



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
PERNAMBUCO

Campus Recife

Departamento Acadêmico de Ambiente, Saúde e Segurança

Curso em Tecnologia de Gestão Ambiental

VANESSA CRISTINA BISPO COSTA

Análise da viabilidade econômica na implantação e operação de sistemas de aproveitamento energético em aterros sanitários da Região Metropolitana de Recife – PE.

Recife

2020

VANESSA CRISTINA BISPO COSTA

Análise da viabilidade econômica na implantação e operação de sistemas de aproveitamento energético em aterros sanitários da Região Metropolitana de Recife – PE.

Monografia apresentada como requisito final do Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Msc. Carlos Eduardo Menezes da Silva

Recife

2020

C837a Costa, Vanessa Cristina Bispo
Análise da viabilidade econômica na implantação e operação de sistemas de aproveitamento energético em aterros sanitários da região metropolitana de Recife – PE. / Vanessa Cristina Bispo Costa; orientador Prof. Msc. Carlos Eduardo Menezes da Silva. Recife, 2020. 77 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental) – IFPE - Campus Recife, 2020.

Inclui referências.

1. Sistema de aproveitamento energético em aterro sanitário. 2. Gestão ambiental. 3. Aterro sanitário – Recife. 4. Meio Ambiente. I. Vanessa Cristina Bispo Costa. II. IFPE. III. Título.

CDD 304.2

Análise da viabilidade econômica na implantação e operação de sistemas de aproveitamento energético em aterros sanitários da Região Metropolitana de Recife – PE.

Trabalho aprovado. Recife, 02 de Dezembro de 2020.

Prof. Msc. Carlos Eduardo Menezes da Silva
Professor Orientador - IFPE

Profa. Dra. Alessandra Lee Barbosa Firmo
Avaliadora Interna - IFPE

Prof. Dr. Claudiano Carneiro da Cruz Neto
Avaliador Externo - UFRB

Recife
2020

Dedico este trabalho a – **Apollo e Rayanne** – que sempre me incentivaram e apoiaram nesta grande etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela minha vida e minha saúde, além da oportunidade de concretizar este trabalho.

Agradeço aos meus grandes amigos e amores, Apollo e Rayanne Nascimento, que contribuíram com grandes alegrias nessa jornada. Além de tudo, com atenção, incentivos, carinho e amor nas dificuldades que enfrentei durante a elaboração deste trabalho.

Agradeço a todos da minha família, em especial a minha mãe, que sempre lutou para nunca me deixar faltar nada, inclusive por toda educação e conhecimento que ensinou ao longo de toda minha vida.

Agradeço ao Prof Msc. Carlos Eduardo por ter aceitado ser orientador nesta monografia, um dos meus maiores desafios, e ter trabalhado junto comigo para obter os melhores caminhos e resultados.

Agradeço a Prof^a Dra. Alessandra Lee por ter me orientado anteriormente e assim ter contribuído para minha linha de pesquisa, além dos diversos aprendizados que adquirir com ela.

Agradeço aos grandes amigos que ganhei durante todo o curso, em especial, João Paulo, pela companhia e alegria durante todas as aulas.

Por fim, agradeço a todos os professores e servidores do IFPE que de alguma forma contribuíram para a realização e conclusão deste trabalho, e também de todo o curso.

Crê em ti mesmo, age e verá os resultados. Quando te esforças, a vida também se esforça para te ajudar.

Chico Xavier

RESUMO

O crescente processo de urbanização em conjunto com a situação econômica da sociedade estimulou o aumento do consumo de diversos produtos, e com isso, o descarte inadequado dos resíduos. Essa disposição inapropriada resulta na degradação do meio ambiente e compromete a qualidade de vida, se tornando um fator crítico para gestão urbana. Assim, sabe-se que é possível o uso do biogás formado em aterros sanitários por meio da decomposição de materiais para geração de energia elétrica. Essas novas alternativas desenvolvidas necessitam de investimentos financeiros, e tal fato impõe restrição na escolha dessas medidas. Deste modo, o meio ambiente e o desenvolvimento econômico são aspectos interligados e que requerem estudos para admitir essas novas possibilidades. Em âmbito global, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o mercado de carbono surgiram como alternativas para facilitar a redução de emissões de gases, e com elas, cresceu o estímulo econômico para adoção de projetos de fontes renováveis e sustentáveis. Em vista disso, o presente trabalho consistiu em analisar a viabilidade econômica na implantação e operação de usinas para a recuperação e aproveitamento do biogás para fins energéticos nas Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR) Candeias e Pernambuco localizados na Região Metropolitana do Recife. Foi utilizada a metodologia do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) de 2006 para estimar as emissões de gases e a Análise de Custo-Benefício (ACB) com os índices do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR) para verificar a viabilidade do projeto. Contudo, foi possível avaliar que os dois Aterros têm quantidades suficientes para gerar o biogás necessário para produzir energia elétrica. Além disso, o projeto se tornou viável economicamente em 6 dos 12 cenários estudados, tendo sua inviabilidade nos cenários em que o valor da tarifa de energia era mais baixo. O cenário com melhor lucro para as dois Aterros seria o 12, com uma VPL de R\$ 190.203.266,40 para Candeias e R\$ 61.180.135,37 para Igarassu. Também foi verificado que a instalação dessas usinas contribuiria para a diminuição das emissões diretas, e por meio disso teria um retorno financeiro relevante com a venda dos créditos de carbono.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Análise Custo-Benefício. Mercado de Carbono.

ABSTRACT

The growing process of urbanization together with the economic situation of society has stimulated the increase in the consumption of various products, and with this, the inappropriate disposal of waste. This inappropriate disposition results in the degradation of the environment and compromises the quality of life, becoming a critical factor for urban management. Thus, it is known that it is possible to use biogas formed in landfills by decomposing materials to generate electricity. These new developed alternatives require financial investments, and this fact imposes restrictions on the choice of these measures. Thus, the environment and economic development are interconnected aspects and require studies to admit these new possibilities. Globally, the Clean Development Mechanism (CDM) and the carbon market have emerged as alternatives to facilitate the reduction of gas emissions, and with them, the economic stimulus for adopting projects from renewable and sustainable sources has grown. In view of this, the present work consisted of analyzing the economic viability in the implantation and operation of plants for the recovery and use of biogas for energy purposes in the Waste Treatment Centers (CTR) Candeias and Pernambuco located in the Metropolitan Region of Recife. The 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) methodology was used to estimate gas emissions and the Cost-Benefit Analysis (ACB) with the Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (TIR) indices to verify the feasibility of the project. However, it was possible to assess that the two landfills have enough to generate the biogas necessary to produce electricity. In addition, the project became economically viable in 6 of the 12 scenarios studied, with its infeasibility in scenarios where the value of the energy tariff was lower. The scenario with the best profit for the two Landfills would be 12, with a NPV of R \$ 190,203,266.40 for Candeias and R \$ 61,180,135.37 for Igarassu. It was also verified that the installation of these plants would contribute to the reduction of direct emissions, and thereby have a relevant financial return with the sale of carbon credits.

Keywords: Solid Waste. Cost-Benefit Analysis. Carbon Market.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE Especiais	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACB	Análise do Custo-Benefício
APA	Área de Proteção Ambiental
CH ₄	Metano
COP's	Conferências das Partes
CTR	Central de Tratamento de Resíduos
DAA	Digestão Anaeróbia Acelerada
DDOC _m	Carbono Orgânico Degradável Decomponível
DOC	Carbono Orgânico Degradável
EGG	Erneuenbare Energien Gesetz
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	Gases do Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
kWh	Quilowatt-hora
MCF	Fator de Correção do Carbono
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MWh	Megawatt-hora
NBR	Norma Brasileira
NM ³	Normal Metro Cúbico
ONU	Organização das Nações Unidas
PAG	Potencial de Aquecimento Global
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PCI	Poder Calorífico Inferior
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia
RMR	Região Metropolitana do Recife
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEEG	Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SROI	Social Return on Investment
TCE	Tribunal de Contas do Estado
TIR	Taxa Interna de Retorno
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
USEPA	United States Environmental Protection Agency
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados da população urbana nos anos 2000 e 2010.	33
Tabela 2 - Faixa populacional para determinação das taxas de Per Capita por município.	34
Tabela 3 - Classificação do local e do MCF	35
Tabela 4 - Valores padrão do Default adotados pelo IPCC (2006)	38
Tabela 5 - Composição gravimétrica dos RSU dos municípios da RMR.	42
Tabela 6 - Quantidade estimada de resíduos em toneladas depositados por ano....	44
Tabela 7- Valor cobrado aos depositantes (R\$/t).	45
Tabela 8 - Quantidade de biogás (m ³ /ano)	45
Tabela 9 - Investimento de Implantação e Manutenção das Usinas.....	48
Tabela 10 - Cenários para comercialização da energia – CTR Candeias.....	49
Tabela 11 - Cenários para comercialização da energia – CTR PE.....	49
Tabela 12 - Emissões reduzidas e cenário de venda do crédito de carbono - CTR Candeias.....	50
Tabela 13 - Emissões reduzidas e cenário de venda do crédito de carbono - CTR PE.....	50
Tabela 14 - Cenários para análise dos índices econômicos – CTR Candeias.....	51
Tabela 15 - Cenários para análise dos índices econômicos - CTR PE.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Região Metropolitana do Recife e dos Aterros Sanitários em estudo.	32
Figura 2 - Destino dos resíduos sólidos de cada município da RMR.	43
Figura 3 - Gráfico do potencial de geração de energia elétrica a partir do biogás. ...	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	15
2.1.1 Caracterização dos Resíduos	16
2.1.2 Produção do Biogás	17
2.1.3 Emissões de Gases	18
2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS	19
2.2.1 Gases do Efeito Estufa (GEE)	20
2.2.2 Mitigação	21
2.3 ARCABOUÇO LEGAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS	22
2.3.1 Instrumentos de Políticas Públicas	23
2.4 APROVEITAMENTO ENERGÉTICO	24
2.4.1 Geração de Energia	25
2.4.2 Fontes de Energias Renováveis	27
2.4.3 Carbono Social	27
2.4.4 Viabilidade Econômica em Aterros Sanitários	30
3 METODOLOGIA	31
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	32
3.2.1 População	32
3.2.2 Geração de Resíduos por Habitante (Per Capita)	34
3.2.3 Composição Gravimétrica dos Resíduos	34
3.2.4 Destinação Final dos Resíduos	35
3.2.5 Taxa de Recuperação do Metano	35
3.3 CÁLCULO DA GERAÇÃO DE GASES NOS ATERROS SANITÁRIOS	36
3.4 CUSTOS E BENEFÍCIOS DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS GASES	38
3.4.1 Produção de Energia Elétrica	38
3.4.2 Custo de Investimento para Operação e Manutenção do Sistema	39
3.4.3 Benefícios do Investimento	40
3.4.4 Índices Econômicos e Financeiros	41

4 RESULTADOS	42
4.1 PRODUÇÃO DE RESÍDUOS	42
4.2 GERAÇÃO DO BIOGÁS	45
4.3 PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	46
4.4 CUSTO DE INVESTIMENTO PARA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DO SISTEMA	47
4.5 VENDA DE ENERGIA ELÉTRICA	48
4.6 COMERCIALIZAÇÃO DOS CRÉDITOS DE CARBONO	49
4.7 ANÁLISE DOS ÍNDICES ECONÔMICOS E FINANCEIROS	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERENCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Ao passar dos anos, observou-se a crescente preocupação mundial frente aos efeitos das ações humanas em relação ao meio ambiente, e com isso a necessidade de adotar novos hábitos para reverter esses impactos. Segundo dados do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), estima-se que sejam coletados anualmente um total de 11,2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos em todo o mundo. Dentro disso, a degradação da matéria orgânica contida nesse total representa um percentual de cerca de 5% das emissões de gases do efeito estufa (GEE) (UNEP, 2011).

Em escala global, existe uma estimativa de produção de biogás em aterros sanitários que tem um alcance total entre 20 e 60 milhões de toneladas de metano por ano. Dois terços dessas emissões são de países desenvolvidos, o que corresponde a 70% das emissões por onze países, sendo os principais: Estados Unidos, China, Canadá e Reino Unido (USEPA, 2008).

Além dos resíduos destinados aos aterros, aqueles que são descartados incorretamente também contribuem para as emissões de gases do efeito estufa (GEE). Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), no ano de 2014, apenas 58,4% dos resíduos sólidos urbanos coletados tiveram destinação adequada. Esse setor também é responsável por emissões dos GEE durante o seu tratamento e disposição, onde os gases principais são CH₄, N₂O e CO₂ (ABRELPE, 2014).

O relatório elaborado pelo Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) em 2016 demonstra que o setor de resíduos no ano de 2014 foi responsável por contribuir com um total de 3,7% de emissões totais de GEE. Mas vale ressaltar que o setor sempre teve índices abaixo de 6%. No Brasil, no período de 1970 – 2014, as emissões acumuladas na área de resíduos corresponderam a 2,24% do valor total das emissões acumuladas (SEEG, 2016).

Em busca de reverter o problema dos resíduos sólidos, foi instituída a Lei Nº 12.305 de 2010 que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos onde visa a destinação adequada dos resíduos quanto a recuperação energética das emissões provenientes deles com base em tecnologias que tenham viabilidade técnica e ambiental, além disso, a criação de metas de aproveitamento energético nas unidades de disposição final de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Como parte dessa busca pelo aproveitamento energético de resíduos, as tecnologias com base em fontes renováveis vêm demonstrando atratividade devido a quantidade variável de vantagens ambientais, sociais e econômicas. Esse desenvolvimento tecnológico contribui para geração de energia elétrica a partir de fontes alternativas com reduções de custos durante o processo de operação das propriedades que os implantam.

No meio urbano, as propriedades públicas ou privadas podem adotar as diferentes formas de fontes renováveis que vão contribuir positivamente para condições de vida das populações ao entorno. Neste aspecto, os aterros sanitários que possuem grandes quantidades de emissões diretas de gases do efeito estufa podem implantar durante sua operação sistemas que possibilitem a recuperação e aproveitamento do biogás.

Dessa forma, este trabalho objetiva analisar a viabilidade econômica da implantação e operação de sistemas de recuperação e aproveitamento de gases do efeito estufa em locais de disposição final de resíduos sólidos na Região Metropolitana do Recife.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Estimar a produção de resíduos sólidos nos municípios que compõem a Região Metropolitana do Recife;
- Quantificar as emissões de gases de efeito estufa provenientes de resíduos sólidos produzidos nos municípios da Região Metropolitana do Recife;
- Estimar o custo de tratamento do biogás gerados em aterros sanitários;
- Calcular o benefício de gerar a energia elétrica através do biogás e evitar as emissões direta na atmosfera.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo irá reunir informações técnicas dos principais conteúdos referente ao gerenciamento dos resíduos sólidos e do sistema de recuperação e aproveitamento energético dos gases do efeito estufa visando o melhor entendimento dos leitores, sejam eles profissionais da área ou da sociedade civil em geral.

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define os resíduos sólidos na Norma Brasileira (NBR) 10.004 de 2004 como:

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 os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

No Brasil, a geração de resíduos é crescente e tal aspecto demanda cada vez mais recursos para todas as etapas do processo de gestão. O crescimento da economia financeira e a presença de materiais descartáveis entre os produtos consumidos permite que a população tenha acesso a novos bens que influencia diretamente na taxa de geração de resíduos urbanos. Porém, a realidade das regiões e municípios brasileiros são distintas, e isso infere significativamente na capacidade de investimento na gestão de resíduos sólidos (MANNARINO *et al.*, 2016).

Algumas cidades brasileiras de grande porte e com maior disponibilidade de recursos possuem uma situação bem estruturada nessa área, e continuam em busca de tecnologias mais avançadas para aprimorar seus métodos de tratamento. Entretanto, também existem municípios que enfrentam problemas básicos de gestão, tais como: o aumento na abrangência e eficiência da coleta, adequação do local de disposição final e/ou implantação da coleta seletiva (MANARINNO *et al.*, 2016).

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), 58% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) produzidos são encaminhados para aterros sanitários, enquanto 24,2% para aterros controlados e 17,8% para lixões (ABRELPE, 2012). A escolha de locais para disposição final deve

atender critérios que não afetem os meios ambientais e sociais. Dessa forma, o aterro sanitário se torna a alternativa mais adequada por abranger os ideais que impedem conflitos com os diversos meios (CARNEIRO *et al.*, 2017).

O tratamento dado aos RSU no Brasil ainda está em uma realidade aquém daquela praticada em países mais desenvolvidos, pois ainda causam impactos negativos nos âmbitos ambientais, econômicos e sociais quando comparados aos impactos causados por países desenvolvidos (SOARES *et al.*, 2017).

Com base no tratamento dos RSU, existem diversas técnicas como gaseificação, pirólise, incineração, plasma, compostagem, reciclagem e digestão anaeróbica. Porém, o método de digestão anaeróbica é o mais comum, pois este é o procedimento natural que os resíduos sofrem durante sua disposição em aterros sanitários. Independente do tratamento ou técnica, deverá ser realizado a caracterização dos resíduos que entrarão nas unidades de disposição final visando o melhor gerenciamento desses locais (NASCIMENTO *et al.*, 2015).

2.1.1 Caracterização dos Resíduos

A NBR 10.004/2004 descreve que a classificação dos resíduos sólidos abrange a identificação de processos ou atividades que lhes deu origem, componentes e características (ABNT, 2004). Também é necessário que a comparação entre os componentes seja através de listagens de resíduos e substâncias onde o impacto à saúde e ao meio ambiente seja conhecido.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os resíduos sólidos classificados como Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) irão englobar os resíduos domiciliares (originários de atividades domésticas) e os resíduos de limpeza urbana (originários da varrição, limpezas de ruas e vias públicas) (BRASIL, 2004). Esta classificação é a principal pois nela se encontra a maior parte da massa biodegradável que em sua decomposição gera gases que são prejudiciais ao ambiente e a saúde humana.

A classificação dos resíduos sólidos pode ocorrer de acordo com a sua natureza física (seco ou molhado), composição química (orgânico ou inorgânico), periculosidade e origem (industrial, saúde, construção civil etc.) A ausência da separação dos resíduos orgânicos dificulta o processo de reutilização de alguns

materiais, pois as naturezas físicas são distintas, o que acaba ocasionando a contaminação dos resíduos secos (MARONEZE *et al.*, 2015).

A caracterização gravimétrica e volumétrica dos resíduos sólidos são parâmetros importantes que ajudam indicar o potencial de geração do biogás, classificar os resíduos em peso e em volume, além de informar a quantidade de massa biodegradável existente no lixo. Além disso, as análises de composição volumétrica servem como indicador de quantidade que cada tipo de resíduo irá ocupar dentro de uma célula de aterramento. Vale ressaltar que quanto maior a quantidade de resíduos que podem ser reaproveitados ou reciclados dentro dessas células existe uma diminuição significativa da vida útil do aterro (MARIANO *et al.*, 2007).

Quantificar os resíduos gerados nas áreas urbanas é dificultado pela prática da disposição irregular. Porém, no Brasil, os resíduos são predominantemente formados por matéria orgânica (MARONEZE *et al.*, 2015). A composição gravimétrica dos resíduos depositados pode variar bastante e normalmente não é acompanhada tão de perto ao longo das operações nos locais de disposição, esse aspecto implica na obtenção de dados ou na análise dos valores da composição (PEDOTT; AGUIAR, 2014).

2.1.2 Produção do Biogás

O biogás é um combustível gasoso com um conteúdo energético elevado semelhante ao gás natural. Este combustível pode ser utilizado para geração de energia elétrica, térmica ou mecânica em uma propriedade rural. Contribuindo desta forma para redução dos custos de produção (SOUZA *et al.*, 2004).

A produção do biogás se dá através da digestão anaeróbia acelerada (DAA) e o processo pode ser definido através da conversão do material orgânico em metano e diversas substâncias químicas, onde é digerido por diferentes tipos de bactérias em um ambiente pobre em oxigênio. Esse processo é o mesmo que ocorre em aterros sanitários, porém é acelerado, por meio de equipamentos projetados para otimizar as condições da reação de forma a aumentar sua velocidade (SOARES *et al.*, 2017). Os aterros sanitários são alternativas mais viáveis para geração do biogás, pois dispõem de técnicas de captação de gases liberados através de dutos de captação e queima do mesmo (LYRA *et al.*, 2018).

O biogás tem uma composição diversificada pois é composto por uma mistura de gases que variam o tipo e as concentrações isso devido as características do tipo e as condições que são submetidos os resíduos. Os principais constituintes do biogás são o metano e o dióxido de carbono, outros gases como sulfeto de hidrogênio, o nitrogênio, hidrogênio e monóxido de carbono também compõe o biogás em porcentagens menores (SOUZA *et al.*, 2004).

Para Martins e Oliveira (2011), o biogás é uma fonte renovável de energia composto por uma mistura de metano e gás carbônico onde possui respectivamente concentrações de 65% e 35%. Com isso, abriu uma nova perspectiva na adoção dessa nova fonte como uma alternativa de energia elétrica que podem ser aproveitadas no sistema de produção ou vendida para as companhias elétricas. O uso do biogás para geração de energia contribui significativamente para a redução das emissões dos GEE, quanto para a maximização do índice de conversão de metano que é contabilizado no cálculo de créditos de carbono (CARNEIRO *et al.*, 2017).

O gás metano (CH₄) principal constituinte do biogás é responsável pela capacidade calorífica desse gás, e sua produção advém da degradação anaeróbia da matéria orgânica. Porém, alguns fatores podem interferir no Poder Calorífico Inferior (PCI), como: a temperatura (faixa ideal 32 a 37°C), qualidade dos resíduos, presença de compostos químicos e quantidade de vapor de água e CO₂ (BILOTTA; ROSS, 2016). O metano pode ser encontrado na produção do biogás nos primeiros três meses a partir da disposição dos resíduos no aterro sanitário, e pode ter uma duração de 20,30 ou mais anos depois da vida útil do aterro. Vale ressaltar que uma tonelada de resíduos tem um potencial de gerar 200 Nm³ de biogás (CARNEIRO *et al.*, 2017).

O biogás pode ser utilizado como combustível de baixa, média ou alta qualidade. Se não for utilizado, é recomendado que seja queimado devido ao efeito mais impactante do metano na atmosfera em comparação ao dióxido de carbono. Pode-se citar que os usos mais comuns do biogás são como: combustível em turbinas, motores a gás e caldeiras para produção de energia elétrica, além da presença em células combustíveis também como fonte de energia. Ele também pode ser purificado e empregado como combustível nos veículos de transportes ou inserido em gasodutos juntamente com o gás natural (SOARES *et al.*, 2017).

2.1.3 Emissões de Gases

O começo da Revolução Industrial com o grande consumo de combustíveis fósseis tem levado o planeta a uma grande degradação ambiental, onde pode-se destacar os impactos decorrentes das emissões de gases. Os gases são produzidos de forma natural, enquanto outros são devidas as ações antrópicas. Mas, algumas das atividades humanas aumentam de forma significativa os níveis da maioria destes gases (BORBA, 2006).

Contudo, existe um aumento sobre a preocupação mundial em relação as consequências das ações humanas sobre o meio ambiente, e principalmente diante das emissões de gases. Sendo assim, a necessidade para as diminuições dessas emissões aumentou consideravelmente em uma escala global (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

O Protocolo de Kyoto foi criado em 1997 para âmbito internacional, onde as Partes que participam do acordo adotem programas nacionais de reduções de emissões gases. Os mecanismos de flexibilização incluem o comércio de emissões, sistema de implementação conjunta e mecanismo de desenvolvimento limpo (PEDOTT; AGUIAR, 2014).

Vale ressaltar também que as emissões de gases podem provocar um impacto considerável ao ambiente e a saúde humana. Os efeitos ao ambiente podem ser por exemplo, aumento do efeito estufa e conseqüentemente do aquecimento global, e assim a degradação de alguns ecossistemas devido a mudança na temperatura. Já os efeitos das enfermidades podem ser de curto e longo prazo aos seres humanos, apresentando potencial fatal para o homem ou um risco de câncer e enfermidades respiratórias (ESTRADA *et al.*, 2016).

Porém, existe uma grande dificuldade para quantificar e controlar essas emissões, pois existe uma variedade de processos que ocorrem na massa de resíduos e a falta de monitoramento em aterros acarretam problemas no cálculo de emissões de gases. E juntamente com este fator existe o desafio em medir as emissões em larga escala (situação real dos aterros), bem como as amplas flutuações das emissões no tempo e no espaço (PEDOTT; AGUIAR, 2014).

2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A Organização das Nações Unidas (ONU) afirma que a problemática das mudanças climáticas é um dos maiores desafios que vem se enfrentando. E seus

impactos, podem afetar desde a produção de alimentos até o aumento do nível do mar, o que acarretaria a desestabilização de toda sociedade e meio ambiente de maneira global (ONU, 2019).

Assim, a mudança climática é definida como o conjunto de alterações nas condições do clima da Terra (de forma que os valores da temperatura média sejam constantes por um determinado período de tempo), que é provocado pela grande quantidade de gases do efeito estufa que se acumula na atmosfera e não tem o seu retorno para o espaço (INPE, 2007). Para o IPCC, as mudanças climáticas referem-se a uma mudança no estado do clima, identificada por transformações na média ou na variabilidade de suas propriedades, persistindo por um extenso período de décadas (IPCC, 2007).

O quinto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC) forneceu importantes informações sobre as mudanças climáticas. Contudo, o relatório informou um aumento de 0,85°C na temperatura média global, dentro de uma escala temporal de 1880 a 2012. Já o relatório especial publicado em 2018, alerta sobre os impactos do aquecimento global na limitação de aumento de 1,5°C na temperatura média, mas tais parâmetros poderiam garantir uma sociedade mais sustentável e equitativa, em comparação aos 2°C que antes teriam sido limitados.

Segundo o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) as cidades são grandes agentes das mudanças climáticas e locais que os impactos do clima poderão ser mais fortes. As cidades são responsáveis por 40% das emissões de GEE e concentra mais da metade da população mundial. Porém, alguns dos principais problemas decorrentes das alterações do clima já são sentidos nos centros urbanos, alguns são: aumento da temperatura, aumento do nível do mar, ilhas de calor, inundações, acidificações dos oceanos e eventos extremos (PBMC, 2016).

2.2.1 Gases do Efeito Estufa (GEE)

O efeito estufa é um processo natural que consiste no aquecimento da superfície do planeta através da irradiação do CO₂ (dióxido de carbono) e outros gases, tal processo é imprescindível para a existência de vida na Terra. Porém, as ações antrópicas vêm contribuindo significativamente para o aumento desse efeito

natural que tem consequências como alterações climáticas em escala global (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

As emissões de GEE variam de acordo com muitos fatores, porém o principal fator são os locais de disposição dos resíduos. Os lixões têm fator de emissão 1 e os aterros sanitários 1,1, pois quanto melhor a condição de saneamento maior a quantidade de CH₄ emitido. Isso acontece devido as condições serem mais propícias para a fermentação anaeróbica dos resíduos (SEEG, 2014).

Os lixões estão localizados em ambientes a céu abertos, e tem a liberação de um líquido tóxico chamado chorume que é resultado da degradação anaeróbica da matéria orgânica. A disposição em aterros sanitários por um lado produz uma quantidade maior de GEE, por outro, gera condições higiênicas e sanitárias adequadas a população e ao meio ambiente. Nesses locais, tem-se a preocupação e obrigação de realizar o tratamento do chorume antes de retornar para o ambiente. Outro importante aspecto é que nesses locais existe melhores condições de coleta e aproveitamento energético desses gases, o que se torna em uma alternativa de redução significativa de emissões (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

A criação de cotas provenientes das emissões de GEE principalmente advindas do aproveitamento energético do biogás tem despertado grande interesse em países como os Estados Unidos e membros da União Europeia em realizar investimentos em países em desenvolvimento como o Brasil (SILVA *et al.*, 2011).

A queima do biogás utilizado para a geração de energia se torna mais amigável ao meio ambiente, uma vez que contribui para a redução de emissões de gases do efeito estufa, isso sem considerar o fator econômico pois gera a comercialização da energia elétrica e a venda de créditos de carbono (SILVA *et al.*, 2011).

2.2.2 Mitigação

As mudanças climáticas se referem a uma mudança no estado do clima, ela pode ser identificada por transformações nas médias ou na variabilidade da temperatura persistindo por um longo período de anos. Para o combate, é necessário que se defina medidas e ações de mitigação que visem o enfretamento das consequências geradas pela mudança do clima (ABREU *et al.*, 2014).

De acordo com o IPCC, as medidas mitigatórias é uma das alternativas de limitar o aquecimento global, pois são intervenções humanas realizadas com o intuito

de reduzir as emissões de GEE. E essas opções de mitigação podem ser mais eficientes quando estiverem usando uma abordagem integrada que inclua os principais setores responsáveis pelas emissões (IPCC, 2014).

A mitigação dos impactos ao meio ambiente e a consequente minimização de emissões de gases ganharam destaques em discussões sobre superar a matriz energética baseada em sua maioria no petróleo. Assim, nas últimas décadas, a necessidade em investir em alternativas de mitigação das emissões de GEE ganharam mais destaques, principalmente as que envolvessem o aproveitamento do potencial energético do biogás e sua transformação em energia útil (LYRA *et al.*, 2018).

As ações de mitigações têm sido buscadas através uma série de políticas governamentais que englobam os instrumentos econômicos (taxas, isenções de taxas e créditos), instrumentos regulatórios (padrões de desempenho, controle de emissão veicular) e também processos políticos (acordos voluntários, planejamento estratégico e disseminação de informações). Mas vale ressaltar que a redução de emissões necessita de uma ação conjunta dos órgãos governamentais, a sociedade civil e os diferentes ramos da indústria (Ministério do Meio Ambiente, 2019).

2.3 ARCABOUÇO LEGAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Com a aprovação da Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o cenário brasileiro de gestão de RS desde então está passando por constantes mudanças. A prioridade estabelecida na PNRS tem como a ordem a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e finalmente a disposição final adequada dos rejeitos. Porém, a legislação trata de padrões sustentáveis de produção e consumo de forma que atenda às necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida que não comprometa as questões ambientais e sociais.

Além disso, a definição da disposição final ambiental adequada engloba uma distribuição ordenada dos rejeitos em aterros, visto que esses ambientes detêm normas operacionais específicas onde buscam evitar danos ou riscos que gerem impactos a natureza e a população do entorno. A própria legislação enfatiza que sejam adotadas e desenvolvidas tecnologias limpas como forma de minimizar os impactos ambientais.

O uso dessas tecnologias precisa visar a recuperação energética dos RSU, de modo que a viabilidade técnica e ambiental seja comprovada. Além do mais, é preciso que haja a implantação de programas de monitoramento de emissões de gases aprovado pelos órgãos responsáveis. E para auxiliar essa diretriz, a legislação precisa determinar metas para o aproveitamento energético desses gases.

Complementar a PNRS, a Lei N° 12.187 de 29 de Dezembro de 2009 institui a Política Nacional de Mudanças Climáticas que traz abordagens essenciais para o entendimento da temática que regem sobre as mudanças do clima.

A legislação define que as emissões são liberações de gases do efeito estufa (GEE) ou adjacentes na atmosfera em um espaço específico e um tempo determinado. E esses GEE são nada mais que constituintes gasosos, naturais ou antrópicos que na atmosfera absorvem e reemitem a radiação infravermelha emitida pelo sol ao planeta Terra.

A lei cita que é necessário realizar procedimentos que busquem mitigar os efeitos ocasionados pelos gases. Assim, a mitigação precisa mudar e substituir tecnologias com a finalidade de implantar medidas efetivas que reduzam as emissões. Aliado a essa ideia, é necessário que haja consonância das ações com o desenvolvimento sustentável buscando o melhor para todas as partes interessadas.

Sendo assim, a política reafirma os compromissos assumidos pelo Brasil na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, no Protocolo de Quioto e em demais documentos sobre mudanças climáticas. E para alcançar os compromissos nacionais, o país voluntariamente adotará ações de mitigações que visam reduzir entre 36,1% e 38,9% suas emissões até 2020.

2.3.1 Instrumentos de Políticas Públicas

A preocupação dos países em relação ao meio ambiente levou que estes se mobilizassem para firmarem acordos, além de adotarem medidas internas que tivessem maior controle sobre as intervenções do homem. Assim, com o efeito do crescimento econômico no valor da geração de RSU, isso faz com que surja a necessidade de políticas públicas mais rigorosas para regularização das condições dos aterros sanitários, além de mais incentivo para áreas que possam contribuir para reciclagem ou para a área do reaproveitamento energético provenientes dos resíduos (SOARES *et al.*, 2017).

Alguns acordos internacionais têm sido institucionalizados a fim de reduzir a geração de resíduos e as consequentes emissões de GEE. As políticas internacionais de mudanças climáticas surgiram na Assembleia Geral das Nações Unidas em 1988 onde declarou que as alterações climáticas era uma preocupação mundial. Deste modo, criaram-se as Conferências das Partes (COP's) com a finalidade de estabelecer diretrizes para combater as mudanças climáticas. A principal COP foi realizada em Kyoto no Japão em 1997, onde foi acordado metas e prazos para emissões de cada país participante. Também foi estabelecido que os países que não atingissem as metas poderiam comprar créditos dos países que possuísse projetos de MDL. A China, a Índia e o Brasil são os principais representantes do desenvolvimento de projetos de MDL. São responsáveis respectivamente por cerca de 37%, 27% e 7% de todos os projetos do mundo. O Brasil ocupa esta posição devido apresentar uma matriz energética bem limpa, advinda principalmente da geração de energia das hidrelétricas (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Na 21° COP realizada em Paris, as partes chegaram a outro acordo significativo no combate as mudanças climáticas, além de ações e investimentos para um futuro sustentável de baixo carbono. O Acordo de Paris, como assim foi denominado, tem o objetivo de fortalecer a resposta global da ameaça da mudança do clima, bem como manter a elevação da temperatura média abaixo dos valores limitados. Além disso, o acordo visa que as nações participantes mitiguem e adaptem aos presentes efeitos dessas mudanças (ONU, 2019).

2.4 APROVEITAMENTO ENERGÉTICO

Para Bilotta e Ross (2016), o aproveitamento energético do biogás se tornou uma alternativa na redução das emissões GEE. Pois, o potencial de aquecimento global (PAG) do CH₄ é 21 vezes superior ao CO₂, assim o uso desse gás para produzir energia pode reduzir toneladas de CO_{2eq} lançado na atmosfera (IPCC, 2013).

Além disso, o aproveitamento do biogás tem outras vantagens, tais como: receita adicional para aterros existentes (energia + créditos de carbono), utilização para geração de energia ou como combustível e a redução da possibilidade de ocorrência de autoignição e/ou explosão pelas altas concentrações de metano. A tecnologia de aproveitamento do biogás produzidos nos aterros é o uso energético mais simples dos RSU e consiste na recuperação do biogás oriundo da decomposição

anaeróbia da fração orgânica (SOARES *et al*, 2017). O meio para produção do biogás consiste em projetar um sistema que é padrão para coleta, tratamento e queima do biogás. Neste sistema também são incluídos: poços de coleta, dutos de condução, desumidificação do gás, compressor e *flares* para ocorrer uma queima controlada para garantir eficiência na queima do metano. Em um primeiro momento, acontece a queima direta e em segundo acontece à conversão do biogás em energia, tanto elétrica quanto térmica (CARNEIRO *et al.*, 2017).

As plantas de recuperação e aproveitamento de gás de aterro para uso energético está se desenvolvendo e suas contribuições para os países em desenvolvimento está aumentando rapidamente. No Brasil, o antigo lixão do Caju localizado às margens da Baía de Guanabara foi uma das primeiras iniciativas de aproveitamento de gás em locais de disposição final. A operação do lixão durou cerca de 42 anos e estima-se que recebeu cerca de 30 milhões de m³ de lixo. Após doze anos do seu fechamento, foram realizadas medições afins de atestar níveis de produção de gases para o aproveitamento energético, o que resultou em dados positivos para transformação dos gases em energia elétrica (FILHO, 2013).

A substituição dos lixões por aterros tem diversas vantagens quando são comparadas, e assim, a segunda é a solução mais econômica de disposição adequada. Contudo, uma implantação de um sistema que gere energia através dos gases de um aterro tem um custo alto, e são necessários investimentos ou participação de outros contribuintes, todavia, essa energia poderá ser consumida pelo aterro e a excedente vendida a concessionárias. Assim, ocorre uma diminuição na sobrecarga do sistema das empresas fornecedoras de energia e na diminuição dos GEE (CARNEIRO *et al.*, 2017).

A lei das fontes renováveis de energia (Erneuenbare Energien Gesetz – EEG) promulgada em 29 de março de 2000 na Alemanha representou um enorme avanço para o aproveitamento energético nos aterros. Ela garante que todo cidadão tenha o direito de instalar uma pequena central de geração de energia renovável e as empresas de distribuição do país são obrigadas a comprar toda quantidade produzida (EEG, 2008).

2.4.1 Geração de Energia

O acúmulo de resíduos sólidos é um dos grandes problemas enfrentados pela sociedade. Sendo assim, a geração de energia através do biogás proveniente da decomposição desses materiais se tornou uma alternativa ambientalmente viável (CARNEIRO *et al.*, 2017).

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) divulgou em seu anuário estatístico do ano de 2017 que o consumo de eletricidade no Brasil cresceu 1,2% após ter passado dois anos de queda. Com esse aumento, o país ainda se mantém entre os dez maiores consumidores de energia do mundo (EPE, 2018).

Segundo Martins e Oliveira (2007), o estudo da viabilidade econômica da geração de energia elétrica com dejetos suínos indica a possibilidade de comercialização, porém, os resultados mostram que é mais vantajoso economicamente utilizar a energia dentro do próprio processo produtivo. Assim, será reduzido os gastos com a aquisição de energia elétrica distribuída pelas companhias.

A geração de energia elétrica a partir do biogás é uma alternativa com grande potencial de expansão no Brasil. A legislação brasileira prevê em sua Resolução N° 390/2009 a concessão do direito de exploração da eletricidade proveniente do biogás para energia destinada ao consumo próprio ou para energia excedente comercializada (BRASIL, 2009).

Os resíduos sólidos urbanos podem ser mais eficientemente destinados e reaproveitados para a produção de energia elétrica. Esses processos merecem ser estudados e avaliados pois são alternativas tecnológicas com o intuito de melhorar os cenários sociais e ambientais. Deste modo, os investidores conseguirão ter consistência para analisar, projetar e implementar essas tecnologias sustentáveis para a gestão de RSU e seu aproveitamento energético (SOARES *et al.*, 2017).

Dentre os 204 projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) registrados nos diversos setores no Brasil, 68 são realizados em aterros sanitários. Apenas 7 foram registrados com o intuito da geração de energia e outros 12 estão em validação. Os principais benefícios do MDL para o país são a sua contribuição na diversificação do sistema energético e a criação da capacidade para governança em carbono (PEDOTT; AGUIAR, 2014). Com isso, é visível o estímulo da economia e da sociedade em obter a cota de reduções de GEE através de projetos de fontes renováveis e sustentáveis (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

2.4.2 Fontes de Energias Renováveis

Com o intuito de atender à crescente demanda de energia no mundo, muitas pesquisas são realizadas para desenvolver e utilizar fontes alternativas de origem renovável, assim, oferecendo mais opções aos usuários e reduzindo também as emissões de poluentes no ambiente (ESTRADA, 2016). Desse modo, o sistema energético atual já conta com a combinação de várias fontes renováveis, e nas próximas décadas será complementada por energia fóssil. Sendo assim, há a necessidade de uma matriz energética menos poluente, e que possibilite o crescimento econômico aliado a preservação dos recursos naturais. Essa diversificação da matriz energética com fontes de baixo carbono contribui na mitigação dos impactos ambientais e sem alteração nos climas locais (LYRA *et al.*, 2018).

A crescente demanda urbana por energia elétrica requer fontes alternativas, e muitas tem um grande potencial ainda pouco aproveitado no Brasil. E são nessas alternativas que se criam possibilidades de atender às demandas urbanas de energia elétrica, além de atender as necessidades localizadas nas proximidades das fontes geradoras (BILOTTA; ROSS, 2016).

Em escala global, também existe a urgência para redução das concentrações atmosféricas dos GEE, com isso, provocou a adoção de métodos regulamentares favoráveis para o incentivo do setor público e privado a investirem em energias renováveis (PEDOTT; AGUIAR, 2014)

De acordo com a Lei N° 10.438 de 2002, criou-se um Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA) que visa o aumento da participação da energia elétrica gera por produtores independentes com fontes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa no sistema interligado nacional (BRASIL, 2002).

Segundo dados da EPE, em relação à eletricidade gerada no Brasil, o crescimento foi de 1,6% do ano de 2016 para 2017. Resultado importante também para energias alternativas como a eólica e o gás natural, que cresceram respectivamente 26,5% e 16,1% (EPE, 2018).

2.4.3 Carbono Social

Além de utilizar os sistemas de captação e queima do biogás em aterros sanitários para fins energéticos, o uso desses sistemas também beneficia a viabilidade

econômica dos projetos através da geração de créditos de carbono em projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e a venda da energia gerada. O Brasil se destaca no cenário internacional como um importante participante ligado ao MDL. (PEDOTT; AGUIAR, 2014).

O MDL é um mecanismo de flexibilização utilizado pelos países signatários para alcançar as metas estipuladas através das vendas de créditos de carbono e implementação de projetos. O intuito é que os países desenvolvidos financiem projetos de redução de emissões ou absorção de carbono em países em desenvolvimento, assim contribuindo para o desenvolvimento sustentável desses países. Um projeto de MDL em um aterro sanitário visaria a redução de emissões de gases, como também a redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos sólidos (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

A geração dos créditos de carbono depende basicamente da geração do biogás e este fator é controlado operacionalmente. Outro aspecto importante para o carbono social é a situação em que se encontra o mercado de créditos, pois é imprescindível para determinar o seu valor (PEDOTT; AGUIAR, 2014).

As empresas que diminuem suas emissões de GEE e obtêm créditos de carbono podem negociá-lo. Contudo, esse crédito é uma forma de certificado eletrônico emitido quando existe a diminuição dos gases, cada um crédito de carbono equivale a uma tonelada de CO₂ que deixou de ser emitida. Para os outros gases reduzidos existe uma tabela específica relacionando sua equivalência. Assim, a expressão *cap-and-trade* que significa “limite e negociação” determina que para um setor ou grupo se crie limites para as emissões. Com o MDL, os países do Protocolo, tem a possibilidade de comprar esses créditos que também são chamados de Redução Certificada de Emissão (RCE) para abater nas suas responsabilidades. Esse procedimento só é possível após o projeto implantado for comprovado da sua redução, deste modo, a empresa fica liberada para captar recursos com a venda. As transações de comercialização ocorrem em um ambiente próprio denominado de Mercado de Créditos de Carbono. Este ambiente pode ser classificado em duas partes: Mercado Regulado ou Mercado Voluntário. O primeiro obedece a regras de negociações de acordo com o Protocolo de Quioto, e tem dentre os principais projetos que tratam do aumento da eficiência energética, uso de fontes e combustíveis renováveis e adoção de melhores tecnologias. Já o segundo, não existem regras

definidas, e tem projetos como: troca de combustível fóssil, reflorestamento, aterro sanitário, energia renovável e eficiência energética (CARNEIRO *et al.*, 2017).

Porém, esses projetos que envolvem o mercado de carbono não visam apenas o retorno financeiro, mas enquadram também as esferas sociais (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Os projetos de MDL detêm em suas atividades aspectos que contribuem para o desenvolvimento sustentável, onde há a integração das áreas ambientais, econômicas e sociais. Segundo Penteado e Melo (2008), alguns aspectos podem englobar:

- Contribuição para a sustentabilidade ambiental local: Avaliação das alternativas de mitigação dos impactos ambientais locais propiciadas pelo projeto;
- Contribuição para o desenvolvimento das condições de trabalho e a geração líquida de empregos: Avaliação do compromisso do projeto com responsabilidades sociais e trabalhistas, programas de saúde, educação e defesa dos direitos civis;
- Contribuição para a distribuição de renda: Avaliação dos efeitos diretos e indiretos sobre a qualidade de vida das populações de baixa renda;
- Contribuição para capacitação e desenvolvimento tecnológico: Avaliação do grau de inovação tecnológica do projeto e a comparação com tecnologias de atividades semelhantes;
- Contribuição para integração regional e a articulação com outros setores: Avaliação da contribuição do projeto para o desenvolvimento regional do projeto e a integração com outras atividades socioeconômicas.

Existem dois projetos de aproveitamento do gás metano liberado por aterros que foram aprovados no Brasil sob as regras do MDL das empresas: A Veja, de Salvador (BA) e Nova Gerar, de Nova Iguaçu (RJ). Esses projetos trazem benefícios para o cenário brasileiro com a venda de créditos de carbono, além disto, se torna alvo de possíveis investimentos que visem a emissão de gases (CARNEIRO *et al.*, 2017). Além desses, o Brasil possui outros tipos de projetos que visa o aproveitamento

energético em aterros, sendo eles em: Bandeirantes (SP) e São João (SP) (MACHADO, 2015).

2.4.4 Viabilidade Econômica em Aterros Sanitários

Para representar cálculos de um projeto de geração de energia elétrica com o biogás provenientes dos resíduos sólidos é necessário a adoção de ferramentas para dar suporte na determinação se estes projetos são economicamente viáveis. Os mais utilizados são o Valor do Presente Líquido (VPL), Taxa interna de retorno (TIR) e o Índice de Benefício e Custo (IBC) (Oliveira *et al.*, 2014).

Para fins de definição, o VPL é definido dentro de um projeto como a somados valores descontados do fluxo de caixa, ou seja, a diferença entre o valor das receitas menos o valor dos custos (SILVA; FONTES, 2005). A TIR é uma taxa de desconto que iguala o VPL ao investimento inicial, e serve para analisar a alternativa de risco e retorno. Seu objetivo é encontrar uma taxa específica de rendimento. Já o IBC é medido através do quanto se espera ganhar pelo capital investido. Ou seja, a razão entre fluxo de benefícios do projeto e o fluxo de investimento necessários para realizá-lo (GALLON *et al.*, 2006; GUIMARÃES, 2012).

Com base nesses índices, um estudo realizado no aterro de Santo Antônio de Jesus – BA demonstrou a pouca quantidade de lixo que é depositado local, aproximadamente 100 t por dia. Porém, um projeto de recuperação do biogás e aproveitamento e tratamento do metano com objetivo de gerar energia é viável economicamente (CARNEIRO *et al.*, 2017).

Já em outro estudo que buscou a viabilidade econômica de projeto de mecanismo limpo em um aterro sanitário na cidade de Viçosa (MG) ressaltou que os resultados da geração de créditos de carbono para a cidade seriam muito pequenos. E conseqüentemente, as receitas seriam pequenas em relação ao custo de implementar um aterro sanitário com o projeto de MDL (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

3 METODOLOGIA

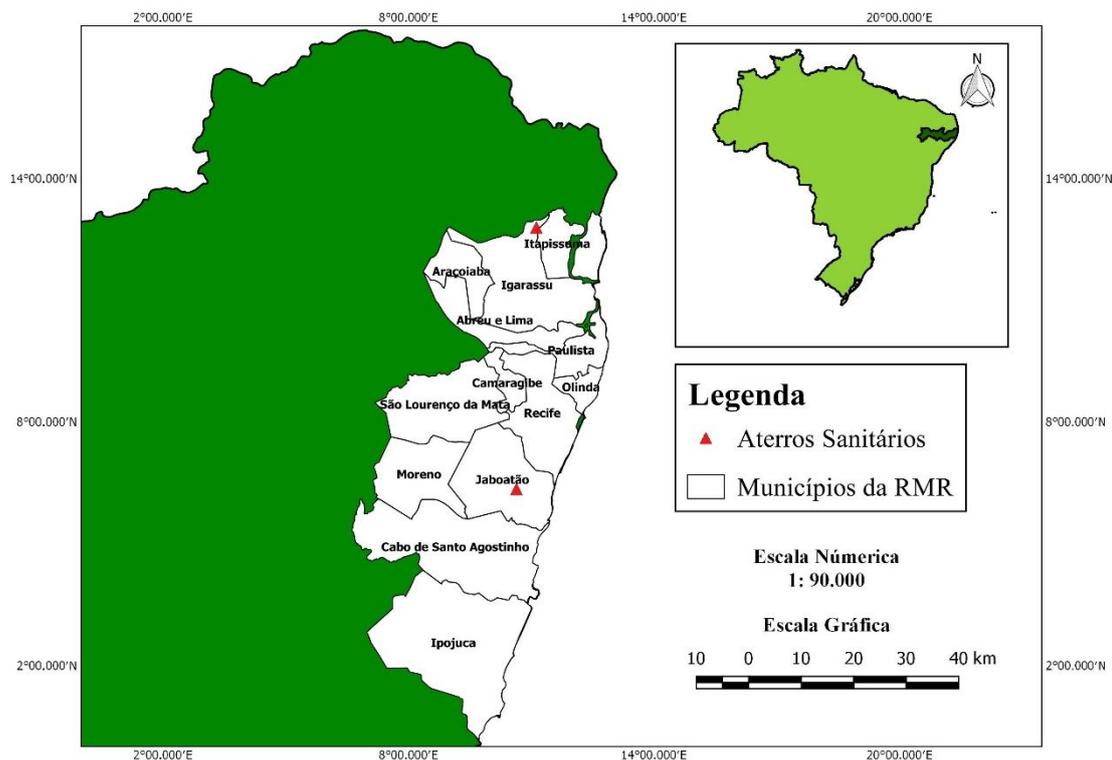
Com base nos níveis dos tipos das pesquisas, este trabalho pode ser caracterizado como exploratório. As pesquisas exploratórias têm o foco principal de desenvolver e esclarecer ideias através da formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 2008).

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este estudo teve como referência geográfica os aterros sanitários que estão inseridos dentro dos municípios da Região Metropolitana do Recife (RMR). A RMR foi criada em 1973 através da Lei Complementar Estadual N° 14 de 1973 e atualmente é composta por 14 municípios do Estado de Pernambuco. Fazem parte desta região os municípios de Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Ipojuca, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Paulista, Recife, Olinda e São Lourenço da Mata. A região tem uma área de aproximadamente 3.216.262 km² e a população estimada para o ano de 2018 foi 4.054.866 milhões de habitantes.

Com isso, a CTR Candeias está localizada no município de Jaboatão dos Guararapes. O empreendimento é operado pelo Grupo Ecopesa Ambiental S/A, criado para realizar a gestão do tratamento e disposição final dos resíduos. Foi o primeiro aterro sanitário em atividade no Estado e está em funcionamento desde 2007. Além disso, a CTR conta com conjuntos de tecnologias integradas e uma ampla estrutura. Já a CTR Pernambuco está localizada na zona rural do município de Igarassu, nas margens da BR 101, suas atividades iniciaram em 2008. O responsável pela operação é a CTR-PE – Central de Tratamento de Resíduos Ltda. Está instalado em uma área de 20.000 m² e sua vida útil está estimada em 20 anos. E está projetado para proporcionar o máximo de segurança para minimizar qualquer risco (Figura 1).

Figura 1 - Localização da Região Metropolitana do Recife e dos Aterros Sanitários em estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

3.2.1 População

Os dados da população urbana de todos os municípios da RMR utilizados na estimativa deste trabalho correspondem aos valores encontrados nos Censos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2010. Para o cálculo dos anos intermediários aos dos Censos, foi estimado a população com base em um crescimento geométrico anual. Porém, para a realização deste cálculo, foi necessário utilizar os valores do Censo de 2000.

Para se obter a taxa de crescimento entre os dois censos utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Eq. (1)} \quad TC_{pop} = \left[\left(\sqrt[n]{\frac{P_f}{P_i}} \right) - 1 \right] \cdot 100$$

Sendo:

TCPOP = Taxa geométrica para o cálculo populacional anual;

Pi = População relatada no ano inicial;

Pf = População relatada no ano final;

n = intervalo entre o ano final e o ano inicial (número de anos)

Com isso, foi possível realizar o cálculo de estimativa da população para os anos intermediários conforme a equação 2.

$$\text{Eq. (2)} \quad POP \text{ Est. Ano} = Pf(1 + TCpop)$$

Sendo:

POP Est. Ano = População do ano de que se queira estimar;

Pf = População relatada pelo Censo do IBGE no ano a;

TCPOP = Taxa geométrica para o cálculo populacional anual.

Dessa forma, foi possível realizar as estimativas anuais de habitantes dos municípios da RMR que depositam seus resíduos nos aterros estudados. Segue na tabela 1 os valores utilizados para o cálculo da população urbana para cada município.

Tabela 1 - Dados da população urbana nos anos 2000 e 2010.

Municípios	População Urbana	
	Censo 2000	Censo 2010
Abreu e Lima	77.696	86.625
Araçoiaba	12.447	15.268
Cabo de Santo Agostinho	134.486	167.783
Camaragibe	128.702	144.466
Igarassu	75.739	93.931
Ilha de Itamaracá	12.930	16.993
Ipojuca	40.310	59.719
Itapissuma	16.330	18.320
Jaboatão dos Guararapes	568.474	630.595
Moreno	38.294	50.197
Paulista	262.237	300.466
Recife	1.422.905	1.537.704
Olinda	360.554	370.332
São Lourenço da Mata	83.543	96.777

Fonte: IBGE 2000 e 2010 (Adaptado pela autora).

3.2.2 Geração de Resíduos por Habitante (Per Capita)

A taxa de geração de resíduos é a quantidade gerada por habitante durante um dia, e ela foi obtida através de um levantamento de dados dos relatórios do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS). Cada faixa populacional terá um valor de geração em quilos determinado pelo sistema de acordo com a quantidade de habitantes do município, conforme a tabela a seguir:

Tabela 2 - Faixa populacional para determinação das taxas de *Per Capita* por município.

Faixa Populacional	Número de Habitantes (hab)
1	até 30.000 hab.
2	de 30.001 a 100.000 hab.
3	de 100.000 a 250.000 hab.
4	de 250.001 a 1.000.000 hab.
5	de 100.001 a 3.000.000 hab.
6	acima de 3.000.001 hab.

Fonte: SNIS (2017).

3.2.3 Composição Gravimétrica dos Resíduos

A composição gravimétrica é o percentual de peso dos principais componentes do lixo. Além disso, é um dos principais parâmetros para o cálculo do Carbono Orgânico Degradável (DOC) e saber a massa degradável do componente. Assim, as classificações usadas para coletar dados sobre as composições dos resíduos podem variar muito nas diferentes regiões dos países (IPCC, 2006). Os componentes utilizados para esta pesquisa foram: Matéria Orgânica, Papel/Papelão, Têxteis, Sanitários e Madeira. Esses materiais foram escolhidos devido conter a maior parte do DOC.

Os dados médios de composição gravimétrica dos resíduos da RMR, foram utilizados para os municípios que não dispõem de nenhum valor de composição. Já os valores dos componentes de madeira, têxteis e sanitários para os municípios de Abreu e Lima, Araçoiaba, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma e Olinda, devido à falta de informação, usou-se a estimativa média das informações de outras cidades.

3.2.4 Destinação Final dos Resíduos

A RMR tem 12 dos seus 14 municípios destinando seus resíduos para os aterros sanitários, exceto os municípios de Camaragibe e Ipojuca, que ainda enviam seus resíduos para aterros controlados que estão localizados em suas próprias áreas territoriais (SECRETARIA DAS CIDADES, 2014).

A destinação final se torna importante para geração do metano pois realiza o cálculo do fator de correção do carbono (MCF). De acordo com o IPCC (2006), o valor do MCF varia conforme as características do local de disposição. A tabela 4 a seguir, mostra os diferentes valores usados para cada local.

Tabela 3 - Classificação do local e do MCF

Local de Disposição	MCF
Aterro Sanitário	1,0
Aterro Controlado	0,8
Lixão	0,4
Sem categoria	0,6

Fonte: IPCC (2006)

Dessa forma, foi adotado para o cálculo das duas centrais de tratamento os valores do MCF correspondente ao do Aterro Sanitário.

3.2.5 Taxa de Recuperação do Metano

O modelo de Decaimento de Primeira Ordem foi utilizado para o calcular a produção de resíduos e as emissões de gases do efeito estufa provenientes da decomposição dos resíduos anteriores, este modelo foi desenvolvido pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) 2006. Os principais dados que contribuem para o cálculo de produção de resíduos são as quantidades de habitantes urbanos do município e a taxa de geração de resíduos por habitante (*Per capita*). Com base nestes dados, também se utiliza a composição gravimétrica dos resíduos, tipo e qualidade do destino final e a taxa de recuperação do biogás para o cálculo de emissões.

Este método foi utilizado por FIRMO (2009), onde o objetivo foi estimar as emissões de CH₄ da RMR para identificar os possíveis municípios potencialmente geradores desse gás. Além disso, FIRMO (2013) usou o mesmo modelo para analisar se esses modelos matemáticos podem auxiliar os estudos de geração de biogás e o potencial energético em aterros. Mas, este método também foi base para outro estudo que visou estimar o potencial de geração de biogás em um aterro sanitário, e este avaliou a viabilidade econômica de biodigestores para o aproveitamento energético produzido pela decomposição de resíduos (LYRA *et al.*, 2018).

Os dados da recuperação de metano são essenciais para os cálculos, uma vez que esses valores são emissões evitadas diretamente na atmosfera. Alguns aterros do país já detêm desses novos sistemas, porém não possuem registros disponíveis. Na RMR, apenas a CTR Candeias possui um sistema de queima de gases, contudo, os registros não estão acessíveis.

3.3 CÁLCULO DA GERAÇÃO DE GASES NOS ATERROS SANITÁRIOS

A metodologia escolhida do IPCC (2006) para o cálculo de emissões é o modelo de decaimento de primeira ordem ou multicomponente. Ele é baseado na cinética de 1º ordem e consiste na decomposição de resíduos degradáveis utilizando os diferentes componentes do lixo e diferentes velocidades de degradação para os componentes utilizados.

As emissões de gases provenientes da disposição dos RSU em cada ano podem ser estimadas através da equação 3. Assim, os gases gerados são resultados da degradação do material orgânico em condições anaeróbicas, e na cobertura do aterro eles podem ser recuperados para queima ou energia (IPCC, 2006).

$$\text{Eq. (3):} \quad \text{Emissão CH}_4 = [\sum \text{CH}_4 \text{ gerado } x, t - R_t] \cdot (1 - OX_t)$$

Sendo:

Emissões de CH₄ = CH₄ emitido no ano;

t = Ano do inventário;

x = Categoria ou tipo do componente;

R_T = Recuperado no ano;

OX_T = Fator oxidação no t (Fração).

Portanto, o potencial de geração de CH₄ em um determinado ano diminuirá gradualmente ao longo das décadas seguintes. Vale ressaltar que a quantidade de matéria orgânica nos resíduos dispostos nos aterros é importante (influência no DOC médio) e isso foi estimado com base nas informações sobre as diferentes categorias. A equação para estimar a geração de CH₄, é a mesma utilizada para estimar as emissões de todas as categorias e tipos de materiais. A base para o cálculo é a quantidade de Carbono Orgânico Degradável Decomponível (DDOC_m), e essa é a parte do carbono orgânico que se degrada nas condições anaeróbicas (IPCC, 2006).

$$\text{Eq. (4)} \quad DDOC_m = W * DOC * DOC_f * MCF$$

Sendo:

DDOC_m = Massa de DOC decomponível;

W = Massa de resíduos depositados;

DOC = Carbono orgânico degradável no ano de deposição;

DOC_f = Fração do DOC que pode se decompor;

MCF = Fator de correção de CH₄ para decomposição no ano de deposição.

Dessa forma, a equação seguinte é utilizada para transformação do DDOC_m no potencial de geração de CH₄.

$$\text{Eq. (5)} \quad L_o = DDOC_m * F * 16/12$$

Sendo:

L_o = Potencial de geração de CH₄;

DDOC_m = Massa de DOC decomponível;

F = Fração de CH₄ no gás de aterro gerado;

16/12 = Razão de peso molecular CH₄ / C.

A tabela 4 representa os valores padrão de cada parâmetro utilizado pelo IPCC para a realização dos cálculos de emissão. Sendo assim, cada componente detém de um valor específico. Ao adotar estes índices, a metodologia do IPCC se difere das demais.

Tabela 4 - Valores padrão do Default adotados pelo IPCC (2006)

Composição	COD	DOCf	t1/2	k	M
	Fração Carbono orgânico degradável	Fração de COD em condições anaeróbicas	Tempo de meia vida (dias)	Constante cinética de decomposição (dia-1) $k=\ln(2)/t_{1/2}$	Tempo necessário para se estabelecer as condições anaeróbicas (dias)
Matéria Orgânica	0,15	0,798	2	0,4	0
Papel/Papelão	0,4	0,798	2	0,07	0
Madeira	0,43	0,798	2	2	0,00
Sanitários	0,24	0,798	2	0,07	0,00
Têxtil	0,24	0,798	2	0,07	0,00
Outros	0,15	0,798	2	0,17	0,00

Fonte: IPCC (2006).

3.4 CUSTOS E BENEFÍCIOS DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS GASES

A realização da análise do custo-benefício busca avaliar as vantagens e desvantagens na implantação de um novo negócio. Contudo, a busca pela energia renovável proveniente dos resíduos traz externalidades positivas passíveis de mensuração, como o desenvolvimento das áreas econômica, social e ambiental. Se destaca também que esse tipo de projeto traz consigo outras externalidades positivas: Drenagem do chorume, emissões evitadas de GEE, emissão de odores evitadas pela queima do biogás etc. (MMA, 2010).

No presente trabalho é realizada a análise da viabilidade econômica do aproveitamento de gases para o setor energético e a possibilidade da venda de créditos de carbono.

3.4.1 Produção de Energia Elétrica

Para iniciar a análise econômica e financeira e com base no resultado do potencial de geração do CH₄, o primeiro passo a ser realizado é a estimativa anual de produção de energia elétrica advinda do biogás. Dessa forma, utilizou-se a equação adaptada de Necker e Rosa (2013).

$$\text{Eq. (6)} \quad Pot = (q * PC * n)$$

Sendo:

Pot = Potência gerada (MWh)

q = Vazão do biogás (m³/h)

PC = Poder calorífico do biogás

n = Eficiência elétrica do motor

Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), o biogás detém um poder calorífico de 4.500 kcal/m³. Contudo, para este trabalho, foi adotado uma faixa de 30% para eficiência do motor visto que esse valor é normalmente utilizado nesses sistemas (VANZIN, 2006).

3.4.2 Custo de Investimento para Operação e Manutenção do Sistema

Serão estimados os custos de capital para as despesas que envolvem a instalação, funcionamento e manutenção do sistema de recuperação de biogás. Assim, foi adotada a metodologia elaborada por Vanzin (2006), conforme a equação 7. Esta equação foi desenvolvida pelo *software* de inferência estatística – Sisreg, que utilizou os valores de investimento do estudo realizado pelo Banco Mundial em 2005 sobre a geração de energia, infraestrutura de captação e coleta do biogás e capacidade de disposição de resíduos sólidos em aterros.

$$\text{Eq. (7)} \quad \text{Inv. U. G. (milhõesUS\$)} = 0,08032049 + 0,9616 * \text{Pot. (MW)}$$

A metodologia corresponde em obter o valor do investimento, em milhões de dólares, da usina de geração de energia elétrica através da potência de geração em MW. Vale ressaltar que este cálculo foi realizado com base em estudos de projetos de pré-viabilidade de recuperação do biogás e produção de energia elaborado pelo Banco Mundial. Além disso, o banco informa que o valor do investimento na infraestrutura de coleta e captação do biogás representa um percentual de 40% a 60% do total do investimento. Para este trabalho, foi adotado o valor de 50%. Já os custos de manutenção e reparo não detém um valor específico, avalia-se que gire em torno de 5% do valor total investido na implantação.

3.4.3 Benefícios do Investimento

Foram consideradas a venda de energia gerada e a comercialização dos créditos de carbonos como possibilidades de receitas para o empreendimento.

3.4.3.1 Venda de energia gerada

A energia elétrica gerada será produzida através do consumo anual do biogás no motor de combustão. Com isso, pode ser determinada por meio da equação 9. Segundo Oliveira (2009), um metro cúbico (1m³) de biogás gera cerca de 1,95 kWh de energia elétrica em motores de combustão.

$$\text{Eq. (9)} \quad EGG = \text{Biogás Coletado}(m^3/\text{ano}) * 1,95(kWh/m^3)$$

Sendo:

EGG = Energia gerada (KWh/ano)

A seguinte equação determina as receitas que serão recolhidas com a venda de energia elétrica.

$$\text{Eq. (8)} \quad VEE = EGG(KWh/\text{ano}) \cdot TFE(R\$/KWh)$$

Sendo:

VEE = Venda de energia elétrica

EGG = Energia gerada (KWh/ano)

TFE = Tarifa de energia elétrica (R\$/KWh)

3.4.3.2 Comercialização dos créditos de carbono

Com as reduções das emissões dos GEE, existe a possibilidade do enquadramento deste projeto no MDL e conseqüentemente a venda dos certificados de redução. Assim, a equação a seguir representa a base de cálculo para o potencial de venda dos créditos.

$$\text{Eq. (10)} \quad ER = CH4 \text{ recup} \cdot 21 \cdot (1 - FA)$$

Sendo:

ER = Emissão reduzida em

CH4 Recup. = Quantidade de metano recuperado (t / ano)

21 = Potencial de aquecimento do CH4

FA = Fator de Ajuste

O fator de ajuste indica a quantidade de metano que seria queimada na ausência de uma planta de recuperação de biogás. Com isso, foi adotado o percentual de 20%, percentual observado em projetos aprovados (FELIPETTO, 2007).

3.4.4 Índices Econômicos e Financeiros

A escala temporal estudada neste trabalho para Central de Tratamento de Resíduos Candeias (CTR-Candeias) é de 2019 até 2027 e para CTR Pernambuco (CTR-PE) de 2019 até 2028, visto que para o ano de encerramento considerou o tempo médio de vida útil após seu início de pelo menos 20 anos para os dois aterros.

As ferramentas utilizadas para se estabelecer a viabilidade econômica do projeto serão: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Índice de Benefício Custo (IBC). O VPL é calculado através da diferença entre os custos e receitas geradas pelos aterros sanitários, ou seja, o valor presente de pagamentos futuros, menos o custo de oportunidade do capital e menos o investimento inicial. Assim, será fornecido o valor atual do projeto, onde se for maior que zero indica viabilidade, se for menor, será inviável.

O TIR será apresentado como o percentual de rentabilidade desse projeto com o aproveitamento energético. Se o seu resultado for maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) do capital investido, o projeto deverá ser aceito, se for menor, deverá ser rejeitado. Para este trabalho, foi adotado uma TMA de 8% com fundamento no estudo do Banco Mundial, que representa o retorno mínimo esperado deste investimento. O IBC representa as expectativas de ganho referente ao investimento no projeto, para isso, é necessário que esse valor seja maior que 1.

4 RESULTADOS

4.1 PRODUÇÃO DE RESÍDUOS

A taxa de geração de resíduos (*Per Capita*) para os municípios da RMR de 2007 até 2017 foi determinada conforme as faixas populacionais e podem ser visualizadas no anexo 1 deste trabalho. A distinção entre os valores obtidos é principalmente em função do número de habitantes, mas outros aspectos ajudaram a construir esses dados, como as informações financeiras e informações sobre o serviço de coleta de resíduos. Para os anos de 2018 a 2028, foi considerado uma redução anual de 0,5% na taxa de geração de resíduos, visto que esta é a prioridade para o manejo dos resíduos conforme indica a PNRS (CAMPOS, 2012).

Assim, composição gravimétrica é o percentual de cada componente dentro dos resíduos, e do mesmo modo, todos os municípios contém uma alta taxa de matéria orgânica, o que é imprescindível para produção do biogás.

Tabela 5 - Composição gravimétrica dos RSU dos municípios da RMR.

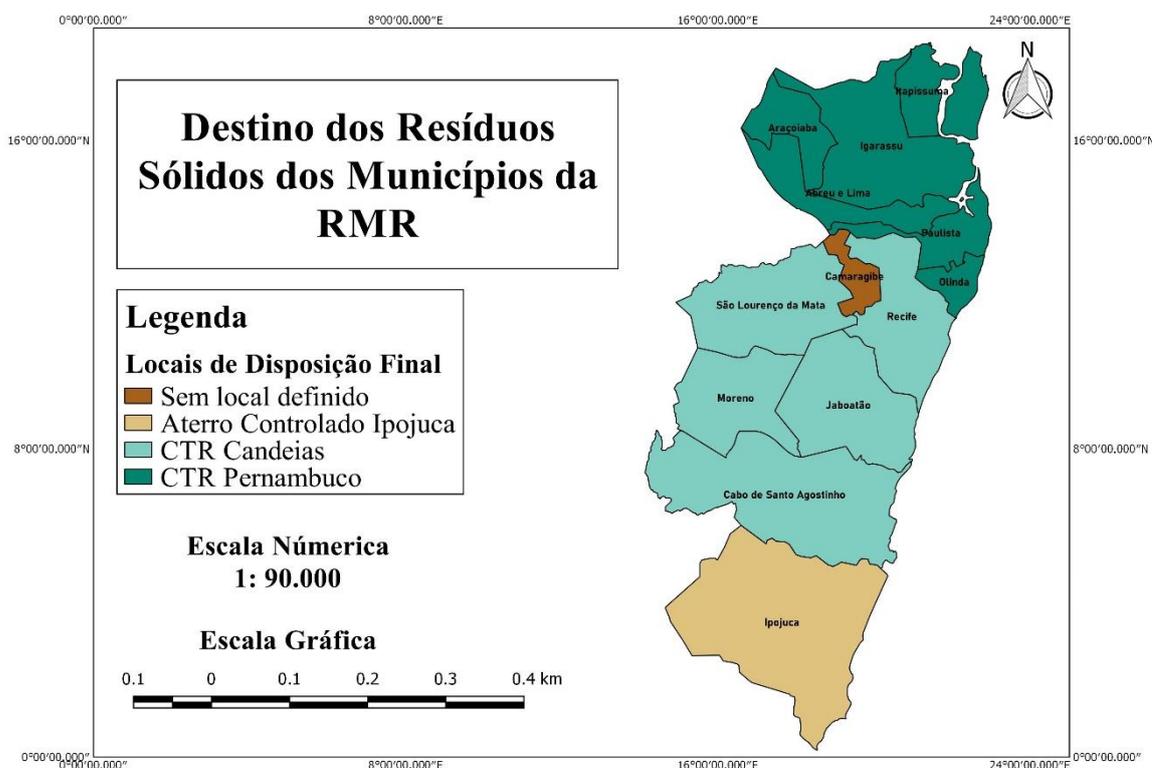
Municípios	Composição dos Componentes (%)					
	Mat. Org.	Papel/Papelão	Madeira	Têxteis	Sanitários	Rejeitos
Abreu e Lima **	54,2	10	7,26	4	5,58	18,96
Araçoiaba ***	49,2	11,1	7,26	4	5,58	22,86
Cabo de Santo Agostinho *	71,1	1,3	0	1,5	2,9	23,2
Camaragibe **	33	5	7,26	4	5,58	45,16
Igarassu **	63	12	7,26	4	5,58	8,16
Ilha de Itamaracá **	63	12	7,26	4	5,58	8,16
Ipojuca **	54,2	10	7,26	4	5,58	18,96
Itapissuma **	48,49	7,78	6,78	3,73	5,21	28,01
Jaboatão dos Guararapes *	62,3	7,8	7,8	4,6	4	13,5
Moreno *	54,8	2,8	8,5	5,1	9,7	19,1
Olinda **	60	12	7,26	4	5,58	11,16
Paulista *	32,6	15,7	9,9	5,5	7,4	28,9
Recife *	62,8	5	10,1	3,3	3,9	14,9
São Lourenço da Mata	54,2	10	7,26	4	5,58	18,96
Média da RMR	48,49	7,78	6,78	3,73	5,21	28,01

Fonte: Elaborado pela autora com base em: Estudos de concepção de coleta seletiva, tratamento e disposição em aterro sanitário: Região Metropolitana do Recife – RMR, 2014 (*Dados fornecidos pela CTR Candeias a equipe técnica do estudo. ** Projeto de Qualidade das Águas e controle de poluição - SECTMA/2002. *** Prefeitura de Araçoiaba).

Vale ressaltar que a situação socioeconômica da população pode interferir nos dados em razão das variações de tratamento para atender suas necessidades básicas. Os hábitos de consumo, a renda, as características populacionais, condições climáticas e escolaridade são fatores que contribuem para geração de resíduos sólidos, sendo o fator econômico de maior influência para composição. E isto consequentemente pode implicar no quantitativo de gás que será gerado, visto que é necessário um percentual relevante de matéria orgânica (GIL, 2016).

Contudo, a figura a seguir representa os locais de destinação dos resíduos de cada município. Devido ao encerramento das atividades do lixão de Camaragibe, a cidade está em processo de licitação para a contratação de uma central de tratamento para dispor de seus resíduos. O aterro controlado de Ipojuca não se encaixa no presente estudo dado que suas características diferem de um aterro sanitário.

Figura 2 - Destino dos resíduos sólidos de cada município da RMR.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Com base nos cálculos da projeção populacional e da taxa *per capita*, foi possível estimar a quantidade em toneladas de resíduos das duas centrais. A tabela

6 corresponde a quantidade de 2019 a 2027 para CTR Candeias, e a quantidade de 2019 a 2028 para CTR Pernambuco. Em comparação aos valores, observa-se a grande quantidade de resíduos depositada na CTR Candeias. Tal resultado se dá devido a central receber os resíduos dos municípios que contém grande número de habitantes, como: Recife, Jaboatão dos Guararapes e Cabo (Anexo 2).

Tabela 6 - Quantidade estimada de resíduos em toneladas depositados por ano.

ANO	CTR Candeias	CTR Pernambuco
	Quantidade	
2019	1.102.163,90	324.142,93
2020	1.108.070,87	326.487,22
2021	1.114.031,03	328.252,72
2022	1.120.045,11	330.043,75
2023	1.126.113,84	331.860,67
2024	1.132.237,97	333.703,81
2025	1.138.418,26	335.573,56
2026	1.144.655,49	337.470,26
2027	1.150.950,45	339.394,31
2028	-	341.346,07

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

De acordo com o Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco (TCE), os municípios depositantes da CTR Candeias pagam R\$44,17 por tonelada de resíduos, enquanto os municípios da CTR PE pagam R\$52,53, sendo esse o principal meio de ganho econômico para os aterros.

Tabela 7- Valor cobrado aos depositantes (R\$/t).

ANO	CTR Candeias	CTR Pernambuco
	Quantidade	
2019	R\$48.682.579,65	R\$17.815.177,85
2020	R\$48.943.490,50	R\$17.150.373,72
2021	R\$49.206.750,77	R\$17.243.115,55
2022	R\$49.472.392,46	R\$17.337.198,44
2023	R\$49.740.448,14	R\$17.432.640,79
2024	R\$50.010.950,92	R\$17.529.461,28
2025	R\$50.283.934,45	R\$17.627.678,89
2026	R\$50.559.432,99	R\$17.727.312,92
2027	R\$50.837.481,34	R\$17.828.382,99
2028	-	R\$17.930.909,00

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

4.2 GERAÇÃO DO BIOGÁS

Com a quantidade estimada de resíduos e a composição gravimétrica, foi calculado o volume de biogás gerado em m³ por ano através das equações 3, 4 e 5. Este resultado servirá como parâmetro para realizar a análise da viabilidade do projeto para a recuperação desses gases e o aproveitamento energético (Tabela 7).

Tabela 8 - Quantidade de biogás (m³/ano)

Ano	CTR Candeias	CTR Pernambuco
	Quantidade	
2019	138.334.853,12	37.551.606,38
2020	141.704.797,28	38.506.299,72
2021	144.981.139,60	39.485.560,23
2022	148.154.926,00	40.466.990,72
2023	151.222.862,50	41.436.583,85
2024	154.185.270,40	42.385.891,38
2025	157.044.737,14	43.310.131,08
2026	159.805.215,76	44.206.921,69
2027	162.471.433,87	45.075.438,75
2028	-	45.915.852,29

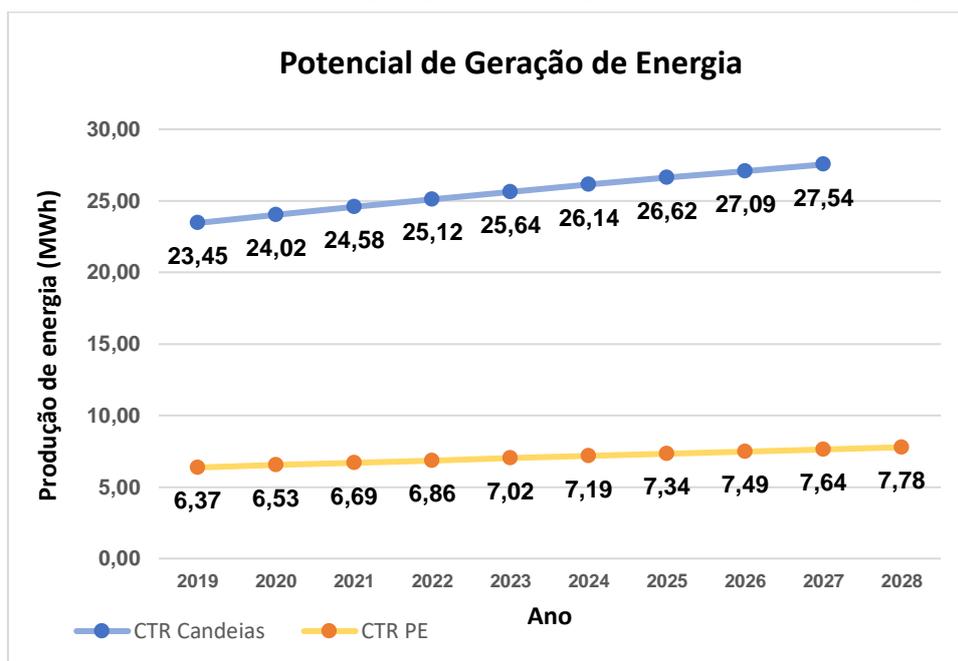
Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

Como consequência da grande quantidade de resíduos depositado, a CTR Candeias detém de uma potencialidade superior a geração de biogás do que a CTR PE. Porém, as duas centrais têm estoques suficientes para gerar energia. O estudo realizado no Aterro de Santa Tecla (RS) constatou que para o ano de seu encerramento o aterro produziria cerca de 32.033.671,40 m³/ano de biogás (VANZIN, 2006). Assim, é possível comparar que os aterros em estudo têm uma considerável quantia de GEE estimado, o que justifica a necessidade de projetos alternativos que visem a não emissão direta.

4.3 PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A produção de energia elétrica estimada de acordo com a equação 6 pode ser visualizada na figura 3 de acordo com a escala temporal estipulada para cada aterro e sua produção em MWh.

Figura 3 - Gráfico do potencial de geração de energia elétrica a partir do biogás.



Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

Os resultados obtidos no gráfico demonstram o crescimento contínuo da capacidade energética dos Aterros. Devido ao grande volume de biogás produzido pela CTR Candeias, conseqüentemente, o aterro terá um potencial superior ao da CTR PE. Visto que para o ano de 2019 tinha um potencial de 23,45 MWh e para 2027

o valor de 27,54 MWh. Já a CTR PE, para o ano de 2019 tinha 6,37 MWh e para 2028 o valor de 7,78 MWh. Porém, a análise de investimento necessita de um valor padrão de geração de energia. Contudo, foi definido o valor obtido no primeiro ano de análise (2019).

Cerca de 1 MW em energia é responsável por abastecer uma cidade com 7,5 mil habitantes (CÂMARA, 2016). Sendo assim, a CTR Candeias tem um potencial de abastecer um município com 175 mil habitantes, porte de municípios como: Moreno ou São Lourenço da Mata. A CTR PE tem uma capacidade de prover energia para um município com pelo menos 47 mil habitantes, porte de cidades como: Araçoiaba, Itamaracá e Itapissuma.

O estado de Pernambuco possui duas termelétricas a diesel que funcionam sob demanda e também está com um projeto de construção de uma terceira termelétrica de gás natural no município de Camaragibe que substituiria as outras já em funcionamento no local. A potência dessa nova planta chega a 299 MW, sendo superior a uma planta de aterro. Entretanto, a instalação dessa usina ocorreria em uma Área de Proteção Ambiental (APA), o que acarretaria impactos negativos ao meio ambiente e a sociedade do entorno, além de contrariar o plano de manejo da APA. É importante destacar que as termelétricas a diesel provocam um intenso barulho emitido pelas turbinas e aumentam o fluxo de caminhões causando transtornos na localidade.

4.4 CUSTO DE INVESTIMENTO PARA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DO SISTEMA

Sendo a potência para CTR Candeias de 23,45MW e para CTR PE de 6,37 MW, foi realizada a análise do investimento do projeto com base na equação 7 desenvolvida por Vanzin (2006). Na tabela 8 está o demonstrativo de investimento para as usinas de energia de acordo com as capacidades definidas.

Tabela 9 - Investimento de Implantação e Manutenção das Usinas.

Local / Potencial	Custo (US\$)	Custo (US\$) + 50% Biogás	Custo (R\$)	Custo de Manutenção (5%)	Custo Total
CTR Candeias (23,45 MW)	\$22.630.417,55	\$45.260.835,10	R\$203.673.757,93	R\$10.183.687,90	R\$213.857.445,83
CTR PE (6,37 MW)	\$6.201.643,85	\$12.403.287,71	R\$55.814.794,69	R\$2.790.739,73	R\$58.605.534,42

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

Deste modo, obteve-se um custo inicial de U\$ 22.630.417,55 para a usina da CTR Candeias devido sua maior potencialidade e U\$ 6.201.643,85 para a usina da CTR PE. Porém, como os custos são divididos em 50% para a unidade de geração de energia e 50% para o sistema de coleta do biogás, estes valores duplicaram chegando respectivamente a U\$45.260.835,10 e \$12.403.287,71. Para valores reais, foi adotado a média da cotação do dólar do ano de 2019, um valor de aproximadamente, R\$ 4,50. Com isso, os valores de custo total são de R\$178.327.690,28 mais 5% desse valor para manutenção para o Aterro de Candeias e R\$48.868.953,57 mais 5% para o Aterro de Pernambuco.

4.5 VENDA DE ENERGIA ELÉTRICA

Contudo, foram estipulados cenários para a comercialização da energia elétrica produzida e da possibilidade de venda dos créditos de carbono. É importante destacar que esses cenários estão considerando a recuperação de 45% do biogás (o quanto de biogás gerado será efetivamente coletado pelo aterro). Com isso, para a venda de energia foram atribuídos os respectivos preços para as tarifas de: R\$ 0,05/kWh, R\$ 0,10/kWh, R\$0,20/kWh e R\$0,25/kWh.

Tabela 10 - Cenários para comercialização da energia – CTR Candeias.

Ano	Volume do biogás coletado (m³/ano) - 85% de eficiência	Energia gerada (KWh/ano)	Venda de Energia (R\$ 0,05 KWh)	Venda de Energia (R\$ 0,10 KWh)	Venda de Energia (R\$ 0,20 KWh)	Venda de Energia (R\$ 0,25 KWh)
2019	62.250.684	121.388.833,62	R\$6.069.441,68	R\$12.138.883,36	R\$24.277.766,72	R\$30.347.208,40
2020	63.767.159	124.345.959,62	R\$6.217.297,98	R\$12.434.595,96	R\$24.869.191,92	R\$31.086.489,90
2021	65.241.513	127.220.950,00	R\$6.361.047,50	R\$12.722.095,00	R\$25.444.190,00	R\$31.805.237,50
2022	66.669.717	130.005.948,09	R\$6.500.297,40	R\$13.000.594,81	R\$26.001.189,62	R\$32.501.487,02
2023	68.050.288	132.698.061,84	R\$6.634.903,09	R\$13.269.806,18	R\$26.539.612,37	R\$33.174.515,46
2024	69.383.372	135.297.574,77	R\$6.764.878,74	R\$13.529.757,48	R\$27.059.514,95	R\$33.824.393,69
2025	70.670.132	137.806.756,84	R\$6.890.337,84	R\$13.780.675,68	R\$27.561.351,37	R\$34.451.689,21
2026	71.912.347	140.229.076,83	R\$7.011.453,84	R\$14.022.907,68	R\$28.045.815,37	R\$35.057.269,21
2027	73.112.145	142.568.683,22	R\$7.128.434,16	R\$14.256.868,32	R\$28.513.736,64	R\$35.642.170,80

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

Tabela 11 - Cenários para comercialização da energia – CTR PE.

Ano	Volume do biogás coletado (m³/ano) - 85% de eficiência	Energia gerada (kWh/ano)	Venda de Energia (R\$ 0,05 kWh)	Venda de Energia (R\$ 0,10 kWh)	Venda de Energia (R\$ 0,20 kWh)	Venda de Energia (R\$ 0,25 kWh)
2019	16.898.223	32.951.534,60	R\$1.647.576,73	R\$3.295.153,46	R\$6.590.306,92	R\$8.237.883,65
2020	17.327.835	33.789.278,00	R\$1.689.463,90	R\$3.378.927,80	R\$6.757.855,60	R\$8.447.319,50
2021	17.768.502	34.648.579,10	R\$1.732.428,96	R\$3.464.857,91	R\$6.929.715,82	R\$8.662.144,78
2022	18.210.146	35.509.784,36	R\$1.775.489,22	R\$3.550.978,44	R\$7.101.956,87	R\$8.877.446,09
2023	18.646.463	36.360.602,32	R\$1.818.030,12	R\$3.636.060,23	R\$7.272.120,46	R\$9.090.150,58
2024	19.073.651	37.193.619,69	R\$1.859.680,98	R\$3.719.361,97	R\$7.438.723,94	R\$9.298.404,92
2025	19.489.559	38.004.640,03	R\$1.900.232,00	R\$3.800.464,00	R\$7.600.928,01	R\$9.501.160,01
2026	19.893.115	38.791.573,78	R\$1.939.578,69	R\$3.879.157,38	R\$7.758.314,76	R\$9.697.893,44
2027	20.283.947	39.553.697,50	R\$1.977.684,88	R\$3.955.369,75	R\$7.910.739,50	R\$9.888.424,38
2028	20.662.134	40.291.160,39	R\$2.014.558,02	R\$4.029.116,04	R\$8.058.232,08	R\$10.072.790,10

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

Os benefícios gerados nas quatro possibilidades de venda indicam valores consideráveis de recebimento para as duas centrais, no entanto, a avaliação da viabilidade só poderá ser feita com juntamente com a análise dos índices econômicos.

4.6 COMERCIALIZAÇÃO DOS CRÉDITOS DE CARBONO

A possibilidade de venda dos certificados de redução de carbono foi analisada de acordo com a equação 10. Estes cálculos têm como fundamento representar as quantidades de GEE que deixam de ser emitidos na atmosfera. Além disso, foi

simulado o cenário de venda de cada crédito de carbono a um preço de R\$ 25 e R\$50, estes representam a metade e o valor inteiro, respectivamente, segundo a Agrosaber em 2020.

Tabela 12 - Emissões reduzidas e cenário de venda do crédito de carbono - CTR Candeias.

Ano	CH4 produzido (t/ano)	CH4 recuperado (t/ano) - 85%	Emissão Reduzida (t)	Venda da RCE (R\$ 40,00)	Venda da RCE (R\$ 80,00)
2019	99.186,09	44.633,74	749.846,84	R\$18.746.170,95	R\$37.492.341,90
2020	101.602,34	45.721,05	768.113,69	R\$19.202.842,19	R\$38.405.684,39
2021	103.951,48	46.778,16	785.873,17	R\$19.646.829,17	R\$39.293.658,34
2022	106.227,08	47.802,19	803.076,74	R\$20.076.918,57	R\$40.153.837,14
2023	108.426,79	48.792,06	819.706,55	R\$20.492.663,77	R\$40.985.327,53
2024	110.550,84	49.747,88	835.764,34	R\$20.894.108,55	R\$41.788.217,09
2025	112.601,08	50.670,48	851.264,14	R\$21.281.603,46	R\$42.563.206,93
2026	114.580,34	51.561,15	866.227,37	R\$21.655.684,20	R\$43.311.368,41
2027	116.492,02	52.421,41	880.679,66	R\$22.016.991,42	R\$44.033.982,83
Total	973.618,05	438.128,12	7.360.552,49	R\$184.013.812,28	R\$368.027.624,56

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

Tabela 13 - Emissões reduzidas e cenário de venda do crédito de carbono - CTR PE.

Ano	CH4 produzido (t/ano)	CH4 recuperado (t/ano) - 85%	Emissão Reduzida (t)	Venda da RCE (R\$ 40,00)	Venda da RCE (R\$ 80,00)
2019	26.924,50	12.116,03	203.549,23	R\$5.088.730,84	R\$10.177.461,67
2020	27.609,02	12.424,06	208.724,17	R\$5.218.104,19	R\$10.436.208,39
2021	28.311,15	12.740,02	214.032,27	R\$5.350.806,72	R\$10.701.613,45
2022	29.014,83	13.056,67	219.352,13	R\$5.483.803,31	R\$10.967.606,63
2023	29.710,03	13.369,51	224.607,83	R\$5.615.195,79	R\$11.230.391,57
2024	30.390,68	13.675,81	229.753,57	R\$5.743.839,30	R\$11.487.678,60
2025	31.053,36	13.974,01	234.763,43	R\$5.869.085,79	R\$11.738.171,59
2026	31.696,36	14.263,36	239.624,50	R\$5.990.612,58	R\$11.981.225,16
2027	32.319,09	14.543,59	244.332,32	R\$6.108.307,93	R\$12.216.615,86
2028	32.921,67	14.814,75	248.887,80	R\$6.222.194,89	R\$12.444.389,78
Total	299.950,69	134.977,81	2.267.627,25	R\$56.690.681,35	R\$181.410.180,31

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

A quantidade total de emissão de metano reduzida em face desse projeto é expressiva, principalmente porque seria uma grande contribuição para o meio ambiente e a qualidade de vida da população. Entretanto, a CTR Candeias e a CTR PE também gerariam benefícios para si, visto que com a venda das RCEs gerariam receitas consideráveis com os demais cenários, sendo: CTR Candeias (R\$40 –

R\$556.130.632,68 e R\$80 - R\$1.112.261.265,35) e CTR PE (R\$40 – R\$ 171.331.836,96 e R\$342.663.673,92).

4.7 ANÁLISE DOS ÍNDICES ECONÔMICOS E FINANCEIROS

Para análise da viabilidade econômica deste trabalho, dos anexos 4 ao 27 estabelecem os fluxos de caixa que auxiliaram a calcular os índices econômicos e financeiros. A tabela 11 e 12 representam 12 cenários diferente para a viabilidade do projeto. Foram adotados 4 cenários com apenas a venda da energia elétrica, 4 cenários com a venda de energia mais a venda do crédito de carbono a R\$ 40 e 4 cenários com a venda de energia mais a venda do crédito de carbono a R\$ 80.

Tabela 14 - Cenários para análise dos índices econômicos – CTR Candeias.

Cenário	Preço da Energia	RCE (ton)	VPL	TIR	IBC
1	R\$0,05	-	-R\$226.359.949,00	-26%	0,20
2	R\$0,10	-	-R\$185.428.446,03	-27%	0,40
3	R\$0,20	-	-R\$103.566.777,33	-6%	0,80
4	R\$0,25	-	-R\$62.635.942,97	0%	1,00
5	R\$0,05	R\$25	-R\$99.939.675,70	-5%	0,82
6	R\$0,10	R\$25	-R\$59.008.841,34	1%	1,00
7	R\$0,20	R\$25	R\$22.852.827,36	11%	1,43
8	R\$0,25	R\$25	R\$63.783.661,71	15%	1,63
9	R\$0,05	R\$50	R\$26.479.928,99	11%	1,44
10	R\$0,10	R\$50	R\$67.410.763,34	15%	1,64
11	R\$0,20	R\$50	R\$149.272.432,05	23%	2,05
12	R\$0,25	R\$50	R\$190.203.266,40	27%	2,25

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

Por meio da análise é possível visualizar que o projeto é inviável para a CTR Candeias nos cenários 1 ao 6. O que leva a um VPL e TIR negativo, além do IBC está abaixo de 1. Contudo, do cenário 7 ao 12, o projeto se torna viável, tendo o seu melhor rendimento no cenário 12 onde a VPL chega a um total de R\$ 190.203.266,44 e uma TIR de 27%. Este resultado se dá devido a tarifa ser a maior (R\$0,25 kWh) e ter a venda das RCE a um valor de R\$ 50.

Tabela 15 - Cenários para análise dos índices econômicos - CTR PE.

Cenário	Preço da Energia	RCE (ton)	VPL	TIR	IBC
1	R\$0,05	-	-R\$62.398.251,61	-42%	0,22
2	R\$0,10	-	-R\$50.255.617,74	-26%	0,44
3	R\$0,20	-	-R\$25.970.350,02	-13%	0,88
4	R\$0,25	-	-R\$13.827.716,15	0%	1
5	R\$0,05	R\$25	-R\$24.894.325,85	-3%	0,90
6	R\$0,10	R\$25	-R\$12.751.691,98	3%	1,12
7	R\$0,20	R\$25	R\$11.533.575,75	12%	1,55
8	R\$0,25	R\$25	R\$23.676.209,61	16%	1,77
9	R\$0,05	R\$50	R\$12.609.599,92	13%	1,57
10	R\$0,10	R\$50	R\$24.752.233,78	17%	1,79
11	R\$0,20	R\$50	R\$49.037.501,51	24%	2,23
12	R\$0,25	R\$50	R\$61.180.135,37	28%	2,45

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

Nos cenários para a CTR PE, os cinco primeiros cenários também indicam inviabilidade do projeto, apresentando uma VPL e TIR negativa, como um IBC abaixo de 1. Os demais cenários apresentam índices positivos, sendo o cenário 12 o que indica a melhor viabilidade, dispondo de uma VPL de R\$61.180.135,37 e uma TIR de 28%.

Em comparação das duas VPLs, vale destacar que a diferença está na capacidade de produção de cada aterro. Quanto maior a potencialidade de geração de biogás, e conseqüentemente de energia elétrica, maior será o seu custo de investimento. No entanto, terá um retorno financeiro maior devido os mesmos motivos.

É importante ressaltar que as receitas adquiridas com a comercialização da energia e dos créditos de carbono são fontes que podem complementar o principal meio de retorno financeiro que os aterros possuem: Valor cobrado aos depositantes. Uma vez que o preço recebido pelas centrais não é tão atrativo quanto se associar as outras formas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fica evidenciado através desta pesquisa o crescimento contínuo da geração de resíduos produzido pelos municípios da RMR. Com isso, é necessário a sensibilização da população frente a esta questão de modo que novos hábitos possam alterar a produção diária de cada habitante. Assim, as esferas governamentais precisam efetivar o comprometimento com as políticas já existente e a adoção de novas medidas.

Vale destacar que devido a uma alta produção de resíduos, os aterros detêm significativa capacidade de emissão de gases. Dessa maneira, alternativas que visem a diminuição das emissões diretas de gases devem ter estudos preliminares para buscar soluções sustentáveis.

O presente trabalho demonstrou que independente da diferença no volume de resíduos produzido, um projeto de recuperação e aproveitamento do biogás para geração de energia elétrica é viável economicamente. Mesmo com cenários que indiquem inviabilidade financeira, o parâmetro (preço da tarifa de energia) que afeta diretamente os benefícios podem ser negociados. A estes aspectos também podem ser acrescentados a comercialização dos créditos de carbono para melhorar o VPL.

Na análise realizada, a venda dos créditos de carbono indica um retorno financeiro positivo. Porém, este incentivo não se restringe apenas ao empreendimento, pois as quantidades de emissões reduzidas também se tornam um benefício para o meio ambiente, visto que gases deixarão de serem emitidos na atmosfera.

Contudo, a pesquisa contribui para a análise econômica na utilização de usinas elétrica para o aproveitamento do biogás. E assim, sugere-se a realização de novas pesquisas desta temática, e se possível, sejam realizadas com dados disponibilizados pelas próprias centrais de tratamento para melhor entender a eficácia dos projetos de MDL e seus benefícios.

REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013. São Paulo: ABRELPE, 2014.

ABREU, M. C. S.; ALBUQUERQUE, A. M.; FREITAS, A. R. P. Posicionamento estratégico em resposta às restrições regulatórias de emissões de gases do efeito estufa. **Revista de Administração**, v. 49, n. 3, p. 578–590, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma Brasileira 10.004 - Dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos. Rio de Janeiro, 2004.

AGROSABER. Agro brasileiro faz venda inédita de crédito de carbono. Disponível em: <https://agrosaber.com.br/agro-brasileiro-faz-venda-inedita-de-credito-de-carbono/>. Acesso em: 05 dez. 2020.

BORBA, S. M. P. Análise De Modelos De Geração De Gases Em Aterros Sanitários: Estudo De Caso. Universidade Federal Do Rio De Janeiro (UFRJ), n. 1, p. 149, 2006.

BRASIL. Lei nº 10.438. de 26 de Abril de 2002. Cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) e dá outras providências. Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de Dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017. Brasília: MDR.SNS, 2019.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Revista Abes – Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 171-180, abr-jun, 2012.

CARNEIRO, R. A. F.; MARTINS, L. O. S.; SILVA, L. T. Análise da viabilidade econômica e financeira da implantação de usina de geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos no município de Santo Antônio de Jesus - BA. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 2, n. 2, p. 142-166, abr-jun, 2017.

CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE CANDEIAS. Disponível em: <http://www.ctrcandeias.com.br/novo/index.php>. Acesso em: 12 out. 2019.

DIÁRIO DE PERNAMBUCO. Projeto prevê construção de terceira termelétrica em Área de Proteção Ambiental. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2020/01/projeto-preve-construcao-de-terceira-termeletrica-em-area-de-protECAo.html>. Acesso em: 07 nov. 2020.

EEG. Renewable Energy Sources Act (EEG) 2009: Act Revising the Legislation on Renewable Energy Sources in the Electricity Sector and Amending Related Provisions – Renewable Energy Sources Act. 2008. Erneuerbare – Energien - Gesetz.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2017. Ministério de Minas e Energia. Brasil, 2018.

ESTRADA, J. S.; SCHLOSSER, J. Emissões de gases poluentes de um motor ciclo diesel utilizando misturas de biocombustíveis. **Revista Agrarian**, v. 7, n. 26, p. 541–551, 2016. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/3110/1982>. Acesso em: 12 out. 2019.

FELIPETTO, A. V. M. Conceito, planejamento e oportunidades: Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos. Rio de Janeiro, p. 48, 2007.

FILHO, F. E. S. Estimativa do aproveitamento energético do biogás gerado por resíduos sólidos urbanos no Brasil. p. 242, 2013.

FIRMO, A. L. B. **Diagnóstico de Emissões de Metano pelo Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos na Região Metropolitana do Recife/PE**. Monografia (Tecnólogo em Gestão Ambiental). Instituto Federal de Pernambuco. Pernambuco, 2009.

FIRMO, A. L. B. **Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco, 2013.

GALLON, A. V.; SILVA, T. P.; HEIN, N.; OLINQUEVITCH, J. L. Utilização da análise de investimento nas empresas de tecnologia do vale do Itajaí/SC. Rio Grande do Sul, 2006.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Científica. 6. ed. - **Editora Atlas**. São Paulo, 2008.

Gil, M. D. M. **Relações entre fatores socioeconômicos e a geração de resíduos sólidos domiciliares de Vacaria**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, 2016.

GUIMARÃES, A. M. P. Estudo da viabilidade de investimentos em uma franquia de ensino profissionalizante. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. 2012, UFSJ.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 15 out. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Mudanças Climáticas e possíveis alterações nos Biomas da América do Sul. São Paulo, 2007.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2007: synthesis report contribution of working groups I, II and III to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genève: Suisse, 2007.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2013). Disponível em: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf. Acesso em: 10 set. 2019.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Global and sectoral aspects. Contribution of working group ii to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. NY, USA.

LYRA, G. B.; CARVALHO, A. L.; LYRA, G. B.; MAIA, S. M. F.; SANTOS, L. R. Estimativa de geração de biogás em aterro sanitário no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 7, 2018.

MACHADO, C. C. Projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo em aterros sanitários como opção para a gestão sustentável dos resíduos sólidos no Brasil: o caso do Aterro Bandeirantes. **Revista Brasileira de Planejamento e Orçamento**, Brasília, vol. 5, n. 2, pgs 180-196, 2015.

MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A.; GANDOLLA, M. Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência Européia. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 379–385, 2016.

MARIANO, M. O. H. Estudo da composição dos RSU do projeto piloto para recuperação do biogás no Aterro da Muribeca/PE. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL – REGEO, 2007, Recife.

MARTINS, F. M. OLIVEIRA, P. A. V. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir o biogás na suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 477-86, maio/jun, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Mitigação da mudança do clima. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informmma/item/229-mitiga%C3%A7%C3%A3o-da-mudan%C3%A7a-do-clima.html>. Acesso em: 22 out. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Estudo sobre o potencial de geração de energia a partir de resíduos de saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso

de biogás como fonte alternativa de energia renovável. **Arcadis Tetraplan**. São Paulo, 2010.

NASCIMENTO, V. F.; SOBRAL, A. C.; ANDRADE, P. R.; OMETTO, J. P. H. B. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, vol. 10, n. 4, 2015.

NECKER, H. S.; ROSA, A. L. D. Estimativa teórica da geração de biogás do futuro aterro sanitário de Ji-Paraná – RO. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**, v. 17, n. 17, p. 3416 – 3424, 2013.

OLIVEIRA, L. G.; COELHO, A. B.; COSTA, C. C. M.; PURGATO, G. A. Viabilidade econômica de projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo em aterro sanitário na cidade de Viçosa - MG. **Textos de Economia**, v. 17, n. 1, p. 100, 2014.

OLIVEIRA, R. D. Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbica de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono. São Paulo, 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Mudanças Climáticas. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/acao/mudanca-climatica/>>. Acesso em: 11 out. 2019.

PEDOTT, J. G. J.; AGUIAR, A. D. O. E. Biogás Em Aterros Sanitários: Comparando a Geração Estimada Com a Quantidade Validada Em Projetos De Mecanismo De Desenvolvimento Limpo. **Holos**, v. 4, p. 195, 2014.

PERNAMBUCO. Secretaria das Cidades. Estudos de concepção de coleta seletiva, tratamento e disposição em aterro sanitário: Região Metropolitana do Recife - RMR / Secretaria das Cidades. Recife, 1ª edição - Caruso Jr, 123 p., 2014.

PBMC, 2016: Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9.

SILVA, G. F.; ALMEIDA, C. M. V. B.; GIANNETTI, B. F.; BONILLA, S. H. Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro Sanitário. **Revista Agrogeoambiental**, v. 3, n. 1, p. 93–100, 2011.

SILVA, M. L. FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET). **Revista Sociedade e Investigações Sociais**, v. 29, n. 6, p. 931-936, 2005.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). Emissões de Gases do Efeito Estufa do Setor de Resíduos. 2016.

SOARES, F. R.; MIYAMARU, E. S.; MARTINS, G. Desempenho ambiental da destinação e do tratamento de resíduos sólidos urbanos com reaproveitamento energético por meio da avaliação do ciclo de vida na Central de Tratamento de Resíduos – Caieiras. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 993–1003, 2017.

SOUZA, S. N. M; PEREIRA, W. C; PAVAN, A. A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. In: Encontro de Energia e Meio Rural, Paraná, 2004.

UNEP, UNITED NATION ENVIRONMENT PROGRAM. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. 2011. Disponível em: www.unep.org/greeneconomy. Acesso em: 11 out. 2009.

USEPA, UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Turning a Liability into an asset: A Landfill Gas-to-energy Project Development Handbook. 2008.

VANZIN, E. **Procedimento para análise da viabilidade econômica do uso do biogás de aterros sanitários para geração de energia elétrica: Aplicação no aterro santa tecla**. Universidade de Passo Fundo (UPF) – Dissertação. Passo Fundo, 2006.

WWF. Relatório Planeta Vivo - 2018: Uma ambição maior. Grooten, M. and Almond, R.E.A. (Eds). WWF, Gland, Suíça (2018).

ANEXO A - Tabela dos dados da Per Capita dos municípios da RMR.

Ano	ABREU E LIMA	ARAÇOIABA	CABO DE SANTO AGOSTINHO	CAMARAGIBE	GOIANA	IGARASSU	IPOJUCA	ITAMARACÁ	ITAPISSUMA	JABOATÃO DOS GUARARAPES	MORENO	OLINDA	PAULISTA	RECIFE	SÃO LOURENÇO DA MATA	Média dos anos
2005	0,71	0,74	0,79	0,79	0,71	0,71	0,71	0,74	0,74	0,81	0,74	0,81	0,81	0,94	0,74	0,77
2006	0,74	0,83	0,92	0,92	0,74	0,74	0,74	0,83	0,83	0,82	0,74	0,82	0,82	0,95	0,74	0,81
2007	0,92	0,89	0,88	0,88	0,92	0,92	0,92	0,89	0,89	0,92	0,71	0,92	0,92	1,07	0,71	0,89
2008	0,75	0,75	0,79	0,79	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,90	0,75	0,90	0,90	1,01	0,75	0,80
2009	0,77	0,81	0,81	0,81	0,77	0,77	0,77	0,81	0,81	0,97	0,77	0,97	0,97	1,19	0,77	0,85
2010	0,81	0,80	0,90	0,90	0,81	0,81	0,81	0,80	0,80	0,90	0,81	0,90	0,90	1,13	0,81	0,86
2011	0,86	0,82	0,88	0,88	0,86	0,86	0,86	0,82	0,82	0,94	0,86	0,94	0,94	1,20	0,86	0,89
2012	0,87	0,83	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	0,83	0,83	0,94	0,87	0,94	0,94	1,29	0,87	0,90
2013	0,90	0,85	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,85	0,85	0,96	0,81	0,96	0,96	1,29	0,81	0,92
2014	0,94	0,87	0,91	0,91	0,94	0,91	0,94	0,87	0,87	1,00	0,94	1,00	1,00	1,30	0,91	0,95
2015	0,95	0,90	0,89	0,89	0,95	0,89	0,95	0,90	0,90	1,01	0,95	1,01	1,01	1,15	0,89	0,95
2016	0,90	0,88	0,85	0,85	0,90	0,85	0,90	0,88	0,88	0,93	0,90	0,93	0,93	1,02	0,85	0,90
2017	0,92	0,89	0,88	0,88	0,92	0,88	0,92	0,89	0,89	0,92	0,92	0,92	0,92	1,07	0,88	0,91
2018	0,92	0,89	0,88	0,88	0,92	0,88	0,92	0,89	0,89	0,92	0,92	0,92	0,92	1,06	0,88	0,91
2019	0,91	0,88	0,87	0,87	0,91	0,87	0,91	0,88	0,88	0,91	0,91	0,91	0,91	1,06	0,87	0,90
2020	0,91	0,88	0,87	0,87	0,91	0,87	0,91	0,88	0,88	0,91	0,91	0,91	0,91	1,05	0,87	0,90
2021	0,90	0,87	0,86	0,86	0,90	0,86	0,90	0,87	0,87	0,90	0,90	0,90	0,90	1,05	0,86	0,90
2022	0,90	0,87	0,86	0,86	0,90	0,86	0,90	0,87	0,87	0,90	0,90	0,90	0,90	1,04	0,86	0,89
2023	0,89	0,86	0,85	0,85	0,89	0,85	0,89	0,86	0,86	0,89	0,89	0,89	0,89	1,04	0,85	0,89
2024	0,89	0,86	0,85	0,85	0,89	0,85	0,89	0,86	0,86	0,89	0,89	0,89	0,89	1,03	0,85	0,88
2025	0,88	0,86	0,85	0,85	0,88	0,85	0,88	0,86	0,86	0,88	0,88	0,88	0,88	1,03	0,85	0,88
2026	0,88	0,85	0,84	0,84	0,88	0,84	0,88	0,85	0,85	0,88	0,88	0,88	0,88	1,02	0,84	0,87
2027	0,88	0,85	0,84	0,84	0,88	0,84	0,88	0,85	0,85	0,88	0,88	0,88	0,88	1,02	0,84	0,87

Fonte: SNIS (Adaptado pela autora)

ANEXO B - Produção total de resíduos (CTR Candeias)

ANO	População					Per Capita					Produção Total de Resíduos / ANO (TON)
	Municípios					Municípios					
	Cabo	Jaboatão	Moreno	Recife	SLM	Cabo	Jaboatão	Moreno	Recife	SLM	
2019	204.803	692.135	64.023	1.649.081	110.458	0,87	0,91	0,91	1,06	0,87	1.102.163,90
2020	209.390	699.333	65.777	1.661.944	112.093	0,87	0,91	0,91	1,05	0,87	1.108.070,87
2021	214.081	706.606	67.579	1.674.907	113.752	0,86	0,90	0,90	1,05	0,86	1.114.031,03
2022	218.876	713.955	69.431	1.687.971	115.435	0,86	0,90	0,90	1,04	0,86	1.120.045,11
2023	223.779	721.380	71.333	1.701.137	117.143	0,85	0,89	0,89	1,04	0,85	1.126.113,84
2024	228.791	728.882	73.288	1.714.406	118.877	0,85	0,89	0,89	1,03	0,85	1.132.237,97
2025	233.916	736.462	75.296	1.727.778	120.637	0,85	0,88	0,88	1,03	0,85	1.138.418,26
2026	239.156	744.122	77.359	1.741.255	122.422	0,84	0,88	0,88	1,02	0,84	1.144.655,49
2027	244.513	751.860	79.479	1.754.837	124.234	0,84	0,88	0,88	1,02	0,84	1.150.950,45

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO C - Produção total de resíduos (CTR PE)

ANO	População							Per Capita							Produção Total de Resíduos / ANO (TON)
	Municípios							Municípios							
	Abreu e Lima	Araçoiaba	Igarassu	Itamaracá	Itapissuma	Paulista	Olinda	Abreu e Lima	Araçoiaba	Igarassu	Itamaracá	Itapissuma	Paulista	Olinda	
2019	94.473	17.973	111.618	21.145	20.091	335.020	378.407	0,92	0,89	0,88	0,89	0,89	0,92	0,92	339.142,93
2020	95.503	18.344	114.052	21.730	20.324	339.610	379.429	0,91	0,88	0,87	0,88	0,88	0,91	0,91	326.487,22
2021	96.544	18.721	116.538	22.332	20.560	344.263	380.453	0,91	0,88	0,87	0,88	0,88	0,91	0,91	328.252,72
2022	97.596	19.107	119.079	22.951	20.798	348.979	381.481	0,90	0,87	0,86	0,87	0,87	0,90	0,90	330.043,75
2023	98.660	19.501	121.675	23.587	21.039	353.760	382.511	0,90	0,87	0,86	0,87	0,87	0,90	0,90	331.860,67
2024	99.736	19.902	124.327	24.240	21.283	358.606	383.543	0,89	0,86	0,85	0,86	0,86	0,89	0,89	333.703,81
2025	100.823	20.312	127.037	24.911	21.530	363.519	384.579	0,89	0,86	0,85	0,86	0,86	0,89	0,89	335.573,56
2026	101.922	20.731	129.807	25.601	21.780	368.500	385.617	0,88	0,86	0,85	0,86	0,86	0,88	0,88	337.470,26
2027	103.033	21.158	132.637	26.311	22.033	373.548	386.658	0,88	0,85	0,84	0,85	0,85	0,88	0,88	339.394,31
2028	104.156	21.594	135.528	27.039	22.288	378.666	387.702	0,88	0,85	0,84	0,85	0,85	0,88	0,88	341.346,07

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO D – Fluxo de Caixa - Cenário 1 - CTR Candeias

CENÁRIO 1									
Ano	Benefícios R\$ 0,05/KWh	Benefícios RCE = R\$ 0	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
0			-203.673.757,93	-R\$203.673.757,93	1	-R\$203.673.757,93	-203.673.757,93	TMA	0,08
1	R\$6.069.441,68		R\$10.183.687,90	-R\$4.114.246,22	8%	-R\$3.809.487,24	-R\$207.483.245,17	INVESTIMENTO	R\$203.673.757,93
2	R\$6.217.297,98		R\$10.183.687,90	-R\$3.966.389,92	8%	-R\$3.400.540,05	-R\$210.883.785,22	MANUTENÇÃO	R\$10.183.687,90
3	R\$6.361.047,50		R\$10.183.687,90	-R\$3.822.640,40	8%	-R\$3.034.535,19	-R\$213.918.320,41	Total Benefícios	R\$59.578.092,24
4	R\$6.500.297,40		R\$10.183.687,90	-R\$3.683.390,49	8%	-R\$2.707.401,97	-R\$216.625.722,38	Total Custos	R\$295.326.949,00
5	R\$6.634.903,09		R\$10.183.687,90	-R\$3.548.784,80	8%	-R\$2.415.243,31	-R\$219.040.965,69	IBC	0,2017
6	R\$6.764.878,74		R\$10.183.687,90	-R\$3.418.809,16	8%	-R\$2.154.429,69	-R\$221.195.395,38	TIR	#NÚM!
7	R\$6.890.337,84		R\$10.183.687,90	-R\$3.293.350,05	8%	-R\$1.921.638,12	-R\$223.117.033,50	VPL	-R\$226.359.280,38
8	R\$7.011.453,84		R\$10.183.687,90	-R\$3.172.234,05	8%	-R\$1.713.859,35	-R\$224.830.892,86		
9	R\$7.128.434,16		R\$10.183.687,90	-R\$3.055.253,74	8%	-R\$1.528.387,53	-R\$226.359.280,38		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO E - Fluxo de Caixa - Cenário 2 - CTR Candeias

CENÁRIO 2									
Ano	Benefícios R\$ 0,10/KWh	Benefícios RCE = R\$ 0	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
0			-203.673.757,93	-R\$203.673.757,93	1	-R\$203.673.757,93	-203.673.757,93	TMA	0,08
1	R\$12.138.883,36		R\$10.183.687,90	R\$1.955.195,47	8%	R\$1.810.366,17	-R\$201.863.391,76	INVESTIMENTO	R\$203.673.757,93
2	R\$12.434.595,96		R\$10.183.687,90	R\$2.250.908,07	8%	R\$1.929.790,87	-R\$199.933.600,89	MANUTENÇÃO	R\$10.183.687,90
3	R\$12.722.095,00		R\$10.183.687,90	R\$2.538.407,10	8%	R\$2.015.069,40	-R\$197.918.531,49	Total Benefícios	R\$119.156.184,48
4	R\$13.000.594,81		R\$10.183.687,90	R\$2.816.906,91	8%	R\$2.070.510,67	-R\$195.848.020,82	Total Custos	R\$295.326.949,00
5	R\$13.269.806,18		R\$10.183.687,90	R\$3.086.118,29	8%	R\$2.100.360,25	-R\$193.747.660,57	IBC	0,403472101
6	R\$13.529.757,48		R\$10.183.687,90	R\$3.346.069,58	8%	R\$2.108.591,42	-R\$191.639.069,15	TIR	-27%
7	R\$13.780.675,68		R\$10.183.687,90	R\$3.596.987,79	8%	R\$2.098.807,83	-R\$189.540.261,32	VPL	-R\$185.428.446,03
8	R\$14.022.907,68		R\$10.183.687,90	R\$3.839.219,79	8%	R\$2.074.210,99	-R\$187.466.050,33		
9	R\$14.256.868,32		R\$10.183.687,90	R\$4.073.180,43	8%	R\$2.037.604,30	-R\$185.428.446,03		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

ANEXO F - Fluxo de Caixa - Cenário 3 - CTR Candeias

CENÁRIO 3									
Ano	Benefícios R\$ 0,20/KWh	Benefícios RCE = R\$ 0	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
53	0		-203.673.757,93	-R\$203.673.757,93	1	-R\$203.673.757,93	-203.673.757,93	TMA	0,08
54	1	R\$24.277.766,72	R\$10.183.687,90	R\$14.094.078,83	8,00%	R\$13.050.072,99	-R\$190.623.684,94	INVESTIMENTO	R\$203.673.757,93
55	2	R\$24.869.191,92	R\$10.183.687,90	R\$14.685.504,03	8,00%	R\$12.590.452,70	-R\$178.033.232,24	MANUTENÇÃO	R\$10.183.687,90
56	3	R\$25.444.190,00	R\$10.183.687,90	R\$15.260.502,10	8,00%	R\$12.114.278,58	-R\$165.918.953,66	Total Benefícios	R\$238.312.368,96
57	4	R\$26.001.189,62	R\$10.183.687,90	R\$15.817.501,72	8,00%	R\$11.626.335,96	-R\$154.292.617,70	Total Custos	R\$295.326.949,00
58	5	R\$26.539.612,37	R\$10.183.687,90	R\$16.355.924,47	8,00%	R\$11.131.567,37	-R\$143.161.050,33	IBC	0,806944201
59	6	R\$27.059.514,95	R\$10.183.687,90	R\$16.875.827,06	8,00%	R\$10.634.633,64	-R\$132.526.416,69	TIR	-6%
60	7	R\$27.561.351,37	R\$10.183.687,90	R\$17.377.663,47	8,00%	R\$10.139.699,73	-R\$122.386.716,96	VPL	-R\$103.566.777,33
61	8	R\$28.045.815,37	R\$10.183.687,90	R\$17.862.127,47	8,00%	R\$9.650.351,68	-R\$112.736.365,28		
62	9	R\$28.513.736,64	R\$10.183.687,90	R\$18.330.048,75	8,00%	R\$9.169.587,95	-R\$103.566.777,33		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

ANEXO G - Fluxo de Caixa - Cenário 4 - CTR Candeias

CENÁRIO 4									
Ano	Benefícios R\$ 0,30/KWh	Benefícios RCE = R\$ 0	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
78	0		-203.673.757,93	-R\$203.673.757,93	1	-R\$203.673.757,93	-203.673.757,93	TMA	0,08
79	1	R\$30.347.208,40	R\$10.183.687,90	R\$20.163.520,51	8%	R\$18.669.926,40	-R\$185.003.831,53	INVESTIMENTO	R\$203.673.757,93
80	2	R\$31.086.489,90	R\$10.183.687,90	R\$20.902.802,01	8%	R\$17.920.783,61	-R\$167.083.047,92	MANUTENÇÃO	R\$10.183.687,90
81	3	R\$31.805.237,50	R\$10.183.687,90	R\$21.621.549,60	8%	R\$17.163.883,18	-R\$149.919.164,74	Total Benefícios	R\$297.890.461,21
82	4	R\$32.501.487,02	R\$10.183.687,90	R\$22.317.799,13	8%	R\$16.404.248,61	-R\$133.514.916,14	Total Custos	R\$295.326.949,00
83	5	R\$33.174.515,46	R\$10.183.687,90	R\$22.990.827,56	8%	R\$15.647.170,93	-R\$117.867.745,21	IBC	1,008680252
84	6	R\$33.824.393,69	R\$10.183.687,90	R\$23.640.705,80	8%	R\$14.897.654,75	-R\$102.970.090,46	TIR	0%
85	7	R\$34.451.689,21	R\$10.183.687,90	R\$24.268.001,31	8%	R\$14.160.145,68	-R\$88.809.944,78	VPL	-R\$62.635.942,97
86	8	R\$35.057.269,21	R\$10.183.687,90	R\$24.873.581,31	8%	R\$13.438.422,03	-R\$75.371.522,75		
87	9	R\$35.642.170,80	R\$10.183.687,90	R\$25.458.482,91	8%	R\$12.735.579,78	-R\$62.635.942,97		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

ANEXO H - Fluxo de Caixa - Cenário 5 - CTR Candeias

CENÁRIO 5										
Ano	Benefícios R\$ 0,05/KWh	Benefícios RCE = R\$ 25	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto			
103	0		-203.673.757,93	-R\$203.673.757,93	1	-R\$203.673.757,93	-203.673.757,93	TMA	0,08	
104	1	R\$6.069.441,68	R\$18.746.170,95	R\$10.183.687,90	R\$14.631.924,74	8%	R\$13.548.078,46	-R\$190.125.679,47	INVESTIMENTO	R\$203.673.757,93
105	2	R\$6.217.297,98	R\$19.202.842,19	R\$10.183.687,90	R\$15.236.452,28	8%	R\$13.062.802,02	-R\$177.062.877,45	MANUTENÇÃO	R\$10.183.687,90
106	3	R\$6.361.047,50	R\$19.646.829,17	R\$10.183.687,90	R\$15.824.188,77	8%	R\$12.561.751,24	-R\$164.501.126,21	Total Benefícios	R\$243.591.904,52
107	4	R\$6.500.297,40	R\$20.076.918,57	R\$10.183.687,90	R\$16.393.528,08	8%	R\$12.049.732,53	-R\$152.451.393,68	Total Custos	R\$295.326.949,00
108	5	R\$6.634.903,09	R\$20.492.663,77	R\$10.183.687,90	R\$16.943.878,96	8%	R\$11.531.719,31	-R\$140.919.674,37	IBC	0,824821119
109	6	R\$6.764.878,74	R\$20.894.108,55	R\$10.183.687,90	R\$17.475.299,39	8%	R\$11.012.402,90	-R\$129.907.271,47	TIR	-5%
110	7	R\$6.890.337,84	R\$21.281.603,46	R\$10.183.687,90	R\$17.988.253,41	8%	R\$10.495.973,09	-R\$119.411.298,38	VPL	-R\$99.939.675,70
111	8	R\$7.011.453,84	R\$21.655.684,20	R\$10.183.687,90	R\$18.483.450,15	8%	R\$9.986.032,99	-R\$109.425.265,39		
112	9	R\$7.128.434,16	R\$22.016.991,42	R\$10.183.687,90	R\$18.961.737,68	8%	R\$9.485.589,69	-R\$99.939.675,70		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

ANEXO I - Fluxo de Caixa - Cenário 6 - CTR Candeias

CENÁRIO 6										
Ano	Benefícios R\$ 0,10/KWh	Benefícios RCE = R\$ 25	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto			
128	0		-203.673.757,93	-R\$203.673.757,93	1	-R\$203.673.757,93	-203.673.757,93	TMA	0,08	
129	1	R\$12.138.883,36	R\$18.746.170,95	R\$10.183.687,90	R\$20.701.366,42	8%	R\$19.167.931,87	-R\$184.505.826,06	INVESTIMENTO	R\$203.673.757,93
130	2	R\$12.434.595,96	R\$19.202.842,19	R\$10.183.687,90	R\$21.453.750,26	8%	R\$18.393.132,94	-R\$166.112.693,12	MANUTENÇÃO	R\$10.183.687,90
131	3	R\$12.722.095,00	R\$19.646.829,17	R\$10.183.687,90	R\$22.185.236,27	8%	R\$17.611.355,83	-R\$148.501.337,29	Total Benefícios	R\$303.169.996,76
132	4	R\$13.000.594,81	R\$20.076.918,57	R\$10.183.687,90	R\$22.893.825,48	8%	R\$16.827.645,17	-R\$131.673.692,12	Total Custos	R\$295.326.949,00
133	5	R\$13.269.806,18	R\$20.492.663,77	R\$10.183.687,90	R\$23.578.782,05	8%	R\$16.047.322,87	-R\$115.626.369,25	IBC	1,026557169
134	6	R\$13.529.757,48	R\$20.894.108,55	R\$10.183.687,90	R\$24.240.178,13	8%	R\$15.275.424,01	-R\$100.350.945,24	TIR	1%
135	7	R\$13.780.675,68	R\$21.281.603,46	R\$10.183.687,90	R\$24.878.591,25	8%	R\$14.516.419,04	-R\$85.834.526,20	VPL	-R\$59.008.841,34
136	8	R\$14.022.907,68	R\$21.655.684,20	R\$10.183.687,90	R\$25.494.903,99	8%	R\$13.774.103,34	-R\$72.060.422,86		
137	9	R\$14.256.868,32	R\$22.016.991,42	R\$10.183.687,90	R\$26.090.171,84	8%	R\$13.051.581,52	-R\$59.008.841,34		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

ANEXO J - Fluxo de Caixa - Cenário 7 - CTR Candeias

CENÁRIO 7										
Ano	Benefícios R\$ 0,20/KWh	Benefícios RCE = R\$ 25	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto			
153	0		-203.673.757,93	-R\$203.673.757,93	1	-R\$203.673.757,93	-203.673.757,93	TMA	0,08	
154	1	R\$24.277.766,72	R\$18.746.170,95	R\$10.183.687,90	R\$32.840.249,78	8%	R\$30.407.638,68	-R\$173.266.119,25	INVESTIMENTO	R\$203.673.757,93
155	2	R\$24.869.191,92	R\$19.202.842,19	R\$10.183.687,90	R\$33.888.346,22	8%	R\$29.053.794,77	-R\$144.212.324,47	MANUTENÇÃO	R\$10.183.687,90
156	3	R\$25.444.190,00	R\$19.646.829,17	R\$10.183.687,90	R\$34.907.331,27	8%	R\$27.710.565,01	-R\$116.501.759,46	Total Benefícios	R\$422.326.181,25
157	4	R\$26.001.189,62	R\$20.076.918,57	R\$10.183.687,90	R\$35.894.420,29	8%	R\$26.383.470,46	-R\$90.118.289,00	Total Custos	R\$295.326.949,00
158	5	R\$26.539.612,37	R\$20.492.663,77	R\$10.183.687,90	R\$36.848.588,24	8%	R\$25.078.529,99	-R\$65.039.759,01	IBC	1,43002927
159	6	R\$27.059.514,95	R\$20.894.108,55	R\$10.183.687,90	R\$37.769.935,61	8%	R\$23.801.466,23	-R\$41.238.292,78	TIR	11%
160	7	R\$27.561.351,37	R\$21.281.603,46	R\$10.183.687,90	R\$38.659.266,94	8%	R\$22.557.310,95	-R\$18.680.981,84	VPL	R\$22.852.827,36
161	8	R\$28.045.815,37	R\$21.655.684,20	R\$10.183.687,90	R\$39.517.811,67	8%	R\$21.350.244,03	R\$2.669.262,19		
162	9	R\$28.513.736,64	R\$22.016.991,42	R\$10.183.687,90	R\$40.347.040,16	8%	R\$20.183.565,17	R\$22.852.827,36		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

ANEXO 1 - Fluxo de Caixa - Cenário 8 - CTR Candeias

CENÁRIO 8										
Ano	Benefícios R\$ 0,30/KWh	Benefícios RCE = R\$ 25	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto			
178	0		-203.673.757,93	-R\$203.673.757,93	1	-R\$203.673.757,93	-203.673.757,93	TMA	0,08	
179	1	R\$30.347.208,40	R\$18.746.170,95	R\$10.183.687,90	R\$38.909.691,46	8%	R\$36.027.492,09	-R\$167.646.265,84	INVESTIMENTO	R\$203.673.757,93
180	2	R\$31.086.489,90	R\$19.202.842,19	R\$10.183.687,90	R\$40.105.644,20	8%	R\$34.384.125,69	-R\$133.262.140,15	MANUTENÇÃO	R\$10.183.687,90
181	3	R\$31.805.237,50	R\$19.646.829,17	R\$10.183.687,90	R\$41.268.378,77	8%	R\$32.760.169,61	-R\$100.501.970,54	Total Benefícios	R\$481.904.273,49
182	4	R\$32.501.487,02	R\$20.076.918,57	R\$10.183.687,90	R\$42.394.717,69	8%	R\$31.161.383,11	-R\$69.340.587,44	Total Custos	R\$295.326.949,00
183	5	R\$33.174.515,46	R\$20.492.663,77	R\$10.183.687,90	R\$43.483.491,33	8%	R\$29.594.133,55	-R\$39.746.453,89	IBC	1,63176532
184	6	R\$33.824.393,69	R\$20.894.108,55	R\$10.183.687,90	R\$44.534.814,34	8%	R\$28.064.487,34	-R\$11.681.966,55	TIR	15%
185	7	R\$34.451.689,21	R\$21.281.603,46	R\$10.183.687,90	R\$45.549.604,78	8%	R\$26.577.756,90	R\$14.895.790,34	VPL	R\$63.783.661,71
186	8	R\$35.057.269,21	R\$21.655.684,20	R\$10.183.687,90	R\$46.529.265,52	8%	R\$25.138.314,38	R\$40.034.104,72		
187	9	R\$35.642.170,80	R\$22.016.991,42	R\$10.183.687,90	R\$47.475.474,33	8%	R\$23.749.557,00	R\$63.783.661,71		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

ANEXO L - Fluxo de Caixa - Cenário 9 - CTR Candeias

CENÁRIO 9											
202	Ano	Benefícios R\$ 0,05/KWh	Benefícios RCE = R\$ 50	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto			
203	0			-203.673.757,93	-R\$203.673.757,93	1	-R\$203.673.757,93	-203.673.757,93			
204	1	R\$6.069.441,68	R\$37.492.341,90	R\$10.183.687,90	R\$33.378.095,69	8%	R\$30.905.644,15	-R\$172.768.113,77	TMA		0,08
205	2	R\$6.217.297,98	R\$38.405.684,39	R\$10.183.687,90	R\$34.439.294,47	8%	R\$29.526.144,10	-R\$143.241.969,68	INVESTIMENTO		R\$203.673.757,93
206	3	R\$6.361.047,50	R\$39.293.658,34	R\$10.183.687,90	R\$35.471.017,94	8%	R\$28.158.037,67	-R\$115.083.932,01	MANUTENÇÃO		R\$10.183.687,90
207	4	R\$6.500.297,40	R\$40.153.837,14	R\$10.183.687,90	R\$36.470.446,64	8%	R\$26.806.867,03	-R\$88.277.064,98	Total Benefícios		R\$427.605.716,81
208	5	R\$6.634.903,09	R\$40.985.327,53	R\$10.183.687,90	R\$37.436.542,73	8%	R\$25.478.681,93	-R\$62.798.383,05	Total Custos		R\$295.326.949,00
209	6	R\$6.764.878,74	R\$41.788.217,09	R\$10.183.687,90	R\$38.369.407,94	8%	R\$24.179.235,48	-R\$38.619.147,57	IBC		1,447906188
210	7	R\$6.890.337,84	R\$42.563.206,93	R\$10.183.687,90	R\$39.269.856,87	8%	R\$22.913.584,31	-R\$15.705.563,26	TIR		11%
211	8	R\$7.011.453,84	R\$43.311.368,41	R\$10.183.687,90	R\$40.139.134,35	8%	R\$21.685.925,34	R\$5.980.362,08	VPL		R\$26.479.928,99
212	9	R\$7.128.434,16	R\$44.033.982,83	R\$10.183.687,90	R\$40.978.729,10	8%	R\$20.499.566,91	R\$26.479.928,99			

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

ANEXO 2 - Fluxo de Caixa - Cenário 10 - CTR Candeias

CENÁRIO 10											
227	Ano	Benefícios R\$ 0,10/KWh	Benefícios RCE = R\$ 50	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto			
228	0			-203.673.757,93	-R\$203.673.757,93	1	-R\$203.673.757,93	-203.673.757,93	TMA		0,08
229	1	R\$12.138.883,36	R\$37.492.341,90	R\$10.183.687,90	R\$39.447.537,37	8%	R\$36.525.497,56	-R\$167.148.260,37	INVESTIMENTO		R\$203.673.757,93
230	2	R\$12.434.595,96	R\$38.405.684,39	R\$10.183.687,90	R\$40.656.592,45	8%	R\$34.856.475,01	-R\$132.291.785,35	MANUTENÇÃO		R\$10.183.687,90
231	3	R\$12.722.095,00	R\$39.293.658,34	R\$10.183.687,90	R\$41.832.065,44	8%	R\$33.207.642,26	-R\$99.084.143,10	Total Benefícios		R\$487.183.809,05
232	4	R\$13.000.594,81	R\$40.153.837,14	R\$10.183.687,90	R\$42.970.744,05	8%	R\$31.584.779,67	-R\$67.499.363,42	Total Custos		R\$295.326.949,00
233	5	R\$13.269.806,18	R\$40.985.327,53	R\$10.183.687,90	R\$44.071.445,82	8%	R\$29.994.285,49	-R\$37.505.077,93	IBC		1,649642238
234	6	R\$13.529.757,48	R\$41.788.217,09	R\$10.183.687,90	R\$45.134.286,68	8%	R\$28.442.256,59	-R\$9.062.821,34	TIR		15%
235	7	R\$13.780.675,68	R\$42.563.206,93	R\$10.183.687,90	R\$46.160.194,72	8%	R\$26.934.030,26	R\$17.871.208,92	VPL		R\$67.410.763,34
236	8	R\$14.022.907,68	R\$43.311.368,41	R\$10.183.687,90	R\$47.150.588,19	8%	R\$25.473.995,69	R\$43.345.204,61			
237	9	R\$14.256.868,32	R\$44.033.982,83	R\$10.183.687,90	R\$48.107.163,26	8%	R\$24.065.558,73	R\$67.410.763,34			

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

ANEXO N - Fluxo de Caixa - Cenário 11 - CTR Candeias

CENÁRIO 11										
Ano	Benefícios R\$ 0,20/KWh	Benefícios RCE = R\$ 50	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto			
254	0			-203.673.757,93	-R\$203.673.757,93	1	-R\$203.673.757,93	-203.673.757,93	TMA	0,08
255	1	R\$24.277.766,72	R\$37.492.341,90	R\$10.183.687,90	R\$51.586.420,73	8%	R\$47.765.204,38	-R\$155.908.553,55	INVESTIMENTO	R\$203.673.757,93
256	2	R\$24.869.191,92	R\$38.405.684,39	R\$10.183.687,90	R\$53.091.188,42	8%	R\$45.517.136,84	-R\$110.391.416,71	MANUTENÇÃO	R\$10.183.687,90
257	3	R\$25.444.190,00	R\$39.293.658,34	R\$10.183.687,90	R\$54.554.160,44	8%	R\$43.306.851,44	-R\$67.084.565,26	Total Benefícios	R\$606.339.993,53
258	4	R\$26.001.189,62	R\$40.153.837,14	R\$10.183.687,90	R\$55.971.338,86	8%	R\$41.140.604,96	-R\$25.943.960,30	Total Custos	R\$295.326.949,00
259	5	R\$26.539.612,37	R\$40.985.327,53	R\$10.183.687,90	R\$57.341.252,00	8%	R\$39.025.492,61	R\$13.081.532,31	IBC	2,053114338
260	6	R\$27.059.514,95	R\$41.788.217,09	R\$10.183.687,90	R\$58.664.044,15	8%	R\$36.968.298,81	R\$50.049.831,12	TIR	23%
261	7	R\$27.561.351,37	R\$42.563.206,93	R\$10.183.687,90	R\$59.940.870,40	8%	R\$34.974.922,16	R\$85.024.753,29	VPL	R\$149.272.432,05
262	8	R\$28.045.815,37	R\$43.311.368,41	R\$10.183.687,90	R\$61.173.495,88	8%	R\$33.050.136,38	R\$118.074.889,66		
263	9	R\$28.513.736,64	R\$44.033.982,83	R\$10.183.687,90	R\$62.364.031,58	8%	R\$31.197.542,38	R\$149.272.432,05		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

ANEXO O - Fluxo de Caixa - Cenário 12 - CTR Candeias

CENÁRIO 12										
Ano	Benefícios R\$ 0,30/KWh	Benefícios RCE = R\$ 50	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto			
279	0			-203.673.757,93	-R\$203.673.757,93	1	-R\$203.673.757,93	-203.673.757,93	TMA	0,08
280	1	R\$30.347.208,40	R\$37.492.341,90	R\$10.183.687,90	R\$57.655.862,41	8%	R\$53.385.057,79	-R\$150.288.700,14	INVESTIMENTO	R\$203.673.757,93
281	2	R\$31.086.489,90	R\$38.405.684,39	R\$10.183.687,90	R\$59.308.486,40	8%	R\$50.847.467,76	-R\$99.441.232,38	MANUTENÇÃO	R\$10.183.687,90
282	3	R\$31.805.237,50	R\$39.293.658,34	R\$10.183.687,90	R\$60.915.207,94	8%	R\$48.356.456,03	-R\$51.084.776,35	Total Benefícios	R\$665.918.085,77
283	4	R\$32.501.487,02	R\$40.153.837,14	R\$10.183.687,90	R\$62.471.636,26	8%	R\$45.918.517,60	-R\$5.166.258,74	Total Custos	R\$295.326.949,00
284	5	R\$33.174.515,46	R\$40.985.327,53	R\$10.183.687,90	R\$63.976.155,09	8%	R\$43.541.096,17	R\$38.374.837,43	IBC	2,254850389
285	6	R\$33.824.393,69	R\$41.788.217,09	R\$10.183.687,90	R\$65.428.922,89	8%	R\$41.231.319,93	R\$79.606.157,35	TIR	27%
286	7	R\$34.451.689,21	R\$42.563.206,93	R\$10.183.687,90	R\$66.831.208,24	8%	R\$38.995.368,11	R\$118.601.525,47	VPL	R\$190.203.266,40
287	8	R\$35.057.269,21	R\$43.311.368,41	R\$10.183.687,90	R\$68.184.949,72	8%	R\$36.838.206,72	R\$155.439.732,19		
288	9	R\$35.642.170,80	R\$44.033.982,83	R\$10.183.687,90	R\$69.492.465,74	8%	R\$34.763.534,21	R\$190.203.266,40		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

ANEXO P - Fluxo de Caixa - Cenário 1 - CTR PE

CENÁRIO 1								
Ano	Benefícios R\$ 0,05/KWh	Benefícios RCE = R\$ 0	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto	
0			-55.814.794,69	-R\$55.814.794,69	1	-R\$55.814.794,69	-55.814.794,69	TMA 0,08
1	R\$1.647.576,73		R\$2.790.739,73	-R\$1.143.163,00	8%	-R\$1.058.484,26	-R\$56.873.278,95	INVESTIMENTO R\$55.814.794,69
2	R\$1.689.463,90		R\$2.790.739,73	-R\$1.101.275,83	8%	-R\$944.166,52	-R\$57.817.445,48	MANUTENÇÃO R\$2.790.739,73
3	R\$1.732.428,96		R\$2.790.739,73	-R\$1.058.310,78	8%	-R\$840.121,22	-R\$58.657.566,69	Total Benefícios R\$18.354.723,49
4	R\$1.775.489,22		R\$2.790.739,73	-R\$1.015.250,52	8%	-R\$746.239,44	-R\$59.403.806,13	Total Custos R\$83.722.192,03
5	R\$1.818.030,12		R\$2.790.739,73	-R\$972.709,62	8%	-R\$662.009,82	-R\$60.065.815,95	IBC 0,22
6	R\$1.859.680,98		R\$2.790.739,73	-R\$931.058,75	8%	-R\$586.724,95	-R\$60.652.540,90	TIR #NÚM!
7	R\$1.900.232,00		R\$2.790.739,73	-R\$890.507,73	8%	-R\$519.602,71	-R\$61.172.143,61	VPL -R\$62.398.251,61
8	R\$1.939.578,69		R\$2.790.739,73	-R\$851.161,05	8%	-R\$459.855,83	-R\$61.631.999,44	
9	R\$1.977.684,88		R\$2.790.739,73	-R\$813.054,86	8%	-R\$406.729,85	-R\$62.038.729,29	
10	R\$2.014.558,02		R\$2.790.739,73	-R\$776.181,72	8%	-R\$359.522,32	-R\$62.398.251,61	

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO Q - Fluxo de Caixa - Cenário 2 - CTR PE

CENÁRIO 2								
Ano	Benefícios R\$ 0,10/KWh	Benefícios RCE = R\$ 0	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto	
0			-55.814.794,69	-R\$55.814.794,69	1	-R\$55.814.794,69	-55.814.794,69	TMA 0,08
1	R\$3.295.153,46		R\$2.790.739,73	R\$504.413,73	8%	R\$467.049,75	-R\$55.347.744,94	INVESTIMENTO R\$55.814.794,69
2	R\$3.378.927,80		R\$2.790.739,73	R\$588.188,07	8%	R\$504.276,46	-R\$54.843.468,48	MANUTENÇÃO R\$2.790.739,73
3	R\$3.464.857,91		R\$2.790.739,73	R\$674.118,18	8%	R\$535.136,74	-R\$54.308.331,74	Total Benefícios R\$36.709.446,98
4	R\$3.550.978,44		R\$2.790.739,73	R\$760.238,70	8%	R\$558.798,14	-R\$53.749.533,60	Total Custos R\$83.722.192,03
5	R\$3.636.060,23		R\$2.790.739,73	R\$845.320,50	8%	R\$575.310,93	-R\$53.174.222,67	IBC 0,44
6	R\$3.719.361,97		R\$2.790.739,73	R\$928.622,23	8%	R\$585.189,53	-R\$52.589.033,14	TIR -26%
7	R\$3.800.464,00		R\$2.790.739,73	R\$1.009.724,27	8%	R\$589.164,41	-R\$51.999.868,73	VPL -R\$50.255.617,74
8	R\$3.879.157,38		R\$2.790.739,73	R\$1.088.417,64	8%	R\$588.038,19	-R\$51.411.830,55	
9	R\$3.955.369,75		R\$2.790.739,73	R\$1.164.630,02	8%	R\$582.604,96	-R\$50.829.225,58	
10	R\$4.029.116,04		R\$2.790.739,73	R\$1.238.376,30	8%	R\$573.607,84	-R\$50.255.617,74	

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO R - Fluxo de Caixa - Cenário 3 - CTR PE

CENÁRIO 3										
51	Ano	Benefícios R\$ 0,20/KWh	Benefícios RCE = R\$ 0	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
52										
53	0			-55.814.794,69	-R\$55.814.794,69	1	-R\$55.814.794,69	-55.814.794,69		TMA 0,08
54	1	R\$6.590.306,92		R\$2.790.739,73	R\$3.799.567,19	8%	R\$3.518.117,76	-R\$52.296.676,93		INVESTIMENTO R\$55.814.794,69
55	2	R\$6.757.855,60		R\$2.790.739,73	R\$3.967.115,87	8%	R\$3.401.162,44	-R\$48.895.514,49		MANUTENÇÃO R\$2.790.739,73
56	3	R\$6.929.715,82		R\$2.790.739,73	R\$4.138.976,09	8%	R\$3.285.652,66	-R\$45.609.861,83		Total Benefícios R\$73.418.893,95
57	4	R\$7.101.956,87		R\$2.790.739,73	R\$4.311.217,14	8%	R\$3.168.873,30	-R\$42.440.988,53		Total Custos R\$83.722.192,03
58	5	R\$7.272.120,46		R\$2.790.739,73	R\$4.481.380,73	8%	R\$3.049.952,42	-R\$39.391.036,10		IBC 0,88
59	6	R\$7.438.723,94		R\$2.790.739,73	R\$4.647.984,20	8%	R\$2.929.018,47	-R\$36.462.017,63		TIR -13%
60	7	R\$7.600.928,01		R\$2.790.739,73	R\$4.810.188,27	8%	R\$2.806.698,66	-R\$33.655.318,98		VPL -R\$25.970.350,02
61	8	R\$7.758.314,76		R\$2.790.739,73	R\$4.967.575,02	8%	R\$2.683.826,22	-R\$30.971.492,76		
62	9	R\$7.910.739,50		R\$2.790.739,73	R\$5.119.999,77	8%	R\$2.561.274,59	-R\$28.410.218,17		
63	10	R\$8.058.232,08		R\$2.790.739,73	R\$5.267.492,34	8%	R\$2.439.868,15	-R\$25.970.350,02		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO S - Fluxo de Caixa - Cenário 4 - CTR PE

CENÁRIO 4										
76	Ano	Benefícios R\$ 0,25/KWh	Benefícios RCE = R\$ 0	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
77										
78	0			-55.814.794,69	-R\$55.814.794,69	1	-R\$55.814.794,69	-55.814.794,69		TMA 0,08
79	1	R\$8.237.883,65		R\$2.790.739,73	R\$5.447.143,92	8%	R\$5.043.651,77	-R\$50.771.142,92		INVESTIMENTO R\$55.814.794,69
80	2	R\$8.447.319,50		R\$2.790.739,73	R\$5.656.579,77	8%	R\$4.849.605,42	-R\$45.921.537,49		MANUTENÇÃO R\$2.790.739,73
81	3	R\$8.662.144,78		R\$2.790.739,73	R\$5.871.405,04	8%	R\$4.660.910,62	-R\$41.260.626,87		Total Benefícios R\$91.773.617,44
82	4	R\$8.877.446,09		R\$2.790.739,73	R\$6.086.706,36	8%	R\$4.473.910,88	-R\$36.786.715,99		Total Custos R\$83.722.192,03
83	5	R\$9.090.150,58		R\$2.790.739,73	R\$6.299.410,85	8%	R\$4.287.273,17	-R\$32.499.442,82		IBC 1,00
84	6	R\$9.298.404,92		R\$2.790.739,73	R\$6.507.665,19	8%	R\$4.100.932,94	-R\$28.398.509,88		TIR 0%
85	7	R\$9.501.160,01		R\$2.790.739,73	R\$6.710.420,27	8%	R\$3.915.465,78	-R\$24.483.044,10		VPL -R\$13.827.716,15
86	8	R\$9.697.893,44		R\$2.790.739,73	R\$6.907.153,71	8%	R\$3.731.720,23	-R\$20.751.323,87		
87	9	R\$9.888.424,38		R\$2.790.739,73	R\$7.097.684,64	8%	R\$3.550.609,41	-R\$17.200.714,46		
88	10	R\$10.072.790,10		R\$2.790.739,73	R\$7.282.050,36	8%	R\$3.372.998,31	-R\$13.827.716,15		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO T - Fluxo de Caixa - Cenário 5 - CTR PE

CENÁRIO 5									
Ano	Benefícios R\$ 0,05/KWh	Benefícios RCE = R\$ 25	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
103	0			-55.814.794,69		-R\$55.814.794,69	-55.814.794,69		
104	1	R\$1.647.576,73	R\$5.088.730,84	R\$2.790.739,73	8%	R\$3.653.303,55	-R\$52.161.491,14	TMA	0,08
105	2	R\$1.689.463,90	R\$5.218.104,19	R\$2.790.739,73	8%	R\$3.529.516,77	-R\$48.631.974,37	INVESTIMENTO	R\$55.814.794,69
106	3	R\$1.732.428,96	R\$5.350.806,72	R\$2.790.739,73	8%	R\$3.407.521,67	-R\$45.224.452,70	MANUTENÇÃO	R\$2.790.739,73
107	4	R\$1.775.489,22	R\$5.483.803,31	R\$2.790.739,73	8%	R\$3.284.519,70	-R\$41.939.932,99	Total Benefícios	R\$75.045.404,84
108	5	R\$1.818.030,12	R\$5.615.195,79	R\$2.790.739,73	8%	R\$3.159.598,08	-R\$38.780.334,91	Total Custos	R\$83.722.192,03
109	6	R\$1.859.680,98	R\$5.743.839,30	R\$2.790.739,73	8%	R\$3.032.868,12	-R\$35.747.466,79	IBC	0,90
110	7	R\$1.900.232,00	R\$5.869.085,79	R\$2.790.739,73	8%	R\$2.904.952,48	-R\$32.842.514,31	TIR	-3%
111	8	R\$1.939.578,69	R\$5.990.612,58	R\$2.790.739,73	8%	R\$2.776.685,75	-R\$30.065.828,56	VPL	-R\$24.894.325,85
112	9	R\$1.977.684,88	R\$6.108.307,93	R\$2.790.739,73	8%	R\$2.648.944,88	-R\$27.416.883,69		
113	10	R\$2.014.558,02	R\$6.222.194,89	R\$2.790.739,73	8%	R\$2.522.557,84	-R\$24.894.325,85		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO U - Fluxo de Caixa - Cenário 6 - CTR PE

CENÁRIO 6									
Ano	Benefícios R\$ 0,10/KWh	Benefícios RCE = R\$ 25	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
128	0			-55.814.794,69		-R\$55.814.794,69	-55.814.794,69		
129	1	R\$3.295.153,46	R\$5.088.730,84	R\$2.790.739,73	8%	R\$5.178.837,56	-R\$50.635.957,13	TMA	0,08
130	2	R\$3.378.927,80	R\$5.218.104,19	R\$2.790.739,73	8%	R\$4.977.959,76	-R\$45.657.997,38	INVESTIMENTO	R\$55.814.794,69
131	3	R\$3.464.857,91	R\$5.350.806,72	R\$2.790.739,73	8%	R\$4.782.779,63	-R\$40.875.217,74	MANUTENÇÃO	R\$2.790.739,73
132	4	R\$3.550.978,44	R\$5.483.803,31	R\$2.790.739,73	8%	R\$4.589.557,28	-R\$36.285.660,46	Total Benefícios	R\$93.400.128,32
133	5	R\$3.636.060,23	R\$5.615.195,79	R\$2.790.739,73	8%	R\$4.396.918,83	-R\$31.888.741,63	Total Custos	R\$83.722.192,03
134	6	R\$3.719.361,97	R\$5.743.839,30	R\$2.790.739,73	8%	R\$4.204.782,59	-R\$27.683.959,04	IBC	1,12
135	7	R\$3.800.464,00	R\$5.869.085,79	R\$2.790.739,73	8%	R\$4.013.719,60	-R\$23.670.239,43	TIR	3%
136	8	R\$3.879.157,38	R\$5.990.612,58	R\$2.790.739,73	8%	R\$3.824.579,76	-R\$19.845.659,67	VPL	-R\$12.751.691,98
137	9	R\$3.955.369,75	R\$6.108.307,93	R\$2.790.739,73	8%	R\$3.638.279,70	-R\$16.207.379,98		
138	10	R\$4.029.116,04	R\$6.222.194,89	R\$2.790.739,73	8%	R\$3.455.688,00	-R\$12.751.691,98		

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO V - Fluxo de Caixa - Cenário 7 - CTR PE

CENÁRIO 7									
Ano	Benefícios R\$ 0,20/KWh	Benefícios RCE = R\$ 25	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
151									
152									
153	0			-55.814.794,69		-R\$55.814.794,69	-55.814.794,69	TMA 0,08	
154	1	R\$6.590.306,92	R\$5.088.730,84	R\$2.790.739,73	R\$8.888.298,02	8%	R\$8.229.905,57	-R\$47.584.889,11	INVESTIMENTO R\$55.814.794,69
155	2	R\$6.757.855,60	R\$5.218.104,19	R\$2.790.739,73	R\$9.185.220,06	8%	R\$7.874.845,73	-R\$39.710.043,38	MANUTENÇÃO R\$2.790.739,73
156	3	R\$6.929.715,82	R\$5.350.806,72	R\$2.790.739,73	R\$9.489.782,81	8%	R\$7.533.295,55	-R\$32.176.747,83	Total Benefícios R\$130.109.575,30
157	4	R\$7.101.956,87	R\$5.483.803,31	R\$2.790.739,73	R\$9.795.020,45	8%	R\$7.199.632,44	-R\$24.977.115,39	Total Custos R\$83.722.192,03
158	5	R\$7.272.120,46	R\$5.615.195,79	R\$2.790.739,73	R\$10.096.576,52	8%	R\$6.871.560,33	-R\$18.105.555,06	IBC 1,55
159	6	R\$7.438.723,94	R\$5.743.839,30	R\$2.790.739,73	R\$10.391.823,50	8%	R\$6.548.611,54	-R\$11.556.943,53	TIR 12%
160	7	R\$7.600.928,01	R\$5.869.085,79	R\$2.790.739,73	R\$10.679.274,06	8%	R\$6.231.253,84	-R\$5.325.689,68	VPL R\$11.533.575,75
161	8	R\$7.758.314,76	R\$5.990.612,58	R\$2.790.739,73	R\$10.958.187,60	8%	R\$5.920.367,79	R\$594.678,11	
162	9	R\$7.910.739,50	R\$6.108.307,93	R\$2.790.739,73	R\$11.228.307,70	8%	R\$5.616.949,33	R\$6.211.627,44	
163	10	R\$8.058.232,08	R\$6.222.194,89	R\$2.790.739,73	R\$11.489.687,23	8%	R\$5.321.948,31	R\$11.533.575,75	

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO X - Fluxo de Caixa - Cenário 8 - CTR PE

CENÁRIO 8									
Ano	Benefícios R\$ 0,25/KWh	Benefícios RCE = R\$ 25	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
176									
177									
178	0			-55.814.794,69		-R\$55.814.794,69	-55.814.794,69	TMA 0,08	
179	1	R\$8.237.883,65	R\$5.088.730,84	R\$2.790.739,73	R\$10.535.874,75	8%	R\$9.755.439,58	-R\$46.059.355,11	INVESTIMENTO R\$55.814.794,69
180	2	R\$8.447.319,50	R\$5.218.104,19	R\$2.790.739,73	R\$10.874.683,96	8%	R\$9.323.288,72	-R\$36.736.066,39	MANUTENÇÃO R\$2.790.739,73
181	3	R\$8.662.144,78	R\$5.350.806,72	R\$2.790.739,73	R\$11.222.211,76	8%	R\$8.908.553,51	-R\$27.827.512,87	Total Benefícios R\$148.464.298,79
182	4	R\$8.877.446,09	R\$5.483.803,31	R\$2.790.739,73	R\$11.570.509,67	8%	R\$8.504.670,02	-R\$19.322.842,86	Total Custos R\$83.722.192,03
183	5	R\$9.090.150,58	R\$5.615.195,79	R\$2.790.739,73	R\$11.914.606,63	8%	R\$8.108.881,07	-R\$11.213.961,78	IBC 1,77
184	6	R\$9.298.404,92	R\$5.743.839,30	R\$2.790.739,73	R\$12.251.504,49	8%	R\$7.720.526,01	-R\$3.493.435,77	TIR 16%
185	7	R\$9.501.160,01	R\$5.869.085,79	R\$2.790.739,73	R\$12.579.506,07	8%	R\$7.340.020,97	R\$3.846.585,20	VPL R\$23.676.209,61
186	8	R\$9.697.893,44	R\$5.990.612,58	R\$2.790.739,73	R\$12.897.766,29	8%	R\$6.968.261,81	R\$10.814.847,00	
187	9	R\$9.888.424,38	R\$6.108.307,93	R\$2.790.739,73	R\$13.205.992,57	8%	R\$6.606.284,14	R\$17.421.131,15	
188	10	R\$10.072.790,10	R\$6.222.194,89	R\$2.790.739,73	R\$13.504.245,25	8%	R\$6.255.078,46	R\$23.676.209,61	

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO W - Fluxo de Caixa - Cenário 9 - CTR PE

CENÁRIO 9									
Ano	Benefícios R\$ 0,05/KWh	Benefícios RCE = R\$ 50	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
204									
205									
206	0		-55.814.794,69	-R\$55.814.794,69	1	-R\$55.814.794,69	-55.814.794,69	TMA 0,08	
207	1	R\$1.647.576,73	R\$10.177.461,67	R\$2.790.739,73	R\$9.034.298,67	8%	R\$8.365.091,36	-R\$47.449.703,33	INVESTIMENTO R\$55.814.794,69
208	2	R\$1.689.463,90	R\$10.436.208,39	R\$2.790.739,73	R\$9.334.932,55	8%	R\$8.003.200,06	-R\$39.446.503,27	MANUTENÇÃO R\$2.790.739,73
209	3	R\$1.732.428,96	R\$10.701.613,45	R\$2.790.739,73	R\$9.643.302,67	8%	R\$7.655.164,57	-R\$31.791.338,70	Total Benefícios R\$131.736.086,18
210	4	R\$1.775.489,22	R\$10.967.606,63	R\$2.790.739,73	R\$9.952.356,11	8%	R\$7.315.278,85	-R\$24.476.059,85	Total Custos R\$83.722.192,03
211	5	R\$1.818.030,12	R\$11.230.391,57	R\$2.790.739,73	R\$10.257.681,96	8%	R\$6.981.205,98	-R\$17.494.853,88	IBC 1,57
212	6	R\$1.859.680,98	R\$11.487.678,60	R\$2.790.739,73	R\$10.556.619,85	8%	R\$6.652.461,19	-R\$10.842.392,68	TIR 13%
213	7	R\$1.900.232,00	R\$11.738.171,59	R\$2.790.739,73	R\$10.847.663,85	8%	R\$6.329.507,67	-R\$4.512.885,01	VPL R\$12.609.599,92
214	8	R\$1.939.578,69	R\$11.981.225,16	R\$2.790.739,73	R\$11.130.064,11	8%	R\$6.013.227,32	R\$1.500.342,31	
215	9	R\$1.977.684,88	R\$12.216.615,86	R\$2.790.739,73	R\$11.403.561,00	8%	R\$5.704.619,61	R\$7.204.961,92	
216	10	R\$2.014.558,02	R\$12.444.389,78	R\$2.790.739,73	R\$11.668.208,07	8%	R\$5.404.637,99	R\$12.609.599,92	

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO Y - Fluxo de Caixa - Cenário 10 - CTR PE

CENÁRIO 10									
Ano	Benefícios R\$ 0,10/KWh	Benefícios RCE = R\$ 50	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
229									
230									
231	0		-55.814.794,69	-R\$55.814.794,69	1	-R\$55.814.794,69	-55.814.794,69	TMA 0,08	
232	1	R\$3.295.153,46	R\$10.177.461,67	R\$2.790.739,73	R\$10.681.875,40	8%	R\$9.890.625,37	-R\$45.924.169,32	INVESTIMENTO R\$55.814.794,69
233	2	R\$3.378.927,80	R\$10.436.208,39	R\$2.790.739,73	R\$11.024.396,45	8%	R\$9.451.643,05	-R\$36.472.526,27	MANUTENÇÃO R\$2.790.739,73
234	3	R\$3.464.857,91	R\$10.701.613,45	R\$2.790.739,73	R\$11.375.731,62	8%	R\$9.030.422,53	-R\$27.442.103,75	Total Benefícios R\$150.090.809,67
235	4	R\$3.550.978,44	R\$10.967.606,63	R\$2.790.739,73	R\$11.727.845,33	8%	R\$8.620.316,43	-R\$18.821.787,32	Total Custos R\$83.722.192,03
236	5	R\$3.636.060,23	R\$11.230.391,57	R\$2.790.739,73	R\$12.075.712,07	8%	R\$8.218.526,73	-R\$10.603.260,59	IBC 1,79
237	6	R\$3.719.361,97	R\$11.487.678,60	R\$2.790.739,73	R\$12.416.300,83	8%	R\$7.824.375,66	-R\$2.778.884,93	TIR 17%
238	7	R\$3.800.464,00	R\$11.738.171,59	R\$2.790.739,73	R\$12.747.895,86	8%	R\$7.438.274,79	R\$4.659.389,86	VPL R\$24.752.233,78
239	8	R\$3.879.157,38	R\$11.981.225,16	R\$2.790.739,73	R\$13.069.642,80	8%	R\$7.061.121,34	R\$11.720.511,20	
240	9	R\$3.955.369,75	R\$12.216.615,86	R\$2.790.739,73	R\$13.381.245,88	8%	R\$6.693.954,43	R\$18.414.465,63	
241	10	R\$4.029.116,04	R\$12.444.389,78	R\$2.790.739,73	R\$13.682.766,09	8%	R\$6.337.768,15	R\$24.752.233,78	

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO Z - Fluxo de Caixa - Cenário 11 - CTR PE

CENÁRIO 11									
Ano	Benefícios R\$ 0,20/KWh	Benefícios RCE = R\$ 50	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
254									
255									
256	0		-55.814.794,69	-R\$55.814.794,69	1	-R\$55.814.794,69	-55.814.794,69	TMA 0,08	
257	1	R\$6.590.306,92	R\$10.177.461,67	R\$2.790.739,73	R\$13.977.028,86	8%	R\$12.941.693,39	-R\$42.873.101,30	INVESTIMENTO R\$55.814.794,69
258	2	R\$6.757.855,60	R\$10.436.208,39	R\$2.790.739,73	R\$14.403.324,25	8%	R\$12.348.529,02	-R\$30.524.572,28	MANUTENÇÃO R\$2.790.739,73
259	3	R\$6.929.715,82	R\$10.701.613,45	R\$2.790.739,73	R\$14.840.589,53	8%	R\$11.780.938,45	-R\$18.743.633,83	Total Benefícios R\$186.800.256,65
260	4	R\$7.101.956,87	R\$10.967.606,63	R\$2.790.739,73	R\$15.278.823,76	8%	R\$11.230.391,58	-R\$7.513.242,25	Total Custos R\$83.722.192,03
261	5	R\$7.272.120,46	R\$11.230.391,57	R\$2.790.739,73	R\$15.711.772,30	8%	R\$10.693.168,23	R\$3.179.925,97	IBC 2,23
262	6	R\$7.438.723,94	R\$11.487.678,60	R\$2.790.739,73	R\$16.135.662,80	8%	R\$10.168.204,61	R\$13.348.130,58	TIR 24%
263	7	R\$7.600.928,01	R\$11.738.171,59	R\$2.790.739,73	R\$16.548.359,86	8%	R\$9.655.809,03	R\$23.003.939,62	VPL R\$49.037.501,51
264	8	R\$7.758.314,76	R\$11.981.225,16	R\$2.790.739,73	R\$16.948.800,18	8%	R\$9.156.909,37	R\$32.160.848,98	
265	9	R\$7.910.739,50	R\$12.216.615,86	R\$2.790.739,73	R\$17.336.615,63	8%	R\$8.672.624,06	R\$40.833.473,04	
266	10	R\$8.058.232,08	R\$12.444.389,78	R\$2.790.739,73	R\$17.711.882,13	8%	R\$8.204.028,46	R\$49.037.501,51	

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

ANEXO AA - Fluxo de Caixa - Cenário 12 - CTR PE

CENÁRIO 12									
Ano	Benefícios R\$ 0,25/KWh	Benefícios RCE = R\$ 50	Custos	Fluxo Caixa	Fator de Desconto	Fluxo Caixa Descontado	Fluxo Caixa Acumulado Desconto		
279									
280									
281	0		-55.814.794,69	-R\$55.814.794,69	1	-R\$55.814.794,69	-55.814.794,69	TMA 0,08	
282	1	R\$8.237.883,65	R\$10.177.461,67	R\$2.790.739,73	R\$15.624.605,59	8%	R\$14.467.227,39	-R\$41.347.567,29	INVESTIMENTO R\$55.814.794,69
283	2	R\$8.447.319,50	R\$10.436.208,39	R\$2.790.739,73	R\$16.092.788,15	8%	R\$13.796.972,01	-R\$27.550.595,28	MANUTENÇÃO R\$2.790.739,73
284	3	R\$8.662.144,78	R\$10.701.613,45	R\$2.790.739,73	R\$16.573.018,49	8%	R\$13.156.196,41	-R\$14.394.398,88	Total Benefícios R\$205.154.980,14
285	4	R\$8.877.446,09	R\$10.967.606,63	R\$2.790.739,73	R\$17.054.312,98	8%	R\$12.535.429,16	-R\$1.858.969,72	Total Custos R\$83.722.192,03
286	5	R\$9.090.150,58	R\$11.230.391,57	R\$2.790.739,73	R\$17.529.802,42	8%	R\$11.930.488,97	R\$10.071.519,26	IBC 2,45
287	6	R\$9.298.404,92	R\$11.487.678,60	R\$2.790.739,73	R\$17.995.343,79	8%	R\$11.340.119,08	R\$21.411.638,34	TIR 28%
288	7	R\$9.501.160,01	R\$11.738.171,59	R\$2.790.739,73	R\$18.448.591,86	8%	R\$10.764.576,16	R\$32.176.214,49	VPL R\$61.180.135,37
289	8	R\$9.697.893,44	R\$11.981.225,16	R\$2.790.739,73	R\$18.888.378,87	8%	R\$10.204.803,38	R\$42.381.017,87	
290	9	R\$9.888.424,38	R\$12.216.615,86	R\$2.790.739,73	R\$19.314.300,50	8%	R\$9.661.958,88	R\$52.042.976,75	
291	10	R\$10.072.790,10	R\$12.444.389,78	R\$2.790.739,73	R\$19.726.440,15	8%	R\$9.137.158,62	R\$61.180.135,37	

Fonte: Elaborado pela Autora (2020)

