia elétrica de 100% e a garantia de uma maior qualidade e fiabilidade no acesso à energia bem como a redução do custo de eletricidade que (em 2008) ronda os 70% acima da média europeia,

para o máximo de 25% acima da referida média (RELATÓRIA DE BASE PARA CABO VERDE, 2014).

4.2.1. Energias Renováveis

No que diz respeito a área das energias renováveis o maior produtor de energia elétrica de origem eólica é a CABEÓLICA, S.A. uma parceria público-privada que iniciou a sua atividade em Cabo Verde em 2009 com a instalação de 4 parques eólicos, num total de 25,5 MW, nas ilhas de São Vicente, Sal, Boavista e Santiago. A empresa privada ELECTRIC WIND desenvolveu e tem explorado um Parque Eólico de 2 x 250 kW na ilha de Santo Antão. Também em São Vicente esta empresa dispõe de mais um parque eólico constituído por três turbinas.

Nos últimos anos, a oferta interna total de energia bruta passou de 2.340 GWh em 2010 para 2,311 GWh em 2013 tendo atingido um pico de 2,4717 GWh em 2011. Entre 2010 e 2013 houve uma quebra de perto de 14% no consumo de gasóleo, devido sobretudo a introdução dos parques de energias renováveis.

Ano	Gasóleo	Fuelóleo	Eletricidade c/ Diesel	Eficiência %	Eletricidade c/ renováveis	Eletricidade c/ renováveis %
2010	250,4	621,0	341,6	39,2%	4,1	1,2%
2011	230,9	640,3	336,7	38,6%	24,6	6,8%
2012	210,1	573,9	301,3	38,4%	68,9	18,6%
2013	164,0	615,5	312,7	40,1%	78,0	20,0%

Tabela 21: Produção de eletricidade em Cabo Verde

Fonte: Adaptado de RELATÓRIA DE BASE PARA CABO VERDE, (2014)

V. RESULTADOS

O presente trabalho objetiva-se a estudar e analisar o histórico dos resíduos sólidos urbanos de São Vicente lançados na lixeira diariamente. Pretende-se ter conhecimento da quantidade de biogás que se pode obter e o que se pode aproveitar energeticamente.

Os cálculos a seguir pretendem demonstrar a viabilidade produção de biogás com os RSU's depositados na lixeira de São Vicente e da cidade da Praia e indicar alguns meios adequados para este aproveitamento energético.

5.1.1 Cálculo da produção do metano na lixeira

São Vicente

Os cálculos são feitos de acordo com os dados do ano 2015 para São Vicente. Para saber o valor do potencial de geração de metano é utilizado o modelo da ICPP:

$$L_0 = DOC \times DOC_f \times MCF \times F \times 16/12$$

Onde

$$DOC = (0,4 \times A) + (0,24 \times B) + (0,15 \times C) + (0,43 \times D) + (0,39 \times E)$$

DOC = 0,25492 (De acordo com os dados da tabela 22)

DOC_F = 0,77

MFC = 0,8

F = 0,5

$$L_0 = 109,53 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{tonelada de resíduo}$$

Verifica-se com o resultado que existe um valor fiável para o potencial de geração do metano.

Cálculo da geração/emissão de metano:

$$E_{CH_4} = k \times Rx \times L_0 \times e^{-k(x-T)}$$

Para $k=0,09$;

$R_x=20899$ ton/ano

$$E_{CH_4}=157190,026 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ano}$$

Valor da potência disponível

Para saber o valor é utilizado a equação 13:

$$P = (Q \times PCI \times \eta) / 860.000$$

Onde o PCI = Poder Calorífico Inferior do metano. Caso não possua o valor real do PCI do metano, pode-se adotar $5.500 \text{ kcal/m}^3\text{CH}_4$ (valor adotado para 50% de metano presente no biogás);

η = Eficiência de motores (geralmente é $28\% = 0,28$);

860.000 = Conversão de kcal para MW;

$Q = E_{CH_4}$

$$P=281,479 \text{ KW}$$

Energia disponível:

$$E = P \times \text{Rend} \times \text{Tempo de Operação}$$

$$E=1224,43 \text{ KW}$$

Cidade da Praia

Para a cidade da Praia obteve-se os seguintes resultados referentes ao ano 2011:

$DOC = 1,30925$ ton (De acordo com os dados da tabela 22)

$DOC_F=0,77$

$MFC=0,8$

$$L_0=797,58 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{tonelada de resíduo}$$

F=0,5

Para k=0,09;

Rx=107307,98 ton/ano

$E_{CH_4}=410174,53 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ano}$

Valor da potência disponível:

P=734,049 KW

Energia disponível:

E= 3195,06 KW

VI. DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos verifica-se claramente um futuro promissor no que se diz respeito ao aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos de São Vicente e da Praia; na última que possui maior descarte de resíduos, os resultados obtidos mostram que esse aproveitamento energético é possível e com o passar dos anos consequentemente o aumento da população nestas respetivas ilhas, estes valores que aumentaram em relação aos anos dos dados fornecidos pelas respetivas câmaras municipais tendem a aumentar muito mais consoante o desenvolvimento do país.

Segundo a INE a população tende a aumentar 1,01% anual e consequentemente terá o aumento de resíduos descartados diariamente. Estes valores demonstram de forma clara o crescimento previsto tanto populacional como de resíduos descartados. Com a escolha dos meios certos, pode-se ter um futuro promissor no que se diz respeito ao aproveitamento energético do biogás proveniente destes resíduos, contribuindo na diminuição do uso de combustíveis fósseis e garantindo um Cabo Verde mais limpo em termos ambientais.

6.1. Comparação dos resultados entre São Vicente e Praia

Os valores se comparados mostram um aumento em termos de resíduos descartados o que vai aumentar a produção de biogás e consequentemente os ganhos energéticos.

Em relação às duas lixeiras é claramente verificável através dos cálculos anteriores um maior potencial proveniente da lixeira/vazadouro da Praia com uma potência de 734,049 KW referente ao ano 2011 enquanto que para a lixeira de São Vicente a potência é de 281,479 KW referente ao ano 2015. Os valores mostram claramente que a lixeira da Praia possui uma maior potência para o aproveitamento energético, portanto com tratamento certo aplicada às duas lixeiras, estas fontes podem contribuir de grande forma para a diminuição da dependência de combustíveis fósseis e na redução da emissão de gases efeito estufa comprovando assim a bibliografia referida neste trabalho, e atingindo os objetivos traçados.

6.2. Alternativas para o aproveitamento energético do biogás proveniente das lixeiras/ vazadouro e soluções e para uma melhor gestão:

- **Aterro sanitário:** com a implementação de um projeto de aterro será possível uma melhor estruturação e organização da lixeira, para o aproveitamento energético diminuindo assim a poluição, mau cheiro, e todo incômodo causado pela lixeira atual;
- **Incineração:** com sistemas de incineração de alta tecnologia e baixas emissões de poluentes, com larga utilização para tratamento do lixo doméstico, hospitalar e mesmo perigosos, este seria mais uma das alternativas para o tratamento dos RSU's e seu aproveitamento energético. Atualmente, existem incineradores no mercado que apresentam grande eficiência de queima com baixo consumo de combustível e baixo teor de emissões.
- **Tecnologia DRANCO:** apesar de mais recente, já é utilizada em diversos países da Europa, e se mostra como uma alternativa eficaz para a questão dos resíduos sólidos urbanos. Constitui-se de dois estágios, um de produção de biogás, simultaneamente a adubo orgânico, em silos capazes de reduzir a disposição final, e o aproveitamento deste combustível é feito de acordo com o ciclo Otto.
- O biogás pode ser queimado em *flare*, evitando assim a emissão de metano para a atmosfera.
- Existem várias tecnologias como já mencionadas para a geração de energia elétrica: motores de combustão interna, turbinas de combustão e turbinas a gás com utilização do vapor (ciclo combinado), biodigestores, microturbina a gás. No futuro, outras tecnologias como células combustíveis tornar-se-ão comercialmente viáveis e poderão utilizar o biogás.

Esta geração mediante seu tratamento poderá ter várias aplicações como:

- Iluminação a gás (iluminação pública);
- Combustíveis veiculares, para abastecimento da frota de caminhões de coleta de lixo e veículos públicos;
- Gás para cozinha;
- Gás para motores de combustão interna e geradores elétricos;
- Energia elétrica, para uso no próprio aterro;
- Energia térmica (calor)

- Etc.

Impactes Sociais

Com a realização de um projeto de um aterro e com a implementação de uma melhor forma de gestão, tratamento dos resíduos e conseqüentemente o aproveitamento energético do biogás proveniente de todo um processo planeado e estudado este pode assim trazer inúmeras vantagens sociais.

Claramente será necessário todo um processo de reestruturação adequada desde a distribuição do ponto de recolha dos lixos, os horários, a quantidade de contentores distribuídos pela ilha e cidade assim como a organização destas, ate a sua disposição e tratamento dado num futuro aterro.

Em relação aos funcionários, catadores, varredeiras, etc estes com um sistema melhorado de capacitação poderão disfrutar de melhores condições de trabalho, melhor salário, melhor segurança, com melhores equipamentos e ate mesmo formação para um melhor desempenho e tratamento dos RSU's.

As famílias que vivem perto das lixeiras, podem ser capacitados e empregados no próprio aterro com funções mediante suas capacidades, estes aterros terão necessidade de serem construídos para o tratamento e aproveitamento energético do biogás visto que no presente existe somente uma lixeira a céu aberto e a lixeira/vazadouro na Praia que também não possui as melhores condições. Estas construções poderão ser feitas nos próprios terrenos das lixeiras por pertencerem as Camaras Municipais.

Todo este processo poderá ser feito através de um projeto que poderá ser realizada no futuro. Através de cálculos e analises poderá ser possível tomar a melhor escolha para execução de um bom projeto para o tratamento e aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos.

Impactes Ambientais

Neste ponto pode-se dizer que as vantagens são ótimas dado a diminuição da libertação dos gases efeito estufa, diminuição do mau cheiro que afeta os que vivem próximo da lixeira e não só, diminuição dos animais como moscas, mosquitos, e demais que fazem parte de um grande incomodo proveniente da lixeira/vazadouro, além da possibilidade de redução de riscos de doenças que a lixeira/vazadouro pode proporcionar para toda a sociedade.

Realçar também a possibilidade de negociar os critérios de carbono estabelecidos pelo protocolo de Quioto com outros países algo que pode ser vantajoso para Cabo Verde visto que o país não possui grandes meios que implicam a libertação de gases.

Impactes Económicos

A nível económico pode-se afirmar que este trará grandes benefícios no que diz respeito a geração de novos empregos, um novo meio de geração e circulação de capital que poderá assim contribuir para o desenvolvimento destas ilhas e posteriormente com o avanço das tecnologias contribuir com todos o país aplicando projetos semelhantes nas restantes ilhas.

Custos

Estes tipos de projetos geralmente são caros. Isto porque, ao utilizar o lixo, há necessidade de se trabalhar com pressões e temperaturas altas, o que leva a ter sistemas mais complexos, e caros para a extração e tratamento dos gases.

Portanto é necessário que seja feito um estudo detalhado dos custos e gastos a ter de modo que se possa obter um retorno satisfatório quando se executar tal projeto. Retorno este que se mostra claramente possível dado ao potencial energético provado nos cálculos anteriores.

VII. CONCLUSÕES

O estudo apresentado concentrou-se em fazer uma análise com o intuito de demonstrar a existência de condições que permitam o aproveitamento energético do biogás proveniente da lixeira municipal de São Vicente e da lixeira/vazadouro da cidade da Praia indicar alguns dos meios existentes e viáveis para que este aproveitamento possa ser feito e utilizado.

Atualmente, a sociedade cabo-verdiana, se depara com um grande desafio quanto à gestão dos resíduos sólidos. Sua produção vem aumentando devido à intensificação das atividades humanas nas últimas décadas, dificultando o manejo e disposição correta dos mesmos. Quando dispostos de forma inadequada, em lixeiras, como o caso de São Vicente e da cidade da Praia, geram metano, cuja emissão para atmosfera contribui com o aumento do aquecimento global, por se tratar de um gás de efeito estufa.

Através dos estudo e cálculos feitos este trabalho mostrou que existe condições, e que por meio de gestão eficiente dos resíduos sólidos urbanos é possível aproveitar o potencial energético do biogás e consequentemente diminuir o consumo de combustíveis fósseis, reduzindo assim o impacto ambiental e contribuindo para uma melhoria social e econômica.

As tecnologias disponíveis para recuperação energética do biogás apresentam custos elevados para o país, e ainda é de se ter em conta que estes equipamentos terão de ser importados o que implica mais um custo. Portanto é visto necessário um investimento alto para tal tipo de projeto, mas de ter em conta que com o tempo e gestão correta este investimento apresenta o seu retorno.

De modo geral pode-se concluir que o uso energético do biogás vai influenciar positivamente a administração dos municípios, dado que com o gerenciamento adequado dos resíduos haverá influencia na geração de empregos, incentivando o desenvolvimento tecnológico e social. Além disso promove geração de energia elétrica, o que colabora para o aumento da eficiência energética dos aterros posteriormente construídos, tornando-os autossuficientes para a viabilidade do saneamento básico do país, contribuindo energeticamente e viabilizando assim os objetivos traçado neste trabalho.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. V. (2009). *Análise de Viabilidade Técnica e Econômica da Geração de Energia Através do Biogás de Lixo em Aterros Sanitários*. Rio de Janeiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia Mecânica.

ALBERTINO GRAÇA. *Introdução a Investigação Científica-Guia para investigar e redigir*. Mindelo. Universidade do Mindelo.

ALI, S. M., PERVAIZ, A., AFZAL, B., HAMID, N., AZRA, Y. (2013). *Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city*, King Saud University Journal of King Saud University –Science.

ALVES, J. W. S. (2000) *Diagnóstico técnico institucional da recuperação e uso energético do biogás gerado pela digestão anaeróbia de resíduos*. (Dissertação de Mestrado). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo.

AMBSC. *Ambiental Saneamento e Concessões*. Disponível em: <http://www.ambsc.com.br>. Consultado em junho de 2018.

ANDRADE, D. G. (2009). *Evolução da estrutura urbana da Cidade do Mindelo, Contributos para a proposta de um plano de estrutura*. Lisboa, Instituto Superior Técnico Lisboa.

BIDONE, F. (2001). *Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais*. Rio de Janeiro, RiMa.

BORBA, S. M. (2006). *Análise de métodos de geração de gases em aterros sanitários: estudo de caso Rio de Janeiro*. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro. COOPE/UFRJ.

Braga, B. (2002). *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo: Prentice Hall.

CAMARA MUNICIPAL DA PRAIA (2011). *Inquérito de Resíduos Sólidos Urbanos 2011*. Praia. Programa©MicrosoftExcel

CAMARA MUNICIPAL DA PRAIA (2014). *Relatório de atividades – 2013*. Praia, Cabo Verde.

CÂMARA MUNICIPAL DA PRAIA (CMP), DIRECÇÃO DO AMBIENTE E SANEAMENTO (2014). *Dados e informações da divisão de gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos e divisão de higiene e saúde pública*. Praia, Cabo Verde.

CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO VICENTE (2015). *Lixeira Relatório 2014*. São Vicente. Programa©MicrosoftExcel.

CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO VICENTE (2016). *Lixeira Relatório 2015*. São Vicente. Programa©MicrosoftExcel.

CHYNOWETH, D. P., OWENS, J. M., LEGRAND R. (2001). *Renewable methane from anaerobic digestion of biomass*, Renewable Energy, University of Florida, Gainesville, Florida, PERGAMON.

CORREIA, R. P. L. (2012). *Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos e Perspetiva de Melhoria Caso de Estudo Assomada – Cabo Verde, dissertação de mestrado*. Instituto superior de agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.

DIRECÇÃO GERAL DE ENERGIA (2014). *Relatório Base para Cabo Verde*. Ministério do Turismo, investimentos e desenvolvimento empresarial.

DOS SANTOS, W. M., MUNIZ J. V. R. (2017). *Estudo sobre a viabilidade do uso de resíduos sólidos para geração de energia de biogás no campus dom delgado da UFMA* São Luís, Maranhão. Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

FARIA, M. (2010). *Biogás produzido em aterros sanitários – aspetos Ambientais e aproveitamento do potencial energético*. São Paulo, Universidade de São Paulo.

FERNANDES, J. G. (2009). *Estudo da Emissão de Biogás em um Aterro Sanitário Experimental*. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.

FIGUEIREDO, J. C. (2012). *Estimativa de produção de biogás e potencial energético dos resíduos sólidos urbanos em minas gerais*. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.

FIGUEIREDO, N. J. V. (2007). *Utilização do biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica e iluminação a gás – estudo de caso*. São Paulo, Trabalho de Graduação para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica, Universidade Presbiteriana Mackenzie.

FILHO, L. F. B. (2005), *Estudo de gases em aterros de resíduos sólidos urbanos*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro.

FONSECA, A. O. P. (2009). *Contributo para a Organização e Planeamento de um Sistema de Recolha de Resíduos Sólidos Urbanos na Ilha de São Vicente – Cabo Verde*. Lisboa, Faculdade de Ciência e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa.

GOVERNOS LOCAIS PELA SUSTENTABILIDADE – ICLEI (2009). *Manual para aproveitamento de biogás: aterros sanitários*. Vol I. Escritório de projetos no Brasil. São Paulo

IGONI, A. H., AYOTAMUNO M.J., EZE C.L., OGAJI S.O.T., E PROBERT S.D. (2007). *Designs of anaerobic digesters for producing biogás from municipal solid-waste*, APPLIED ENERGY, Elsevier Ltd.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL- IBAM, (2001), *Manual Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos*, Rio de Janeiro, Brasil.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA – INE (2012). *Projeções Demográficas Cabo Verde 2010 - 2030*. Governo de Cabo Verde. Praia.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA – INE (2017). *Anuário Estatístico Cabo Verde 2016*. Governo de Cabo Verde. Praia.

INTERGOVERNAMENTAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (1996). *Guia para inventários nacionais de gases de efeito estufa*. Vol. II. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>. Consultado em: julho 2018.

INTERGOVERNAMENTAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (2007) *Climate change 2007: The physical science basis*. Contribution of working group I to

the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. University Press. Cambridge.

KARLSSON T., KONRAD O., LUMI M., SCHMEIER N., MARDER M., ELIS CASARIL C. E., KOCH F. F., GELSON PEDROSO A. G. (2014). *Manual Básico de Biogás, primeira edição*. Lajeado. Editora UNIVATES.

LANGE, L., SIMÕES G., LIMA W., CATAPRETA C., FREITAS I. (2016). *Resíduos Sólidos*. Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários. Sigma.

MACIEL, F.J. (2003). *Estudo da geração, percolação e emissão de gases no aterro de resíduos sólidos da Muribeca/PE*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco.

MARTINHO, M., & GONÇALVES, M., (2000), *Gestão de Resíduos*. Lisboa: Universidade Aberta.

MINISTÉRIO DO AMBIENTE AGRICULTURA E PESCA (MAAP), (2004), *Livro Branco do Estado do Ambiente*, Praia, Cabo Verde.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO URBANO, (2000), *chapter 15 - energy recovery from municipal solid waste*, In: Manual on Municipal Solid Waste Management (pp. 206-309), Nova Deli.

MONTAGNA, T.M. (2013). *biogás produzido em aterro sanitário como fonte de energia* – Trabalho de Conclusão de Curso para a obtenção do grau Bacharel em Engenharia Ambiental pela Faculdade Educacional de Dois Vizinhos - União de Ensino do Sudoeste do Paraná.

MOREIRA, L. J. L., (2008), *Estratégia De Gestão Para O Concelho De Santa Cruz*, Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia do Ambiente, Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário, Praia, Cabo Verde.

OLIVEIRA, L. B., (2004). *Potencial de Aproveitamento Energético de Lixo e de Biodiesel de Insumos Residuais no Brasil*, Tese de Doutorado. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PECORA, V. (2006), *Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP* – Estudo

de Caso (Dissertação de Mestrado). São Paulo. Programa Inter-unidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo.

PLANO ESTRATÉGICO NACIONAL DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS EM CABO VERDE - PINGER. (2016). Agência de Água e Saneamento (ANAS). Praia.

QUEZADO, L. H. N. (2010). *Avaliação de tecnologias para aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos*. Fortaleza, Universidade federal do ceará, centro de tecnologia departamento de engenharia química.

RHYNER, C. R., SCHWARTZ, L. J., WENGER, R. B., & KOHRELL, M. G., (1995), *Waste Management and Resource Recovery*, Lewis Publishers, New York.

ROHSTOFFE, F. N. (2010). *Guia prático do biogás geração e utilização, 5ª edição*. Ministério da Nutrição, Agricultura e Defesa do Consumidor da Alemanha.

ROSS, C.C. & DRAKE, T.J. (1996). *The handbook of biogás utilization, U.S Department of Energy Southeastern Regional Biomass Energy proran Tennessee Valley Authori*, Muscle Shoals, Alabama, Second Edition.

RUSSO, M. A. T., (2003), *Tratamento de Resíduos Sólidos*, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

SILVA, J. (2016). *Avaliação Técnica e Econômica de um Biodigestor de Fluxo Tubular: estudo de caso o modelo implantado na ETEC “Orlando Quagliato” em Santa Cruz do Rio Pardo, SP*. Tese de mestrado em Agronomia - Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu.

SILVEIRA, A. M. M., (2004), *Estudo do Peso Específico de Resíduos Sólidos Urbanos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

SOARES, E. L., (2011), *Estudo da Caracterização Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbano*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio, Rio de Janeiro, Brasil.

TAVARES, E. E., (2008), *Sistemas de Tratamento e Deposição dos Resíduos Sólidos, Compact Power & Aterro Sanitário*, Monografia para obtenção do grau de Licenciatura, Universidade Jean Piaget, Cabo Verde, Praia, Cabo Verde.

UNIVERSIDADE DO MINDELO. *Manual de Trabalhos Científicos*. São Vicente,
Cabo Verde.

IX. ANEXOS

Categoria		Composição dos RSU's	
		Em peso (%)	Em volume (%)
Bio Resíduos	Orgânicos alimentares	6,9	2
	Resíduos verdes	8,9	8,6
	Outros putrescíveis	1,6	0,7
Papel/cartão		10	22,9
Plásticos finos		4,7	11,5
Plásticos PET		2,1	11,5
Outros plásticos		3,1	8,2
Garrafas vidro		12	2
Outros vidros e porcelana		1,2	0,4
Compósitos do tipo “TetraPak”		1,4	4,6
Outros compósitos		1,7	2,9
Têxteis e calçados		5,5	5,3
Consumíveis higiénicos		7,6	4,2
Latas		2,4	3,6
Outros metais		1,2	1
Madeira		1,7	1,3
Resíduos perigosos		0,5	0,5
Resíduos elétricos/ eletrônicos		1,4	0,9
Resíduos de construção e demolição		3,8	1
Resíduos hospitalares e equiparados		0,3	0,5
Outros resíduos	Solos	18,6	4,3
	Borrachas	1	0,6
	Outros não triáveis	2,3	1,3

Tabela 22: Composição de resíduos

Fonte: Adaptado de PENDER (2016)

Cálculos:

São Vicente

Para o cálculo de COD:

$$DOC = (0,4 \times A) + (0,24 \times B) + (0,15 \times C) + (0,43 \times D) + (0,39 \times E)$$

Total de RSU's referente ao ano 2015 = 20899 ton. = 100% dos RSU's recolhidos.

A = papel e papelão (17,1%);

B = tecidos (2,6%);

C = resíduos de alimentos (44,9%);

D = madeira (4,7%);

E = borracha e couro (0,7%).

De acordo com a tabela 23 os valores de A, B, C, D e E são:

A = 17,1% portanto

20899 ton ----- 100%

A_t ----- 10%, logo $A_t = 2089,9$ ton

Assim, 2089,9 ----- 100%

A ----- 17,1%, logo **A = 357,37 ton**

B = 2,6 %

20899 ton ----- 100%

B_t ----- 5,5%, $B_t = 1149,4$ ton

Assim, 1149,4 ----- 100%

B ----- 2,6%, **B = 29,88 ton**

C = 44,9 %

20899 ---- 100%

C_t ----- 6,9%, $C_t = 1442,03$ ton

Assim. 1442,03 ---- 100%

C ----- 44,9 %, **C = 647,47 ton**

D = 4,7%

20899 ton ---- 100%

D_t ----- 1,7 %, $D_t = 355,28$ ton

Assim, 355,28 ---- 100%

D ---- 4,7%, **D = 16,69 ton**

$$E = 0,7\%$$

$$20899 \text{ ton} \text{ ---- } 100\%$$

$$E_t \text{ ----- } 1\%, E_t = 208,9 \text{ ton}$$

$$\text{Assim, } 208,9 \text{ ton} \text{ ---- } 100\%$$

$$E \text{ ---- } 0,7\%, E = 1,47 \text{ ton,}$$

Assim substituindo os valores na fórmula de COD obtém-se o resultado de COD = 254,92 ton = 0,25492 ton (conversão de acordo com FIGUEIREDO, 2007).

Os valores de $DOC_F=0,77$, $MFC=0,8$ e $F=0,5$, são constantes (FIGUEIRODO, 2007).

$$L_0 = DOC \times DOC_f \times MCF \times F \times 16/12$$

$$L_0 = 0,07851536$$

Considerando a densidade do CH_4 ($0^\circ C$ e 1,013 bar) como 0,0007168 t/m^3 (FIGUEIREDO, 2007, p. 73). Tem-se:

$$L_0 = 0,07851536 / 0,0007168$$

$$L_0 = 109,5359$$

Praia

$$A = 17,7\%$$

$$107307,98 \text{ ton} \text{ ---- } 100\%$$

$$A_t \text{ ----- } 10\%, A_t = 10730,798 \text{ ton}$$

$$\text{Assim, } 10730,798 \text{ ---- } 100\%$$

$$A \text{ ---- } 17,7\%, A = 1834,9 \text{ ton}$$

$$B = 2,6\%$$

$$107307,98 \text{ ton} \text{ ---- } 100\%$$

$$B_t \text{ ----- } 3,5\%, B_t = 5901,9 \text{ ton}$$

$$\text{Assim, } 5901,9 \text{ ---- } 100\%$$

$$B \text{ ---- } 2,6\%, B = 153,45 \text{ ton}$$

$$C = 44,9\%$$

$$107307,98 \text{ ton} \text{ --- } 100\%$$

$$C_t \text{ ----- } 6,9\%, C_t = 7404,25 \text{ ton}$$

$$\text{Assim, } 7404,25 \text{ ---- } 100\%$$

$$C \text{ ---- } 44,9\%, C = 3324,5$$

$$D = 4,7\%$$

$$107307,98 \text{ ton} \text{ --- } 100\%$$

$$D_t \text{ ----- } 1,7\%, D_t = 1824,23 \text{ ton}$$

$$\text{Assim, } 1824,23 \text{ ---- } 100\%$$

$$D \text{ ---- } 4,7\%, D = 85,73 \text{ ton}$$

$$E = 0,7\%$$

$$107307,98 \text{ ---- } 100\%$$

$$E_t \text{ ---- } 1\%, E_t = 1073,0798 \text{ ton}$$

$$\text{Assim, } 1073,0798 \text{ ---- } 100\%$$

$$E \text{ ---- } 0.7\%, E = 7,511 \text{ ton}$$

$$\text{DOC} = 139,25 = 1,30925$$

$$L_0 = 0,5718$$

Considerando a densidade do CH_4 (0°C e $1,013 \text{ bar}$) como $0,0007168 \text{ t/m}^3$ (FIGUEIREDO, 2007, p. 73). Tem-se:

$$L_0 = 0,5718 / 0,0007168$$

$$L_0 = 797,58 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ton RSU}$$

A tabela 23 apresenta os dados dos resíduos sólidos urbanos da Câmara de Praia:

Município	Foi feito o registro de todos os veículos que depositaram os resíduos na lixeira/vazado ou / aterro municipal?	Data prevista para o início do registro	Marca de Veículos de Recolha	Modelo de Veículos de Recolha	Marque um X caso o Veículo tenha compactador acoplado	Carga Máxima que o veículo pode		Frequência de deposição final de resíduos		Consumo médio de combustível (Litros/dia)	Normativa - como vai o veículo até a lixeira / aterro? 10%	Resíduos recolhidos segundo Códigos CER***	Massa Volumétrica (Densidade) dos resíduos transportados (ton/m3)	Índice / Taxa de Compactação**	Número de semanas em 2011	ESTIMATIVA DE RESÍDUOS RECOLHIDOS - (ton) - Dados fornecidos pelos Serviços Municipais	ESTIMATIVA DE VOLUME DOS RESÍDUOS RECOLHIDOS (m3) - Dados fornecidos pelos Serviços Municipais	ESTIMATIVA DE RESÍDUOS RECOLHIDOS POR VEÍCULO DE RECOLHA (ton) - Dados Calculados	TOTAL ESTIMATIVA DE RESÍDUOS RECOLHIDOS (ton)	POPULAÇÃO SERVIÇADA EM 2011 (habitantes)	ESTIMATIVA DO TOTAL RECOLHIDO PER CAPITA (ton/habitante/ano)	POPULAÇÃO TOTAL DO MUNICÍPIO (habitantes)	TOTAL ESTIMATIVA DOS RESÍDUOS POTENCIALMENTE GERADOS (ton)****
						Volume (m3)	Carga (ton)	Dias da semana em média que o veículo fez a deposição	Nº médio de viagens por dia até lixeira/vazado ou / aterro														
CMP	Sim		Toyota	Dyna	Caixa fechada	8,4		7	4	54,27	100	A	0,20	1	52,14			2452,67					
		Toyota	Dyna	Caixa fechada	8,4		7	4	56,39	100	A	0,20	1	52,14			2452,67						
		VOLVO	FL 616	X	17		7	3	58,9	100	A	0,20	3	52,14			11168,39						
		VOLVO	N10	Caixa aberta	?	12	6	4		100	A			52,14			15016,32						
		DAF	CF 75-250	Porta Contêiner	5		7	10	75,89	100	A	0,20	1	52,14			3649,80						
		DAF	CF 75-250	Porta Contêiner	5		7	10	71,43	100	A	0,20	1	52,14			3649,80	*****	130193	0,824	131602	108469,31	
		VOLVO	FL 250	X	15,5	12	7	3	64,52	100	A	0,20	3	52,14			10182,94						
		VOLVO	N10	Caixa aberta	?	12	6	4	37,99	100	A			52,14			15016,32						
		VOLVO	N10	Caixa aberta	?	12	6	4		100	A			52,14			15016,32						
		VOLVO		X	?	14	7	3	78,84	100	A			52,14			15329,16						
		DAF	CF 75-250	X	?	12	7	3	57,05	100	A			52,14			13139,28						
Toyota	Dyna	Caixa aberta	4,2		5	2	33,05	100	09.2	0,11	1	52,14			234,32								

Tabela 23: Dados RSU – Praia

Fonte: CMP, 2011