



Instituto de Tecnologia  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

**A transformação de passivo ambiental em  
ativo imobiliário: Estudo de caso do Aterro  
do Aurá – Belém (PA)**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Ronaldo Florêncio da Silva Junior

2023

**Ronaldo Florêncio da Silva Junior**

**A transformação de passivo ambiental em ativo  
imobiliário: Estudo de caso do Aterro do Aurá – Belém  
(PA)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Renato Martins das Neves

**Belém**  
**Janeiro de 2023.**

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: Ronaldo Florêncio da Silva Junior

TÍTULO: A transformação de passivo ambiental em ativo imobiliário: Estudo de caso do Aterro do Aurá – Belém (PA)

GRAU: Mestre      ANO: 2023

É concedida à Universidade Federal do Pará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa tese de doutorado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

**Ronaldo Florêncio da Silva Junior**

Av. Dionísio Bentes nº 176.  
68.795-000 Benevides – PA – Brasil.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a)

---

J95t    Junior, Ronaldo Florêncio da Silva.  
A transformação de passivo ambiental em ativo  
imobiliário: Estudo de caso do Aterro do Aurá – Belém (PA) /  
Ronaldo Florêncio da Silva Junior. — 2023.  
LXXXVIII, 88 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Renato Martins das Neves  
Coorientador(a): Prof. Dr. André Augusto Azevedo  
Montenegro Duarte  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil, Belém, 2023.

1. Aterro sanitário. 2. Requalificação. 3. Viabilidade  
econômica. 4. Passivo ambiental. 5. Aurá. I. Título.

CDD 016.624

---

## A TRANSFORMAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM ATIVO IMOBILIÁRIO: ESTUDO DE CASO DO ATERRO DO AURÁ – BELÉM (PA)

AUTOR:

**RONALDO FLORÊNCIO DA SILVA JUNIOR**

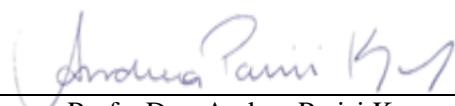
DISERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADO EM: 10/01/2023.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Renato Martins das Neves  
Orientador (UFPA)



Profa. Dra. Andrea Parisi Kern  
Membro Externo (Unisinos)



Prof. Dr. Altem Nascimento Pontes  
Membro Externo (UEPA)



Profa. Dra. Mariane Furtado Gonçalves  
Membro Interno (UFPA)

Visto:

---

Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço  
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

---

Dedico este trabalho à minha família em especial  
Aos meus pais Suzelane Mendes e Ronaldo Florêncio  
Às minhas irmãs Sulane, Suellen e Sulena Silva.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus o dom da vida e a capacidade de nunca desistir, mesmo nos momentos mais sombrios.

Quero expressar minha eterna gratidão aos meus pais Suzelane Mendes e Ronaldo Florêncio que nunca mediram esforços para ajudar na minha formação como ser humano e profissional.

As minhas irmãs Sulena, Sulane e Suellen Silva por sempre acreditarem em mim e jamais duvidarem da minha capacidade de alcançar meus objetivos.

Obrigado ao meu amigo Luciano Sousa, por sua amizade, lealdade e seu apoio incondicional desde a graduação.

Obrigado a amiga Poliana Lima por sempre me dar forças para continuar, sempre me fazendo acreditar que haveria luz no fim do túnel e que no outro dia o sol sempre brilhará outra vez.

Ao professor André Montenegro que me acolheu, orientou, incentivou, conversou e mostrou os caminhos para realização desse trabalho. Sem sua ajuda, esse trabalho não seria possível. Obrigado, obrigado e obrigado!

Ao professor Renato Neves que me deu a oportunidade de ser seu aluno e a oportunidade de aprender a aprender!

Agradeço a Universidade Federal do Pará, minha segunda casa a quase dez anos.

Minha gratidão ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil nas pessoas de seus coordenadores e à secretária Sany Ramos Mendes de Assis, que sempre esteve disposta a me ajudar e esclarecer minhas dúvidas.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a construção desse trabalho.

Eu envergo, mas não quebro.  
(Ditado popular)

## RESUMO

O presente trabalho tem como tema os locais de disposição de resíduos sólidos urbanos após a sua desativação. Esses locais após terem sua capacidade exaurida passam a configurar áreas de risco, pois os líquidos e gases, altamente poluentes, ainda continuam sendo produzidos por décadas. Assim, surge a necessidade estudos para a requalificação desses locais. O Aterro do Aurá, localizado na Cidade de Belém do Pará, funcionou entre o ano de 1984 e 2015 quando foi finalmente desativado. Neste contexto, o objetivo da realização deste trabalho é identificar na literatura alternativas viáveis para a requalificação de aterros sanitários e propor alternativas para a requalificação do Aterro do Aurá, e, por meio da engenharia econômica, analisar a viabilidade das alternativas propostas. Como alternativas, se realizou o estudo de viabilidade econômica da implantação de uma usina solar fotovoltaica e de um Complexo Poliesportivo Ecológico. As duas alternativas foram analisadas sobre um horizonte de tempo de 25 anos. Para cada alternativa proposta foi desenvolvido três cenários: o de referência, um otimista e um pessimista. Os resultados da usina solar, para o cenário de referência, evidenciam a viabilidade da alternativa, sendo o Valor Presente Líquido (VPL) encontrado no valor R\$24.692.390,93, Taxa Interna de Retorno (TIR) de 22% e o Payback em 8 anos e 5 meses, indicando um retorno do investimento em aproximadamente 1/3 de sua vida útil. Para o cenário de referência do Complexo Poliesportivo Ecológico, os resultados foram igualmente positivos, sendo seu VPL em R\$ 19.153.229,11, TIR de 51% e seu Payback em apenas 2 anos e 2 meses apontando sua viabilidade econômica.

**Palavra-chave:** Aterro sanitário; Requalificação; Viabilidade econômica; Passivo ambiental; Ativo imobiliário; Aurá.

## **ABSTRACT**

The present work has as its theme the places of disposal of municipal solid waste after its deactivated. These places, after having their capacity exhausted, begin to configure risk areas, since highly polluting liquids and gases continue to be produced for decades. Thus, studies for the requalification of these sites arise. The Aurá Landfill, located in the city of Belém do Pará, operated between 1984 and 2015 when it was finally deactivated. Studies conducted by Siqueira and Aprile (2017) found environmental degradation directly influenced by the presence of the Landfill. In this context, the objective of this work is to identify viable alternatives in the literature for the requalification of sanitary landfills and propose alternatives for the requalification of the Aurá Landfill, and, through economic engineering, analyze the feasibility of the proposed alternatives. As alternatives, an economic feasibility study was carried out for the implementation of a photovoltaic solar plant and an Ecological Multisport Complex. The two alternatives were analyzed over a 25-year time horizon. For each proposed alternative, three scenarios were developed: the reference, an optimist and a pessimist. The results of the solar power plant, for the reference scenario, show the viability of the alternative, with the Net Present Value (NPV) found in the amount of R\$2 4,692,390.93, Internal Rate of Return (IRR) of 22% and Payback in 8 years and 5 months, indicating a return on investment of approximately 1/3 of its useful life. For the reference scenario of the Ecological Polysports Complex, the results were equally positive, with its NPV at R\$ 19,153,229.11, IRR of 51% and its Payback in just 2 years and 2 months planned for its economic viability.

**Keyword:** Landfill; Requalification; economic viability; Environmental liability; Real estate asset; Aurá.

## Lista de tabelas

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
Tabela 4.1: Custos de implantação – Usina solar .....	50
Tabela 4.2: Dados técnicos - Usina solar .....	55
Tabela 4.3: Custos de operação anual – Usina solar .....	55
Tabela 4.4: Estimativa do preço de aluguel.....	56
Tabela 4.5: Fluxo de caixa do empreendimento.....	58
Tabela 4.6: Valor presente e valor presente acumulado .....	59
Tabela 4.7: Indicadores financeiros .....	60
Tabela 4.8: Custo de implantação – complexo poliesportivo ecológico .....	65
Tabela 4.9: Custos de operação – complexo poliesportivo ecológico.....	66
Tabela 4.10: Receita com estacionamento.....	67
Tabela 4.11: Receita com aluguel do espaço comercial .....	68
Tabela 4.12: Receita com aluguel do espaço para vendas.....	69
Tabela 4.13: Receita com a venda de ingressos.....	69
Tabela 4.14: Fluxo de caixa .....	70
Tabela 4.15: Valor presente e valor presente acumulado .....	71
Tabela 4.16: Indicadores financeiros .....	72

## **Lista de figuras**

Figura 1.1: Fresh Kills Park.....	13
Figura 1.2: Parque Raposo Tavares .....	13
Figura 3.1: Aterro do Aurá.....	42
Figura 3.2: Cronologia de uso do Aterro do Aurá .....	44
Figura 4.1: Diagrama de fluxo de caixa .....	48
Figura 4.2: Módulo solar.....	51
Figura 4.3: Inversor MTL-S .....	52
Figura 4.4:Tipologia de usina do tipo centralizada .....	53
Figura 4.5: Tipologia de usina do tipo descentralizado .....	53
Figura 4.6: Estrutura de fixação Tracker.....	54
Figura 4.7. Representação gráfica do fluxo de caixa .....	60
Figura 4.8: Representação gráfica do fluxo de caixa .....	73
Figura 4.9: Ilustração das propostas de requalificação .....	76

## Lista de abreviaturas e siglas

Símbolo	Significado
<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ABRELPE</b>	Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
<b>ABTRE</b>	Associação Brasileira de Tratamento de Resíduos Sólidos e Afluentes
<b>ANEEL</b>	Agência Nacional de Energia Elétrica
<b>APA</b>	Área de Proteção Ambiental dos Mananciais de Abastecimento de Água de Belém
<b>CCEE</b>	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
<b>CETESB</b>	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>COSANPA</b>	Companhia de Saneamento do Pará
<b>CUB</b>	Custo Unitário Básico
<b>EIA</b>	Estudo de Impacto Ambiental
<b>FPSK</b>	Federação Paraense de Skate
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>ICMS</b>	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
<b>IPEA</b>	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
<b>LABREN</b>	Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia
<b>PLANSAB</b>	Plano nacional de saneamento Básico
<b>PLANARES</b>	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
<b>PNE</b>	Plano Nacional de Energia

<b>PNRS</b>	Política Nacional de Resíduos Sólidos
<b>PPA</b>	Plano Plurianual da União
<b>PPP</b>	Parceria Público Privada
<b>RCC</b>	Resíduos da Construção Civil
<b>RIMA</b>	Relatório de Impacto Ambiental
<b>RSU</b>	Resíduo Sólido Urbano
<b>RSS</b>	Resíduos de Serviços de Saúde
<b>SABESP</b>	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
<b>SESAN</b>	Secretaria Municipal de Saneamento
<b>SNIR</b>	Sistema Nacional de Informação sobre Gestão dos Resíduos Sólidos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>Contextualização e justificativa da pesquisa.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>16</b>
1.2.1	Objetivo geral .....	16
1.2.2	Objetivos específicos .....	16
<b>1.3</b>	<b>Estrutura da dissertação .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Resíduos sólidos no cenário brasileiro.....</b>	<b>18</b>
2.1.1	Política Nacional de Resíduos Sólidos .....	18
<b>2.2</b>	<b>Plano Nacional de Resíduos Sólidos .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3</b>	<b>Novo marco legal do saneamento básico .....</b>	<b>26</b>
2.3.1	Definição de locais de disposição de resíduos sólidos como área contaminada .....	27
<b>2.4</b>	<b>O espaço urbano: O lugar, o não lugar e sua requalificação.....</b>	<b>30</b>
<b>2.5</b>	<b>Estudo de viabilidade e apoio à tomada de decisão na análise de empreendimentos .....</b>	<b>36</b>
2.5.1	Empreendimentos .....	36
2.5.2	Estudo de viabilidade e engenharia econômica .....	38
<b>3</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>40</b>
<b>3.1</b>	<b>Características Gerais .....</b>	<b>40</b>
<b>3.2</b>	<b>Delineamento da pesquisa.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3</b>	<b>Apresentação do estudo de caso.....</b>	<b>41</b>
3.3.1	Localização .....	41
3.3.2	Histórico.....	42
3.3.3	Geologia e topografia local .....	44
3.3.4	Hidrogeologia .....	45

3.3.5	Emissão de gases do efeito estufa .....	45
3.3.6	Qualidade das águas subterrâneas .....	46
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1</b>	<b>Estudo de viabilidade para as alternativas propostas.....</b>	<b>47</b>
4.1.1	Alternativa 1: Usina solar fotovoltaica .....	49
4.1.1.1	Investimento inicial .....	50
4.1.1.1.1	Módulos solares .....	51
4.1.1.1.2	Inversores.....	52
4.1.1.1.3	Topologia da usina .....	52
4.1.1.1.4	Estrutura de fixação dos módulos.....	54
4.1.1.1.5	Potência da usina.....	54
4.1.1.2	Custo de operação e manutenção .....	55
4.1.1.2.2	Cenário otimista .....	61
4.1.1.2.3	Cenário pessimista.....	62
4.1.1.3	Conclusões alternativa 01 .....	63
4.1.2	Alternativa 2: Complexo poliesportivo ecológico .....	64
4.1.3	Investimento inicial .....	65
4.1.4	Custos de operação .....	65
4.1.4.1.1	Cenário de referência.....	70
4.1.4.1.2	Cenário otimista .....	73
4.1.4.1.3	Cenário pessimista.....	74
4.1.4.2	Conclusões alternativa 02.....	75
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>77</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>		<b>80</b>
<b>ANEXO A - TAXA DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....</b>		<b>86</b>
<b>ANEXO B - CUSTO EQUIPAMENTOS ENERGIA SOLAR FOTOVOLTÁCIA.....</b>		<b>87</b>
<b>ANEXO C - PREMISSA ESTIMATIVA DE ALUGUEL DE EQUIPAMENTOS.....</b>		<b>88</b>
<b>ANEXO D - ESTIMATIVA DE CUSTOS CONSTRUÇÃO PARQUE AMBIENTAL...89</b>		

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Contextualização e justificativa da pesquisa**

O crescente processo de urbanização e a modernização da sociedade atual tem criado um ritmo de consumo cada vez mais acelerado de produtos e serviços, e com isso tem gerado grandes quantidades de resíduos sólidos lançados no meio ambiente. No entanto, é inerente a qualquer sociedade humana a geração de resíduos, pois ele está presente em todos os setores, seja na agricultura, na indústria, no comércio, nas unidades de saúde e em nossas moradias (BARROS, 2011). O grande volume de resíduos tem se tornado um grave problema ambiental, social e econômico, pois os resíduos gerados ficam décadas no meio ambiente, e se não forem tratados adequadamente, se tornarão um espaço propício a proliferação de diversas doenças, representando um risco à saúde pública.

Segundo a Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – (ABRELPE, 2020), na última década a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) registrou um excessivo aumento de 18%, passando de 67 milhões para 79 milhões de toneladas por ano. Com o aumento significativo da geração de resíduos, surge a necessidade de locais com espaços cada vez maiores para a disposição de todo esse material. Atualmente, existem três formas de disposição final dos resíduos: Os lixões, aterros controlados e aterros sanitários.

Os lixões “são formas inadequadas de disposição final, caracterizada pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública” (ANDRADE, 2006). Já o aterro controlado se diferencia do lixão em alguns aspectos, tais como o fato do aterro controlado receber uma cobertura de terra após o descarregamento do resíduo, essa medida evita atividades de catação e também a proliferação de vetores de doenças (BARROS, 2011). Entretanto, não há qualquer tratamento do chorume gerado e a impermeabilização do solo é ineficaz (FLAMINI, 2021). De acordo com a NBR 13.896 (ABNT, 1997), no aterro sanitário o resíduo sólido é confinado em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, seguindo normas operacionais específicas, para evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança.

Independente da forma que se escolha para a destinação final dos resíduos sólidos, seja lixão, aterro controlado ou sanitário, certamente o espaço selecionado para essa finalidade terá sua capacidade exaurida em algum momento. A área que antes serviu para destinação dos resíduos sólidos ficará esquecida, abandonada ou poderá ser ocupada de forma inadequada, representando grande perigo à vida e à saúde da população, dado que a massa de resíduos sólidos leva décadas para se estabilizar. Mesmo após o encerramento de um aterro a decomposição continua, principalmente da matéria orgânica assim como a produção de biogás e líquidos percolados ou lixiviados (ALVES, 2010).

A composição dos lixiviados dependem da composição dos resíduos depositados no aterro, porém em geral o lixiviado é composto por matéria orgânica, material inorgânico, metais pesados e compostos xenofóbicos (CHRISTENSEN, 2011; HUNG; WANG; SHAMMAS, 2014). Os líquidos percolados representam um grande perigo aos corpos hídricos, principalmente para águas superficiais e subterrâneas, eles são gerados pela infiltração da água da chuva no resíduos e depois carreados levando consigo produtos da decomposição da massa de resíduos (SOUZA, 2005). Além dos perigos apresentados pela presença dos líquidos percolados, outro perigo que pode ser encontrado em aterros desativados são os gases, chamado biogás, gerados pela decomposição da matéria orgânica. O gás produzido é altamente inflamável e precisa ser constantemente drenado (ICLEI, 2009).

Diante dos perigos existentes, a população do entorno e a grande poluição deixada pelos aterros desativados, se torna fundamental que a proteção e a preocupação ambiental continuem principalmente após o encerramento das atividades. A Lei nº 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010a), essa lei traça uma série de diretrizes para a implantação e licenciamento de aterros sanitários, extinção dos lixões a céu aberto, compartilhamentos das responsabilidades entre os entes federativos e a sociedade, dentre outras diretrizes, no entanto deixa uma lacuna ao não determinar procedimentos a serem seguidos após o encerramento de aterros.

Os locais de disposição desativados e abandonados se tornam entraves espaciais que provocam desconforto, desvalorização imobiliária e preocupação nos habitantes do entorno.

Nos Estados Unidos essas áreas abandonadas ou ociosas recebem a denominação de brownfields<sup>1</sup> (LEITE, 2005). De acordo com pesquisa inédita elaborada pela ABRELPE (2020), no Brasil ainda existem 3 mil lixões ou aterros irregulares que afetam negativamente a vida de 77 milhões de brasileiros (1/3 da população). Esses espaços após o encerramento de suas atividades se tornarão áreas contaminadas gerando um grande passivo ambiental. As áreas contaminadas podem ser definidas como:

[...] Local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Sob uma ótica mais ampla, ela pode ser também caracterizada com uma área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de matéria em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger.(VALENTIM, 2005, p. 38).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010a), em seu capítulo II Art. 3º definiu área contaminada como “local onde há contaminação causada pela disposição, regular ou irregular, de quaisquer substâncias ou resíduo”. Esses locais necessitam de cuidados e gerenciamento adequado. A preocupação com o gerenciamento dessas áreas contaminadas é muito recente no Brasil e muitas vezes essa preocupação é de apenas alguns estados e municípios. A nível nacional, apenas em 2009 o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, promulgou uma resolução normativa sobre o tema (BARROS, 2011).

Considerando a inexistência de previsões legais ou orientações normativas e técnicas para fazer com que as áreas contaminadas por locais de disposição de RSU, que se tornam um “não lugar” após o seu encerramento, passem a ser lugares uteis para a sociedade. Surge então a seguinte questão de pesquisa, considerando

---

<sup>1</sup> Brownfields: campos marrons, em tradução livre

o grave problema deixado por esses locais: Como transformar um aterro de RSU encerrado, de um passivo ambiental para um ativo com valor econômico?

Se esses locais contaminados não forem reintegrados a sociedade eles serão entraves espaciais, permanecendo como “não lugar”, sem qualquer vínculo com a comunidade. Em seu livro “Não Lugares - Introdução a uma antropologia da supermodernidade” de 1994, o antropólogo Marc Augé, define os não lugares como espaços onde o sujeito não se identifica e por isso, não consegue estabelecer vínculos relacionais durante a sua ocupação (AUGÉ, 1994).

É fundamental atribuir uma nova função ou significado a esses espaços, no entanto por se tratar de um local contaminado é indispensável que se faça a recuperação do solo dessas áreas. De acordo com a NBR 10703 (ABNT, 1989), recuperação do solo é definida como “o processo de manejo do solo no qual são criadas condições para que uma área perturbada ou mesmo natural seja adequada a novos usos”. A norma define ainda que reabilitação “é a forma de recuperação do solo em que uma área perturbada é adequada a um uso determinante e novo”. Para Valentim (2005), o termo adequado para a intervenção com objetivo de devolver o espaço contaminado a sociedade, seria requalificação, pois segundo o autor “ensejaria uma maneira menos traumática – ou mais respeitosa - de transformar a cidade, que procuraria compreender e interagir com o contexto do ambiente a ser alterado”. O autor destaca ainda que “o respeito à tradição da comunidade e à cultura local, a atenção às relações da área com seu entorno e aos laços sociais existentes seriam alguns dos pressupostos básicos para o planejamento e a ação”.

Como normalmente os locais de disposição desativados estão localizados em áreas periféricas que necessitam de áreas verdes e espaços de lazer, geralmente o recomendado para esses locais é a construção de parques, áreas de recreação e para prática de esportes (BARROS, 2011). Um exemplo de um novo uso de área contaminada é o Fresh Kills Park em Nova Iorque (figura 1.1), que é um parque sobre um antigo aterro desativado em 2001, o parque é o maior processo no mundo de conversão de um aterro em parque. O projeto está sendo construído em fases, a implantação é de longo prazo, iniciou em 2006 e o prazo de conclusão é em 2036, visto que o avanço das construções depende da estabilização de alguns montes de resíduos (FRINHANI; LUZ; BIANCHI, 2019).

Figura 1.1: Fresh Kills Park



Fonte: Fresh Kills Park (2022)

No Brasil, a primeira experiência com implantação de parque no local de antigo aterro desativado foi o Parque Raposo Tavares na cidade São Paulo (figuras 1.2 a 1.5), em funcionamento desde 1981, o local possui uma área de aproximadamente 190 mil m<sup>2</sup> com playground, pista de cooper, campo de futebol e área de piquenique para seus visitantes (LEITE, 2005).

Figura 1.2: Parque Raposo Tavares



Fonte: áreas verdes das cidades (2022)

Figura 1.3: Parque Raposo Tavares



Fonte: áreas verdes das cidades (2022)

Figura 1.4: Parque Raposo Tavares



Fonte: áreas verdes das cidades (2022)

Figura 1.5: Parque Raposo Tavares



Fonte: áreas verdes das cidades (2022)

Assim como em outras regiões do Brasil, a Região Norte enfrenta os mesmos desafios com a destinação de seus resíduos, falta de espaço adequado e posteriormente o que fazer com os antigos espaços abandonados de disposição de resíduos.

No estado do Pará entre os municípios de Belém e Ananindeua funcionou o aterro do Aurá, mais conhecido como “Lixão do Aurá” (figura 1.6). O local serviu para disposição dos resíduos das cidades de Belém, Ananindeua e Marituba entre os anos de 1991 a 2015 quando foi finalmente desativado, e já foi considerado um dos maiores aterros não controlados do Brasil (PINHEIRO, 2018).

A área total do local é de cerca de 100 hectares (1.000.000 m<sup>2</sup>), no entanto a parte efetivamente utilizada como aterro para disposição de aterro de resíduos é de 20 hectares (200.000 m<sup>2</sup>). O antigo aterro está localizado dentro da Área de

Proteção Ambiental dos Mananciais de Abastecimento de Água de Belém – APA, e durante seu funcionamento recebeu resíduos não perigos (MORALES, 2002; SANTOS, 2016).

Figura 1.6: Aterro do Aurá



Fonte: Diário do Pará (2020)

Os danos causados ao meio ambiente pelo aterro do Aurá podem ser percebidos através de estudos do Instituto Evandro Chagas (BRASIL, 2010), que constatou a presença da contaminação microbiológica na água após a análise dos poços utilizados pela comunidade do entorno do local. Mesmo após o encerramento do aterro, o local ainda apresenta perigos às áreas vizinhas.

Até o momento não foram tomadas medidas mitigadoras para os resíduos já depositados e os lixiviados ainda continuam sendo gerados em razão da desativação não ter ocorrido de forma adequada, gerando um grande passivo ambiental para toda a Região Metropolitana de Belém (PINHEIRO, 2018). Isso justifica a necessidade de dar uma nova função ou significado ao antigo lixão do Aurá, como forma de reduzir o impacto ambiental deixado no local e também compensar o incomodo, desconforto e os prejuízos a população do entorno por décadas de disposição inadequada de resíduos.

Considerando a inexistência de previsões legais ou orientações normativas e técnicas para fazer com as áreas contaminadas por locais de disposição de RSU, passem a ser lugares uteis para a sociedade. Surge então a seguinte questão de pesquisa, considerando o grave problema deixado por esses locais: Como transformar um aterro de RSU encerrado, de um passivo ambiental para um ativo.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Propor alternativas sob distintas perspectivas para a requalificação da área que compreende o Aterro do Aurá na cidade de Belém-Pa e analisar a viabilidade econômica.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Identificar com base na bibliografia a situação do local após a desativação do Aterro do Aurá.
- Identificar as diferentes perspectivas de uso e aproveitamento (empresarial, governamental, energética, imobiliária, etc.)
- Propor, dentre o que identificado, alternativas para um novo uso ambientalmente adequado do local;

## **1.3 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos. Sendo a primeira parte, o tópico da introdução, contendo a contextualização e justificativa da pesquisa, assim como os objetivos e a estruturação do trabalho.

O segundo capítulo introduz os principais conceitos que servirão de base para o entendimento do estudo, seguido da caracterização, descrição e aspectos sobre resíduos sólidos, áreas contaminadas e experiências de requalificação nessas áreas.

No capítulo 3 apresentam-se a metodologia aplicada durante a pesquisa - atentando-se a realidade local.

No capítulo 4, são descritos os resultados obtidos sendo analisados e discutidos.

E por fim, no quinto capítulo são apresentadas as conclusões obtidas durante a dissertação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo apresenta-se a base teórica para o desenvolvimento desta pesquisa, abordando desde os métodos utilizados para disposição final de resíduos sólidos urbanos, passando pelos impactos ambientais gerados por esses locais após seu encerramento ou desativação, finalizando com exemplos bem-sucedidos de requalificação desses locais.

### 2.1 Resíduos sólidos no cenário brasileiro

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2020), o Brasil é um dos países que mais gera RSU no mundo, e todo esse material deveria receber o devido tratamento com soluções economicamente viáveis, de acordo com a tecnologia disponível e a legislação vigente. No entanto, uma boa parte desses resíduos são despejados a céu aberto, queimados ou simplesmente lançados em vias públicas. A grande geração de resíduos, o alto custo de descarte e armazenamento, resultam em volumes crescente de RSU nas cidades brasileiras, criando sérios problemas ambientais e a saúde pública.

A geração de resíduos no país teve um vertiginoso aumento influenciado pela pandemia da COVID-19 e as novas dinâmicas sociais, visto que grande parte das atividades foram transferidas para dentro de casa. No ano de 2020 a geração de resíduos alcançou um total de aproximadamente 82,5 milhões de toneladas, ou 225.965 toneladas diárias. Ainda de acordo com o relatório, a maior parte desse resíduo seguiu para destinação adequada, com aproximadamente 46 milhões de toneladas, ultrapassando a marca dos 60% dos resíduos coletados no país. No entanto, 40% de tudo que foi coletado foi enviado para locais inadequados de disposição, como os lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2021).

#### 2.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi um marco para a gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU). A lei definiu diretrizes e instrumentos para a gestão integrada do RSU entre os entes federativos, além de definir as responsabilidades do poder público e dos geradores privados sobre a gestão dos resíduos. A legislação prevê também o

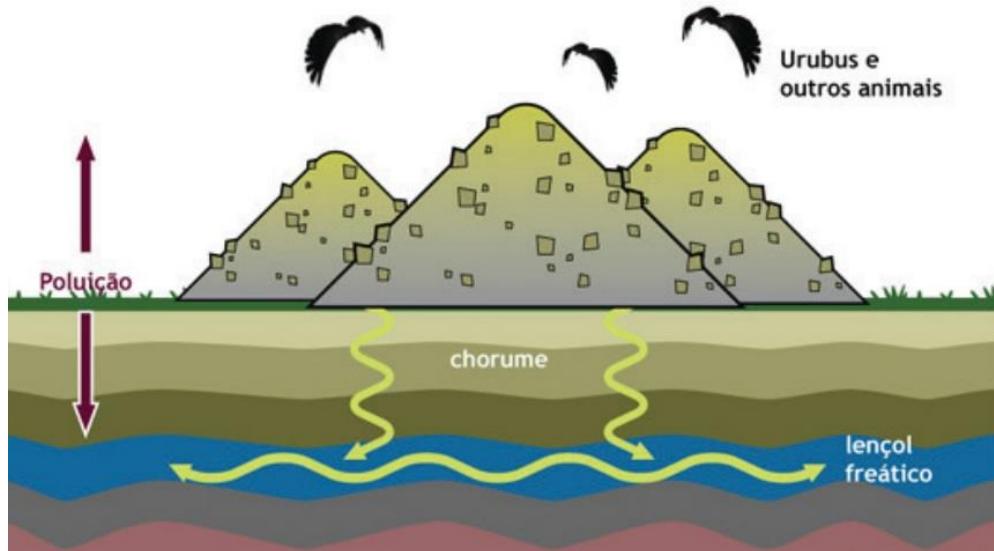
encerramento dos lixões a céu aberto transformando-os em locais de destinação ambientalmente adequados (BRASIL, 2010a).

A PNRS definiu disposição ambientalmente adequada de RSU como:

Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (Art. 3º, inciso XII).

Mesmo a PNRS definindo a correta destinação de resíduos, ainda existe formas inadequadas de disposição. Segundo Flamini (2021), atualmente há três formas de disposição de RSU: lixão, aterros controlados e aterros sanitários. Nos lixões (figuras 2.1 e 2.2) os resíduos são apenas depositados no solo, sem qualquer preparo ou controle, e como o solo não recebe impermeabilização, o chorume produzido pode penetrar e poluir águas subterrâneas. De acordo com dados da Associação Brasileira de Tratamento de Resíduos Sólidos e Afluentes (ABETRE), até o ano de 2019 ainda existiam 3.257 lixões em funcionamento no país, e grande parte deles ainda com catadores em condições insalubres e degradantes a saúde e a dignidade humana (ABETRE, 2021).

Figura 2.1: Lixão



Fonte: Flaminini (2021)

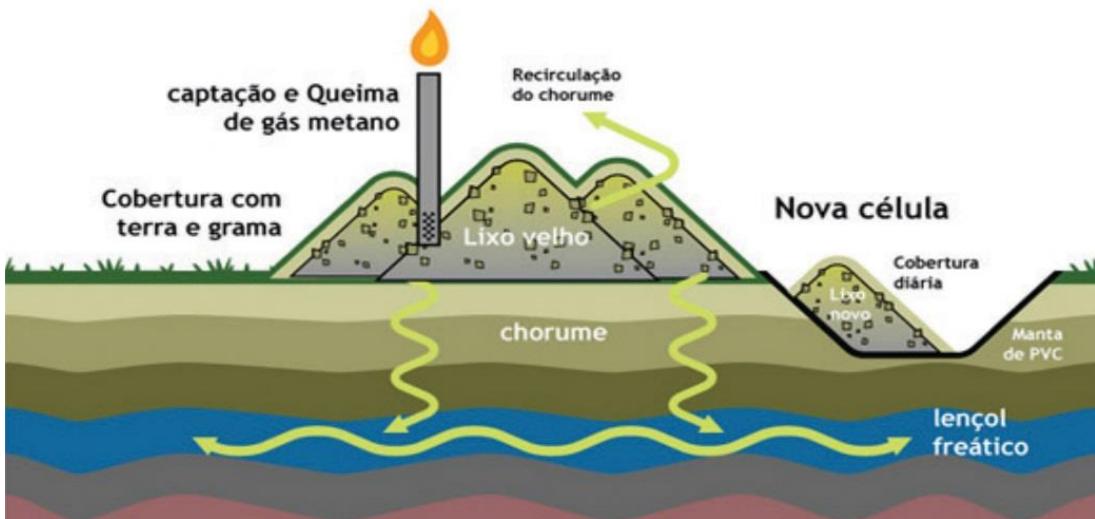
Figura 2.2: Lixão



Fonte: linkedin (2020)

Outra forma de disposição é o aterro controlado (figura 2.3 e 2.4), que é um meio termo entre o lixão e o aterro sanitário. No aterro controlado, os resíduos não ficam expostos e céu aberto e recebem uma cobertura, que pode ser vegetal, porém o processo de impermeabilização inexiste e o chorume produzido ainda pode contaminar o solo (FLAMINI, 2021).

Figura 2.3: Aterro controlado



Fonte: Flamini (2021)

Figura 2.4: Aterro controlado



Fonte: LinkedIn (2022)

E por último, os aterros sanitários (figuras 2.5 e 2.6) que são obras devidamente licenciadas e devem seguir normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Esses locais são preparados para receber os resíduos e confiná-los num menor volume e área. Neste caso, além do solo ser impermeabilizado, evitando a contaminação dos lençóis freáticos, o chorume produzido é tratado e o acesso de agentes vetores é dificultado pela estrutura montada (FLAMINI, 2021).

Figura 2.5: Aterro sanitário



Fonte: Flamini (2021)

Figura 2.6: Aterro sanitário



Fonte: Prefeitura de Correntina (2020)

## 2.2 Plano Nacional de Resíduos Sólidos

Doze anos após a promulgação da PNRS, em 14 de abril de 2022, o Governo Federal publicou o Decreto nº 10.936/2022 aprovando o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), que se constitui:

No instrumento orientador das estratégias para a gestão e o gerenciamento de resíduos no país, e deve contemplar, em seu conteúdo mínimo, a proposição de cenários, incluindo tendências nacionais, internacionais e macroeconómicas (BRASIL, 2022).

A Lei que instituiu a PNRS não se confunde com o Planares, pois o plano nacional representa estratégias de longo prazo em âmbito nacional e internacional com objetivo de operacionalizar as disposições legais, princípios, diretrizes e objetivos da PNRS. A vigência do Planares é de prazo indeterminado e deve ser atualizado a cada quatro anos, as atualizações deverão ser referenciadas no processo de elaboração do Plano Plurianual da União (PPA), servindo também para orientar os investimentos e a alocação dos recursos para o setor de gestão de resíduos sólidos (BRASIL, 2022).

O Planares prevê o fim dos lixões e aterros controlados em dois anos e o reaproveitamento de 48,1 % dos resíduos até 2040. O plano apresenta estratégias, metas, projetos e ações para um horizonte de vinte anos de gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil. Levando em consideração tendências nacionais e internacionais do setor de resíduos, além das tendências macroeconómicas para o País. O plano apresenta dois cenários: o cenário transformador e o realista. A projeção dos cenários considera eventos ou hipóteses prováveis, capazes de levar a uma mudança da situação atual para uma desejada. Se considerou as conjunturas socioeconômica, ambiental, política, tecnológica e cultural tendo como base o Plano Nacional de Energia (PNE), Plano nacional de saneamento Básico (Plansab) e a Carta Conjuntura nº 41, do IPEA (BRASIL, 2022).

De acordo com o Planares, a construção dos cenários propostos foi orientada conforme as diretrizes:

- Estruturar sistemas viáveis para aumentar a recuperação de recicláveis secos, associado à educação ambiental e ao fortalecimento de cooperativas e associações de catadores;
- Estruturar sistemas para aumentar a recuperação de resíduos orgânicos;
- Viabilizar o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de rejeitos;
- Aumentar a recuperação energética de resíduos;

- Assegurar a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, com encerramento de lixões e aterros controlados, de forma associada à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, bem como induzir a recuperação ambiental das áreas impactadas pela disposição inadequada.

Para o cenário transformador se considerou que a economia terá um bom desempenho, com altas taxas de crescimento e um elevado crescimento interno. Porém, o plano destaca que esse contexto não se mostra como o mais factível para a estratégia de gestão de resíduos sólidos no Brasil. Para o cenário realista, se adotou que o país apresentará um crescimento moderado, porém constante entre 2021 e 2040. Nesta projeção imagina-se um aumento equilibrado dos investimentos no setor de resíduos sólidos, permitindo que este faça melhorias e aumente a cobertura da coleta e a destinação ambientalmente adequada dos resíduos (BRASIL, 2022).

O Plano nacional ainda determina metas a serem alcançadas até 2040 para a gestão de cada categoria de resíduo. Especificamente para o a gestão de RSU o plano estabelece nove metas:

1. Aumentar a sustentabilidade econômico-financeira do manejo de resíduos pelos municípios. Esta meta pretende ser alcançada com a cobrança pelo serviço de manejo dos resíduos em todo o país.
2. Aumentar a capacidade de gestão dos municípios. Até 2040, 100% dos municípios brasileiros devem ter seus planos de gestão integrada de resíduos elaborados. Pois, a existência de tais planos também é condição para acesso a recursos da União.
3. Eliminar práticas de disposição final inadequada e encerrar lixões e aterros controlados. Por meio da nova redação do artigo 54 da PNRS, a partir de agosto de 2024, nenhum município poderá encaminhar seus resíduos para unidades inadequadas.
4. Reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada. O Plano pretende aumentar a recuperação da massa total de RSU, dos atuais 2,2%, para

48,1 % até 2040. Reduzindo a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários.

5. Promover a inclusão social e emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. Progressivamente, até 2040, 95% dos municípios devem formalizar contrato com cooperativas e associações de catadores para prestação de serviço de manejo de materiais recicláveis.
6. Aumentar a recuperação da fração seca dos RSU. Para atingir essa meta, pretende-se aumentar a coleta seletiva, triagem mecanizada acoplada à coleta convencional e sistemas de logística reversa, principalmente das embalagens em geral.
7. Aumentar a reciclagem da fração orgânica dos RSU. No Brasil cerca de 50% do RSU gerado no Brasil é composto de matéria orgânica. Até 2040, todos os municípios devem ter alguma iniciativa de valorização de resíduos orgânicos, como coleta seletiva de orgânicos, compostagem e digestão anaeróbia em escala piloto ou comercial, unidades de tratamento mecânico-biológico.
8. Aumentar a recuperação e aproveitamento energético de biogás de RSU. Com potencial para abastecer 9,5 milhões de domicílios, 60% do biogás gerado em processos de digestão anaeróbia e nos aterros sanitários será aproveitado energeticamente.
9. Aumentar a recuperação e aproveitamento energético por meio de tratamento térmico de RSU. Por meio da ampliação dos sistemas de tratamento térmico, espera-se que o país passe a ter uma potência instalada de 994 MW.

Para os Resíduos da Construção Civil (RCC), o Plano nacional determina uma meta:

1. Aumentar a reciclagem dos resíduos da construção civil. O plano prevê a reciclagem de 25% de todo o RCC gerado até 2040.

Especificamente para a gestão dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), o Planares determina uma meta:

1. Aumentar a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos de serviço de saúde. A partir de 2024 todos os municípios destinarão adequadamente os RSS.

Ao proporcionar diretrizes e metas a serem alcançadas no âmbito nacional com a responsabilidade compartilhada, o Planares se torna um importante documento para a melhoria da gestão de resíduos sólidos no Brasil. Por meio do Sistema Nacional de Informação sobre Gestão dos Resíduos Sólidos (SNIR), a eficácia desses esforços será medida e acompanhada (BRASIL, 2022).

### **2.3 Novo marco legal do saneamento básico**

A Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020 promulgou o novo marco do saneamento básico no Brasil. A nova lei atualiza o marco legal do saneamento básico e atribui a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a competência para editar normas sobre o serviço de saneamento brasileiro (BRASIL, 2020a). De acordo com nova legislação, caberá a ANA contribuir para a articulação entre o Plano Nacional de Saneamento Básico, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos e o Plano Nacional de Recursos Hídricos. A agencia também deverá elaborar estudos técnicos, guias e manuais para subsidiar o desenvolvimento das melhores práticas regulatórias para os serviços de saneamento básico.

A Lei tem como principal finalidade a instauração de diretrizes nacionais para o saneamento básico. O Novo Marco Legal cria metas a serem alcançadas até dezembro de 2033, como a universalização de 99% do serviço de abastecimento de água potável e de 90% de coleta e tratamento de esgoto nos lares brasileiros (PAGANINI; BOCCIGLIERI, 2021). A legislação passou a reconhecer a formalização de consórcios intermunicipais de saneamento básico, desde que compostos exclusivamente de municípios, que poderão prestar serviços aos seus entes consociados. O Novo Marco determina também que esses consórcios terão como objetivo exclusivo, o financiamento das iniciativas de implantação de medidas para o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais. É vedado aos consórcios a formalização de contratos de programas com sociedade de economia mista ou empresa pública sem o prévio procedimento de licitação (BRASIL, 2020a).

Para manter a sustentabilidade econômica e financeira dos serviços públicos de saneamento básico, a legislação passou a autorizar a cobrança pelos serviços, e, quando necessário, a adição de subsídios ou subvenções. Porém, o novo regulamento permite a adoção de subsídios tarifários e não tarifários para os usuários que não puderem pagar integralmente o valor dos serviços prestados (BRASIL, 2020a).

De acordo com o diagnóstico dos serviços de água e esgotos do Ministério do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2020b) o índice de abastecimento de água pela rede pública no país era de 84,1% até o ano de 2020. Os piores índices foram encontrados na Região Norte no Brasil. Em relação a coleta e afastamento de esgotos, o diagnóstico do MDR indica que o índice atingiu apenas 55% dos lares brasileiros. Paganini e Bocchiglieri (2021), apontam que pela falta da universalização desses serviços, o Brasil ainda registra 166,8 internações hospitalares por 100 mil habitantes causadas por doenças relacionadas a falta de saneamento ambiental adequado ou inexistente.

Segundo o MDR, o novo Marco Legal do Saneamento, já gerou cerca de R\$ 72,2 bilhões em investimentos para o setor desde que foi sancionado. Porém ainda há grandes desafios para o setor.

### **2.3.1 Definição de locais de disposição de resíduos sólidos como área contaminada**

Os locais de disposição de resíduos possuem tempo de vida útil que deve ser respeitado. De acordo com a NBR 13896 (ABNT, 1997), “Recomenda-se a construção de aterros com vida útil mínima de 10 anos. O seu monitoramento deve prolongar-se, no mínimo, por mais 10 anos após o seu encerramento”. O tempo de vida útil de um aterro sanitário é influenciado diretamente pela composição e peso específico dos resíduos presentes nos RSU (ÍTALO et al., 2020).

Após o fim da vida útil do aterro sanitário, deve-se executar o plano de encerramento das atividades e o seu fechamento. As normas técnicas NBR 10.157 e NBR 13.896 (ABNT, 1987, 1997), recomendam medidas para o plano de encerramento e manutenção do local, medidas que visam reduzir ou evitar a liberação de gases e líquidos percolados que possam causar a contaminação do

meio ambiente. Para atender a estas normas técnicas, o plano de encerramento deve conter, no mínimo, os itens a seguir:

- a) os métodos e as etapas a serem seguidas no fechamento total ou parcial do aterro;
- b) o projeto e construção da cobertura final, de forma a minimizar a infiltração de água na célula, exigir pouca manutenção, não estar sujeita a erosão, acomodar assentamento sem fratura e possuir um coeficiente de permeabilidade inferior ao solo natural da área do aterro;
- c) a data aproximada para o início das atividades de encerramento;
- d) uma estimativa dos tipos e da quantidade de resíduos que devem estar presentes no aterro, quando encerrado;
- e) usos programados para a área do aterro após seu fechamento;
- f) monitoramento das águas após o término das operações;
- g) atividades de manutenção da área;
- h) provisão dos recursos financeiros necessários para a execução das tarefas previstas neste plano.

Paro o plano de manutenção pós encerramento das atividades, as normas técnicas recomendam:

- Monitoramento das águas subterrâneas, por um período de 20 anos após o fechamento da instalação.
- Manutenção dos sistemas de drenagem e de detecção de vazamento de líquido percolado até o término da sua geração.
- Manutenção da cobertura de modo a corrigir rachaduras ou erosão.
- Manutenção do sistema de tratamento de líquido percolado, se existente, até o término da geração desse líquido ou até que esse líquido (influente no sistema) atenda aos padrões legais de emissão.
- Manutenção do sistema de coleta de gases (se existente) até que seja comprovado o término de sua geração.

- Pode ser exigido do responsável pela área a manutenção do isolamento do local, caso exista risco de acidente para pessoas ou animais com acesso a ela

Porém, mesmo com normas técnicas orientando sobre os cuidados com a manutenção e com o encerramento dos aterros sanitários, ainda existem no Brasil 2.970 lixões a céu aberto em pleno funcionamento (ABRELPE, 2020). Esses locais não seguem qualquer recomendação normativa e mantêm suas atividades sem planos de encerramento e manutenção.

Após terem sua capacidade de disposição exauridas, ou por conta do seu risco de contaminação, os locais de disposição dos RSU são desativados e permanecerão por décadas poluindo o meio ambiente. Esses locais permanecem muitas vezes sem utilização e, em alguns poucos casos com monitoramento ambiental (PEREIRA, 2015).

Mesmo desativados, os locais de disposição de RSU ainda geram muitos impactos ambientais, provocando a degradação não somente da área local, mas também do seu entorno. Devido a liberação de gás metano, que é altamente perigoso, do recalque diferencial do terreno, problemas de compactação do solo e na drenagem, esses espaços necessitam de um tratamento diferenciado ao de outras áreas degradadas (STUERMER; BROCANELI; VIEIRA, 2011). A fase de acompanhamento do aterro após sua desativação deve compreender muitos cuidados, isso inclui o monitoramento das emissões dos gases e líquidos (lixiviados), provenientes da decomposição dos resíduos, das águas superficiais e subterrâneas e do solo, além da supervisão e manutenção constante do sistema de cobertura final (LANER, 2011).

Como o lixiviado gerado pela decomposição dos resíduos é altamente perigoso à saúde pública, é importante que se conheça a composição desse material, pois assim é possível estudar e entender o seu potencial poluidor. Caracterizando a composição dos lixiviados, se torna possível perceber a necessidade, ou não, da realocação de recursos para o monitoramento após o encerramento dessas áreas (ALMEIDA, 2017).

Devido ao seu alto grau de periculosidade ao meio ambiente e à saúde pública, os aterros desativados são classificados como áreas contaminadas. De

acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), área contaminada pode ser definida como:

Local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se em subsuperfície nos diferentes compartimentos do ambiente, como por exemplo no solo, nos sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos, nas águas subterrâneas ou, de uma forma geral, nas zonas não saturada e saturada, além de poderem concentrar-se nas paredes, nos pisos e nas estruturas de construções (CETESB, 2022).

A NBR 15515-3 (ABNT, 2011), que trata de passivo ambiental em solo e água subterrânea, define área contaminada como:

Área, terreno, instalação, edificação ou benfeitoria com presença de substâncias químicas no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliações de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger (ABNT, 2011).

Percebendo o grande passivo ambiental gerado por áreas contaminadas, é fundamental que se desenvolva estudos e alternativas para requalificar esses locais e devolve-los a um novo uso seguro pela sociedade. A requalificação desses locais requer uma análise do tipo de resíduo depositado, da implantação de medidas mitigadoras físicas, da compreensão da necessidade da comunidade do entorno sobre o novo uso do espaço e da adequação projetual aos limites técnicos do local (PEREIRA, 2015).

## **2.4 O espaço urbano: O lugar, o não lugar e sua requalificação**

Para Corrêa (2004), o processo de construção do espaço urbano possui diferentes agentes envolvidos, cada qual portando interesses e práticas espaciais. O autor destaca ainda que, o espaço urbano é “fragmentado e articulado, reflexo e condicionante social, um conjunto de símbolos e campo de lutas. É assim a própria sociedade em uma de suas dimensões, aquela mais aparente, materializada nas formas espaciais”.

Durante o processo de construção das cidades, os indivíduos podem se identificar e criar vínculo com alguns espaços e com outros não. Augé (1994), nos traz dois conceitos que convivem simultaneamente no espaço urbano: o lugar e o não-lugar. Para o autor o lugar seria onde o indivíduo se identifica e apresenta características relacionais e históricas, é também o lugar do cotidiano e do espaço vivido carregando consigo memória e efetividade. Por exemplo, uma praça pode ser o lugar onde o indivíduo criou laços efetivos por visita-la com a família. Já o conceito de não lugar seria o oposto, ou seja, onde o indivíduo não consegue estabelecer vínculos relacionais, como por exemplo, um espaço abandonado que não atrai o cidadão para sua visitação, ou apenas é um corredor de passagem. O autor ressalta ainda que, os não-lugares são esvaziados de sentido para os que o ocupam ou habitam.

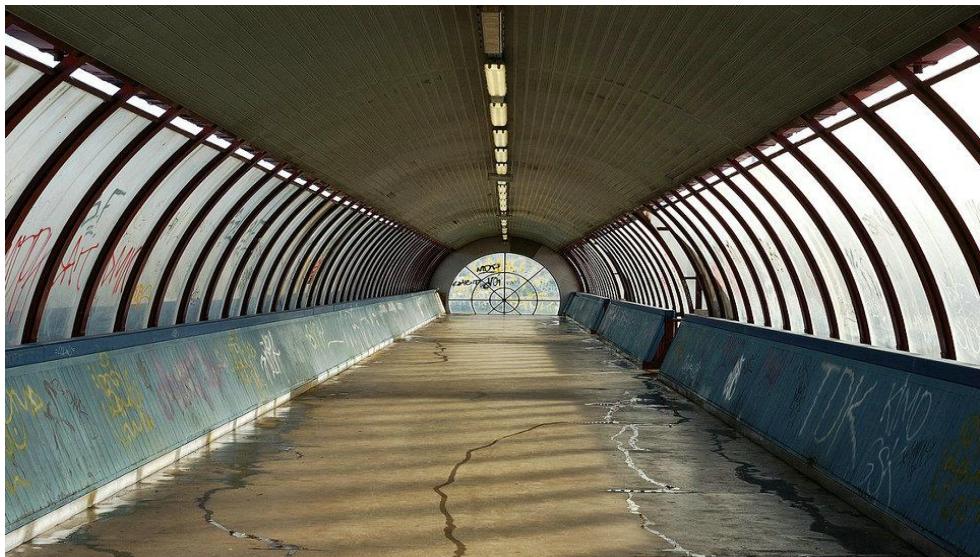
As figuras 2.7 e 2.8, a seguir, apresentam uma praça como exemplo de lugar e uma passarela abandonada, como exemplo de não lugar.

Figura 2.7: Praça Batista Campos



Fonte: Expedição Pará (2021)

Figura 2.8: Passarela abandonada



Fonte: Hisour (2022)

Um local abandonado e sem uso pela sociedade acaba por se tornar um não-lugar, pois a população não o habita e, por tanto, não consegue criar laços efetivos.

De acordo com Barros (2011), a paisagem urbana tem sido marcada pelo surgimento de áreas abandonadas, subutilizadas ou degradadas e com grande potencial de contaminação do meio ambiente. A autora ressalta que como forma de reduzir ou eliminar esses riscos ambientais, é fundamental que esses locais passem por um processo de requalificação, método que requer o envolvimento de uma série de fatores, que vão desde o político, econômico, aspectos legais e principalmente o da população ao redor. Requalificação significa, segundo Frúgoli Jr (1998), incorporar um dinamismo econômico e social já existente no local, considerando estas qualidades no novo uso a ser proposto. Para Silva (2011), requalificação é o processo que ao transformar determinado espaço, valoriza aspectos humanos e naturais, entendidos como cruciais para a construção, percepção e consolidação da dinamização social e econômica do lugar.

A escassez de espaço e o processo de urbanização, incentivado pelo setor imobiliário, tem criado interesse pela reutilização de locais de disposição de resíduos sólidos desativados. Um dos grandes desafios aos setores público e privado para reutilização desses espaços tem sido a preocupação com a responsabilidade futura em relação ao passivo ambiental, pois ainda é um assunto juridicamente bastante controverso (BARROS, 2011). Por conta das restrições do solo e dos custos

envolvidos em sua requalificação, os locais de disposição de RSU, na maioria das vezes, tem sido utilizado como parques ambientais recreativos.

Um bom exemplo de requalificação com qualidade ambiental e urbana, é o Parque Ariel Sharon na cidade de Tel Aviv em Israel (figura 2.9), construído sobre um antigo aterro. O local funcionou de 1952 até o ano de 1999, quando foi desativado e passou por um profundo processo de estudo e análise para se verificar qual proposta de requalificação seria viável. No processo de requalificação foi instalado um sistema de recolhimento de gás metano, um centro de transferência e uma estação de reciclagem para receber resíduos de 18 municípios do entorno (PEREIRA, 2015). O parque foi concluído em 2020 e conta com inúmeras tecnologias para recuperação de áreas contaminadas e sua reintegração à cidade (KODA et al., 2022).

Figura 2.9: Parque Ariel Sharon



Fonte: parksharon (2022)

No Brasil, a Companhia Paranaense de Energia e a prefeitura de Curitiba promoverão um novo uso ao aterro da Caximba. O local funcionou entre 1989 e 2010 para recebimento dos resíduos domésticos e industriais de toda a região metropolitana de Curitiba. O aterro possui uma área total de 410.000 m<sup>2</sup>, porém apenas 237.000m<sup>2</sup> foram usados para a disposição de resíduos. Foram depositados cerca de 8 milhões de toneladas de resíduos desde a fundação do aterro (SILVA et

al., 2009). O projeto da “pirâmide de solar da Caximba” (figura 2.10), será uma usina pública de geração de energia limpa movida a painéis solares e biomassa e terá uma capacidade de 5 Megawatt (MW). O estudo de viabilidade econômica ainda está em andamento, porém informações preliminares indicam um investimento de R\$ 31,5 milhões. O projeto conta ainda com a parceria da GIZ, agência de cooperação internacional do governo alemão (PARANÁ, 2020).

Figura 2.10: Projeto “pirâmide de solar da Caximba”



Fonte: Tribuna (2022)

Na cidade de Santa Clara, no estado da Califórnia nos Estados Unidos, a empresa Related Companies' construirá sobre antigo aterro sanitário um complexo de uso misto de US\$ 6,7 bilhões com até 1.680 unidades de habitação. O projeto (figura 2.11), terá 5,7 milhões de m<sup>2</sup> para escritórios, 1,1 milhão de m<sup>2</sup> de espaço para varejo e 700 quartos de hotel. Para o setor de moradias o projeto prevê a utilização de uma camada de concreto de 30cm de proteção do solo. Na parte inferior dos apartamentos será construída para lojas, restaurantes ou estacionamentos como forma de criar uma distância adicional entre os futuros moradores e quaisquer gases provenientes do aterro (NEWS, 2017). As obras iniciaram em maio de 2019 e as primeiras fases do projeto estão previstas para serem abertas ao público no início de 2023 (CORPORATE, 2019).

Figura 2.11: Complexo empresarial



Fonte: Corporate (2019)

Antes de propor novo uso para aterros sanitários desativados, é fundamental que se faça análise criteriosa do solo e das condições atuais do local. Após a desativação o aterro ainda continua em processo de degradação dos resíduos depositados, o que interfere diretamente na acomodação do terreno (MISGAV; PERL; AVNIMELECH, 2001). As condições do local a ser requalificado influenciarão diretamente nas características das obras para seu novo uso.

Para Pereira (2015), o item mais importante na requalificação de aterros está relacionado ao tipo de fundação a ser utilizado, pois para a autora, se a fundação executada não for adequada, a construção de equipamentos de grande porte poderá ter problemas e não oferecer garantias de segurança. O tempo decorrido após o fechamento do aterro também tem grande influência no tipo de obra recomendado para esses locais. Estudos desenvolvidos por Misgav, Perl, e Avnimelech (2001), recomendam quais atividades podem ser desenvolvidas ao ar livre considerando o tempo decorrido desde o fechamento:

- De 0 a 5 anos - ping-pong; área de pedestres; trilhas; teatros abertos; área de picnics; jardins; gramados; área de equitação; campos; pasto; entre outros;

- De 6 a 10 anos - vias para carros; estacionamento; campos de golfe; playground; acampamento; áreas de recreação; plantações; entre outros;
- De 10 a 20 anos - estradas e estacionamentos; quadras de esportes; campos; área para bicicletas; entre outros;
- Mais de 20 anos - quadras de esportes; rinques de patinação; entre outros.

De acordo com Emberton e Parker (1987), considerando o tempo decorrido após encerramento dos depósitos de resíduos sólidos, eles podem ser classificados em três classes:

- **Classe A:** locais onde ocorre uma grande produção de gás sendo susceptíveis ao recalque e contém depositados recentemente.
- **Classe B:** ainda há algum gás sendo produzido. Normalmente esses aterros contêm resíduos depositados a mais de 10-15 anos, mas não excedendo os 5 a 10m de profundidade.
- **Classe C:** esta categoria inclui locais onde pequenas quantidades de metano estão sendo liberados e não têm o potencial de produzir grandes quantidades nos próximos anos.

## **2.5 Estudo de viabilidade e apoio à tomada de decisão na análise de empreendimentos**

### **2.5.1 Empreendimentos**

Para Limmer (1996), um empreendimento pode ser definido como um projeto com objetivo a ser materializado de acordo com planejamento prévio de todas as suas fases, que vai desde as condições de prazo de execução, custo, qualidade e riscos. A NBR 14653-1 (ABNT, 2001) define empreendimento como “Conjunto de bens capaz de produzir receitas por meio de comercialização ou exploração econômica”. Ainda de acordo com a NBR 14653-4 (ABNT, 2003), Os empreendimentos podem ser divididos e classificados em:

- **Empreendimento de base imobiliária:** Empreendimento em imóvel destinado à exploração de comércio ou serviços;
- **Empreendimento de base industrial:** Empreendimento destinado à transformação industrial;

- **Empreendimento de base mineral:** Empreendimento destinado à extração ou beneficiamento mineral;
- **Empreendimento de base rural:** Empreendimento destinado à exploração das atividades agrícolas e pecuárias; à extração e à exploração vegetal e animal; à transformação de produtos agrícolas ou pecuários, sem que sejam alteradas a composição e as características do produto *in natura*;
- **Empreendimento imobiliário:** Empreendimento em imóvel destinado ao parcelamento do solo ou construção de benfeitorias, com o objetivo de venda das unidades geradas.

Um empreendimento de base imobiliária pode ser de caráter público, privado ou misto. Os empreendimentos públicos são obras de vital importância para a sociedade, pois elas têm como objetivo a melhoria da qualidade de vida da população e atender as demandas sociais. É fundamental que esses empreendimentos sejam executados com toda seriedade pelos órgãos executores e planejadores de empreendimentos públicos, pois o investimento nesse tipo de obra é alto e sua visibilidade maior ainda (TEREZA, 2016). Para o setor público o empreendimento tem a perspectiva de trazer benefícios a sociedade. Antes de sua construção, o órgão responsável deve levantar as suas principais necessidades, definindo as ações para estudos de viabilidade. Também deve ser considerado os futuros usuários do empreendimento, a quem se destina, área de influência, restrições legais e sociais. O estudo de viabilidade no setor público tem a finalidade de apoiar a decisão do gestor na escolha do empreendimento que melhor atenda às necessidades do seu local de implantação, sob o aspecto técnico, ambiental e socioeconômico (TCU, 2013). Em síntese, um empreendimento conduzido pelo setor público priorizará os benefícios sociais, ou um retorno financeiro mais demorado do que admitiria o setor privado (RENDEIRO et al., 2008).

No setor privado, o empreendimento imobiliário assume outra função ou objetivo. O empreendedor no setor privado é orientado pela motivação de maximizar os lucros, é guiado pela lógica do mercado, pelo objetivo de reduzir os custos e assim aumentar a taxa de crescimento (KOCHMANSKI, 2015). Há também o empreendimento misto, que pode ser uma Parceria Público Privada (PPP). A Lei nº 11.079/2004 instituiu a “Lei de PPP”, criando “normas gerais para licitação e

contratação de parceria público-privada no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios” (BRASIL, 2004). A parceria Público-Privada é um contrato de concessão de serviços ou obras públicas, podendo ocorrer de duas formas: patrocinada ou administrativa.

A concessão patrocinada é a concessão de serviços públicos ou de obras públicas em que a remuneração do parceiro privado se dá por meio da tarifa paga pelo usuário, mais a contraprestação pecuniária do poder público. A concessão administrativa é o contrato de prestação de serviços em que a Administração Pública é a usuária direta ou indireta do serviço prestado pela concessionária, ainda que envolva execução de obra ou fornecimento e instalação de bens. Na concessão administrativa, a remuneração da empresa é feita integralmente pelo poder público (MOREIRA *et al.*, 2018, p 246).

Independente do ente responsável pelo empreendimento, é fundamental que se faça o estudo de viabilidade econômica, pois ele é essencial para auxiliar os tomadores decisão e para a sustentabilidade do empreendimento.

### **2.5.2 Estudo de viabilidade e engenharia econômica**

A análise de viabilidade econômica é uma tarefa crucial para sobrevivência de empreendimentos nos mercados em que atuam. Por isso, ao longo do tempo, foram surgindo técnicas que dão suporte à tomada de decisão em relação à alocação, priorização e seleção dos recursos que são limitados (ABENSUR, 2012). Gomes (2014) afirma que essas técnicas produzem respostas quantitativas que subsidiarão a decisão de se implantar ou não o projeto a ser considerado.

A Engenharia econômica, que pode ser entendida como a “disciplina da análise e da mensuração das consequências econômicas das decisões de engenharia” (RENDEIRO *et al.*, 2008, p.136), dispõe de diversos métodos e técnicas que auxiliam na análise de viabilidade econômica.

Os métodos de avaliação econômica envolvem a determinação de todos os custos e benefícios (receitas) diretamente ligados ao empreendimento a ser analisado. Estes valores incidem em tempos distintos ao longo da vida útil do projeto (GOMES, 2014). Além disso, deve ser considerado a duração da análise de projeto, também chamada de horizonte de planejamento. Jadovski (2005) menciona que quanto mais adiante no tempo se busca estimar os custos e receitas, mais

imprecisas serão as estimativas e quanto mais distante no tempo estiverem tais variáveis, menores serão os impactos sobre a avaliação que se faz no tempo presente.

Os custos envolvidos em um empreendimento são, necessariamente, de dois tipos: os custos de implantação (investimento inicial) e os custos de operação: o primeiro diz respeito aos gastos necessários para implantar o projeto, compreendendo a aquisição de equipamentos, gastos com a área física onde o projeto será implantado e outras despesas adicionais, que variam caso a caso. O segundo refere-se aos gastos necessários para o correto funcionamento do empreendimento: água, energia, eletricidade, manutenção dos equipamentos, salário dos funcionários, impostos, ferramentas e outras necessidades básicas (SOBRAL, 2012).

Os custos de implantação, por sua vez, são classificados de duas maneiras: a) custos diretos, que são aqueles que correspondem à aquisição de equipamentos e gastos com obras civis e b) custos indiretos, relativos ao projeto de engenharia, fiscalização de obra, gastos com consultoria e mão de obra, juros e reserva de contingência para cobrir despesas não previstas. Para os custos de implantação, considera-se que estes valores incidem no início de projeto. Possíveis exceções podem existir, por exemplo para projetos que são implantados por etapas, onde esses gastos incidem ao longo do horizonte de planejamento (GOMES, 2014).

Jadovski (2005), assim como foi feito para os custos de implantação, divide os custos de operação em dois tipos: fixos e variáveis. O primeiro tipo corresponde aos gastos que não sofrem alteração ao longo do período de análise: mão de obra, despesas administrativas, manutenção, impostos e outros. Os custos variáveis sofrem alteração devido a variações na operação da usina: gastos com eletricidade, combustível, água, telefone, internet e outros. Esses custos incidem ao longo do horizonte de planejamento, em parcelas mensais ou anuais, a depender da forma da escala de tempo utilizada na análise (GOMES, 2014).

### **3 MÉTODO DE PESQUISA**

Neste capítulo é apresentado os métodos de pesquisa, o delineamento da dissertação e as etapas realizadas para alcançar os objetivo geral e específicos.

#### **3.1 Características Gerais**

A pesquisa científica tem como objetivo conhecer cientificamente um ou mais aspectos de um determinado assunto, e por tanto ela deve ser sistemática, metódica e crítica (PROVDANOV; FREITAS, 2013). Para Zanella (2017), os procedimentos metodológicos desenvolvidos na pesquisa são resultados da forma pelo qual são feitos os questionamentos dos fenômenos e fatos que ocorrem no cotidiano. Portanto, existem várias formas de se conceber um método de pesquisa. Cada tipo possui peculiaridades e procedimentos próprios (PROVDANOV; FREITAS, 2013).

Quanto a classificação da pesquisa científica, ela pode ser feita de quatro maneiras distintas (PROVDANOV; FREITAS, 2013; ZANELLA, 2017): de acordo com a sua natureza, quanto aos seu objetivos, quanto à abordagem e de acordo com os procedimentos empregados para a coleta de dados.

De acordo com as informações apresentadas, esta pesquisa pode ser classificada como de natureza aplicada, pois tem a finalidade de buscar conhecimento científico consolidado para propor soluções de problemas. Considerando seus objetivos, esta pesquisa é classificada como exploratória, visto que tem como meta ampliar o conhecimento sobre uma determinada situação ou fenômeno. Em relação a sua abordagem, pode-se afirmar que se trata de uma pesquisa quantitativa, pois o pesquisador busca medir relações entre variáveis, além de medir e quantificar os resultados da investigação. A respeito da coleta de dados, esta pesquisa é classificada como bibliográfica, visto que os dados para sua realização foram obtidos de fontes secundárias.

### **3.2 Delineamento da pesquisa**

Esta pesquisa está dividida em três fases: Na fase 1 foi realizada a caracterização do local do estudo, descrevendo brevemente seu histórico, estrutura física, impactos ambientais durante sua operação.

Na fase 2 realizou-se pesquisa documental em teses, dissertações, artigos e relatórios técnicos sobre as condições físicas do aterro do Aurá para compreender quais impactos ambientais ainda existem no local, qualidade dos corpos hídricos, características do solo, curvas de nível do terreno e a área total de influência do aterro.

Na fase 3, após estudos e análises teóricas sobre o local de estudo, se apresentou alternativas para a transformação de um passivo ambiental em um ativo imobiliário.

Na fase 4 realizou-se a coleta de dados para a compor os custos de implantação, operação e manutenção das alternativas propostas nesse estudo e assim realizar o estudo de viabilidade econômica.

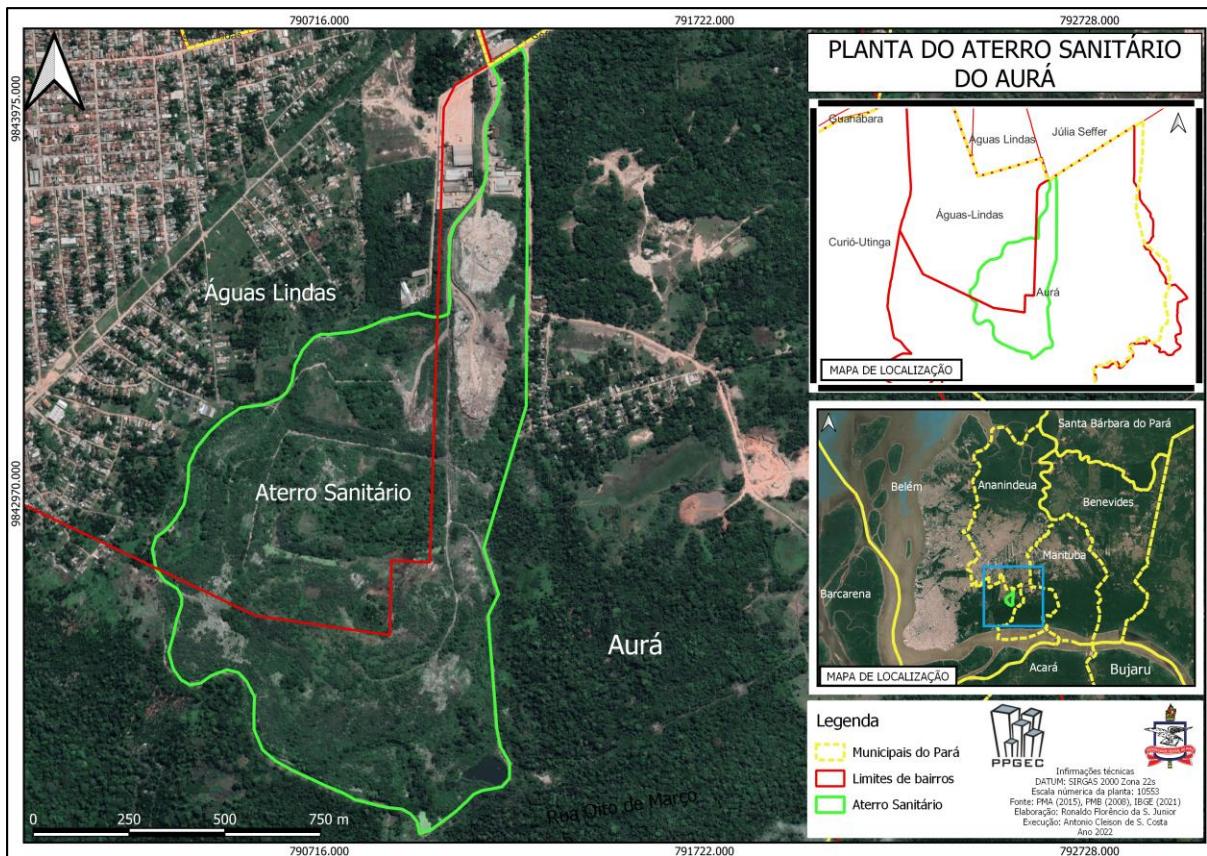
### **3.3 Apresentação do estudo de caso**

#### **3.3.1 Localização**

O local em estudo está situado no bairro do Aurá, na cidade de Belém, capital do Estado do Pará. De acordo com estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), até o ano de 2021, a cidade de Belém possuía 1.506.420 habitantes, sendo a 12º cidade mais populosa do Brasil. O bairro do Aurá abriga atualmente o aterro do Aurá, localizado pelas coordenadas 01º 25' 05" s 48º 23' 13" W. O local está dentro da Área de Proteção Ambiental dos Mananciais de Abastecimento de Água de Belém (APA) e possui aproximadamente 1.000.000 m<sup>2</sup>, porém apenas 200.000 m<sup>2</sup> foram ocupados por resíduos e lagoas de oxidação (MORALES, 2002).

A figura 3.1 apresenta o polígono do Aterro do Aurá. A figura foi extraída do Google Earth do ano de 2022 e posteriormente com a uso do software arcgis se realizou a criação do mapa da área em estudo.

Figura 3.1: Aterro do Aurá



Fonte: Autoria própria

### 3.3.2 Histórico

Em 1984 no bairro de Santana do Aurá foi implantado o complexo de destinação final de resíduos sólidos da cidade de Belém. O local passou a ser o destino final de todo tipo de resíduo, incluindo os hospitalares (DIAS, 2022). Apenas em 1991 foi desenvolvido o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), os quais apontaram que no local deveria funcionar:

- Usina de incineração para resíduos sólidos de serviços de saúde;
- Usina de reciclagem e compostagem;

- Aterro sanitário para receber as cinzas e resíduos da compostagem e incineração.

Porém, por problemas financeiros, a usina de incineração e a de reciclagem e compostagem não foram habilitadas, o que ocasionou uma sobrecarga no espaço destinado ao aterro sanitário, fazendo com que o lugar se tornasse uma fonte pontual e permanente de poluição antropogênica (MORALES, 2002; PINHEIRO, 2018).

Com objetivo de reduzir a sobrecarga do espaço destinado ao aterro sanitário, a usina de incineração foi finalmente habilitada, funcionando até o ano de 1994. Após sua desativação o local passou a receber todo tipo de resíduo doméstico, de construção civil e de serviços de saúde sem qualquer tipo de tratamento (PINHEIRO, 2018). A partir de 1997, houve uma tentativa de implementação de um novo projeto para o local denominado de “Saneamento Ambiental do Complexo de Destino Final dos Resíduos Sólidos do Aurá”, o projeto foi elaborado pela prefeitura de Belém e estava dividido em quatro fases: estudos preliminares, tratamento primário, secundário e terciário. O projeto também previa a implantação de um ciclo temporal de recirculação com inoculação em reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB), com objetivo de fazer o tratamento dos sólidos, líquidos e gases gerados (PMB, 1997). Por rompimento do contrato entre a prefeitura e a empresa contratada para implantação da tecnologia de bioremediação com aterramento celular, o projeto não foi concluído tendo seu encerramento no ano de 2001 (PINHEIRO, 2018).

Entre os anos de 2002 e 2012, houve novas tentativas de usar técnicas adequadas para disposição de resíduos. Foram iniciadas obras para a construção de 11 células, no entanto após o ano de 2012 elas foram unificadas e a disposição dos resíduos passou a ser realizada preservando-se apenas o talude, garantindo condições de estabilidade para a massa de resíduos. A cada camada de disposição se passou a recobrir a massa de resíduos com materiais alternativos provenientes do próprio local, como resíduos de construção, madeira, entre outros (ANDRADE et al., 2015). Por questões de irregularidade no processo de licitação, no ano de 2014 a empresa responsável pela administração do aterro teve seu contrato encerrado e a Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN) assumiu a operação do aterro até os dias atuais (PINHEIRO, 2018).

Em junho de 2015, para atender a determinação da PNRS, e por problemas operacionais, socioambientais e institucionais, o aterro foi finalmente desativado para receber resíduos domiciliares. Cabe ressaltar, que atualmente o local recebe resíduos de construção civil (RCC) e materiais da limpeza e dragagens de canais de drenagem da cidade de Belém (SESAN, 2020).

A Figura 3.2 descreve sucintamente a cronologia do Aterro do Aurá ao longo de seus 31 anos de funcionamento.

Figura 3.2: Cronologia de uso do Aterro do Aurá

1984	1991	1994	1997	2001	2002-2012	2014	2015
Implantação do complexo de destinação final de resíduos sólidos da cidade de Belém	Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)	Habilitação da usina de incineração	Tentativa de implementação de um novo projeto ambientalmente adequado	Rompimento do contrato do novo projeto	construção de 11 células para disposição de RSU	SESAN assume a administração do aterro	Encerramento do Aterro do Aurá

Fonte: Autoria própria

### 3.3.3 Geologia e topografia local

No local em estudo há a predominância de solos do tipo Latossolo amarelo, Concretionário Laterítico, Gley pouco húmico, Podzol Hidromórfico e Areias Quartzosas (VIEIRA; SANTOS, 1987). Estudos realizados por Bahia (2003), nos sedimentos de 5 poços de monitoramento na área em estudo, mostraram que até a profundidade de 20m, a subsuperfície é essencialmente argilosa. Nos poços analisados há a presença de argilas de coloração esverdeada, argilas variegadas com concreções ferruginosas e cinza esbranquiçadas com tons avermelhados. Interpoladas nas argilas existem pacotes de areia média a fina, com espessuras menores do que 2 metros na maioria das vezes (Bahia, 2003).

De acordo com levantamento topográfico realizado pela Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM,2002) a elevação máxima no aterro é de 28 metros e a mínima de 4.44m.

### 3.3.4 Hidrogeologia

Os aquíferos da Região Metropolitana de Belém são compostos pelos sedimentos clásticos arenosos do Quaternário e do Grupo Barreiras, não se estendendo a profundidades superiores a 50m. Após os 50m de profundidade há aquíferos importantes representados por sedimentos arenosos e calcíferos da formação Pirabas (BAHIA; FENZL; MORALES, 2006).

### 3.3.5 Emissão de gases do efeito estufa

Estudos desenvolvidos por Pinheiro (2018), quantificaram as emissões de dióxido de carbonos e metano, existentes no Aterro do Aurá. A pesquisa foi desenvolvida em duas fases:

**Fase 01:** realização de análise qualitativa dos aspectos ambientais do local, como objetivo apresentar as características dos recursos hídricos, ar, paisagem, fauna, flora, além dos problemas sociais e de saúde pública no local de estudo.

**Fase 02:** realização da parte experimental, com o desenvolvimento de 114 câmaras de fluxos, que faziam a captura dos gases através da cobertura de células distintas do aterro. As medidas foram realizadas nos períodos menos chuvosos e os pontos de análise foram localizados através de coordenadas geográficas.

Na fase 01, a autora diagnosticou que grande parte dos impactos ambientais, sociais e a saúde pública são negativos, e que o único efeito positivo foi a redução dos resíduos domésticos, porém esse efeito positivo acaba sendo reduzido por se tratar de um depósito de resíduos que sempre funcionou de forma ilegal. A ausência de impermeabilização e sistema de drenagem são aspectos que contribuem para a geração de impactos nos meios físico, antrópico, além dos prejuízos a fauna e a flora local.

Os resultados da análise de emissão de metano apresentaram baixos fluxos quando comparados a outros estudos desenvolvidos em aterros sanitários. Já para os fluxos de dióxido de carbono, os resultados acompanham o comportamento esperado para locais com resíduos depositados a bastante tempo. A autora destaca ainda que, o processo de degradação de matéria orgânica ainda continua existindo, e que sem drenagem e impermeabilização, a formação de lixiviados continuará a causar graves impactos nas áreas vizinhas.

### 3.3.6 Qualidade das águas subterrâneas

Estudos realizados por Campelo *et al.* (2015), analisaram a presença de contaminação nos corpos hídricos subterrâneos nas comunidades do Abacatal e Santana do Aurá, ambas distantes aproximadamente 2km da área do aterro do Aurá. Foram selecionados 11 pontos para coleta de água na comunidade do Abacatal e 9 pontos em Santana do Aurá. Os valores encontrados foram analisados com base nos valores de referência da Portaria nº 2.914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde. Na comunidade do Abacatal, 90,01% das amostras apresentaram coliformes termotolerantes totais, e 9,09% coliformes totais, apresentando condições impróprias para consumo. Os valores de PH de todos os pontos encontram-se fora da faixa recomendada. Em Santana do Aurá, 75% das amostras apresentaram coliformes termotolerantes totais, oferecendo condições impróprias para consumo humano. E 25% apresentaram condições de consumo humano. Os valores do pH de todos os pontos de amostragem estão abaixo da faixa recomendada.

Siqueira e Aprile (2017), analisaram o aporte antropogênico de elementos metálicos na bacia do rio Aurá, que encontra-se em degradação ambiental influenciado diretamente pela presença do Aterro do Aurá. A bacia do rio Aurá é importante, pois contribui para o abastecimento de água para a Região Metropolitana de Belém. Os estudos apontaram que a principal fonte de contaminação da bacia do Aurá são os rejeitos e efluentes provenientes do Aterro. A água e os sedimentos estão contaminados em diferentes graus, a qualidade da água superficial varia de regular a péssimo, e os sedimentos apresentaram elevada acumulação metálica, principalmente por cádmio.

## 4 RESULTADOS

As condições de contorno é uma etapa fundamental para o modelamento de projetos de engenharia, e, portanto, a consideração de alguns aspectos e características do objeto de estudo se tornam relevantes para a elaboração de projetos ou sugestões/alternativas para a resolução de problemas.

Os estudos desenvolvidos por Pirataoba (2002), que identificou a área total de influência do Aterro, as análises de Bahia (2003) e CODEM(2022), que realizou a caracterização da geologia e topografia local, Pinheiro (2018) que quantificou as

emissões de dióxido de carbonos e metano e Campelo et al. (2015), que analisaram a qualidade das águas subterrâneas, auxiliaram na compreensão das condições do local de estudo, assim propor as alternativas considerando as características específicas do aterro. Abaixo é descrito resumidamente os valores encontrados em cada um dos estudos mencionados.

**Área total:** 1.011.442,55m<sup>2</sup>

**Geologia:** subsuperfície essencialmente argilosa até a profundidade de 20 metros

**Topografia:** Elevação máxima de 28 metros e mínima de 4,44m.

**Pluviosidade:** média anual de 2085 mm.

**Emissão de metano e dióxido de carbono:** baixo fluxo quando comparados a outros estudos desenvolvidos em aterros sanitários.

**Águas subterrâneas:** imprópria para consumo humano.

#### **4.1 Estudo de viabilidade para as alternativas propostas**

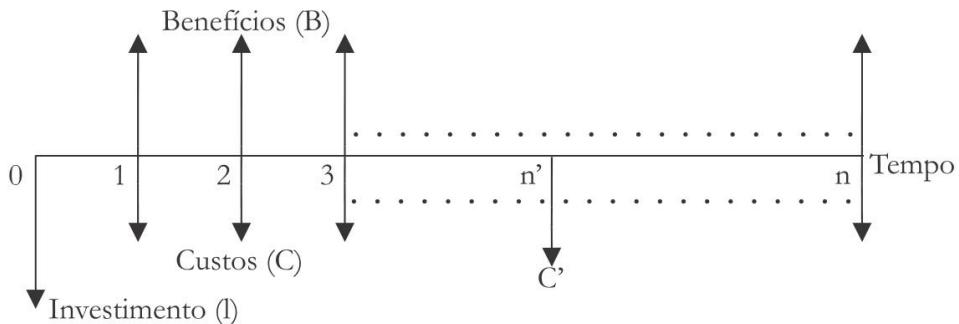
Com objetivo de analisar a viabilidade econômica das alternativas propostas, verificar o tempo de retorno dos investimentos e verificar se o empreendimento pode ser, ou não, viável, serão utilizadas as ferramentas da Engenharia Econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno e *Payback*.

Por tanto, o estudo está dividido em cinco etapas: (i) custos para o investimento inicial, (ii) cálculo dos custos de operação dos empreendimentos, (iii) cálculo da receita bruta anual, (iv) cálculo do fluxo de caixa e obtenção da receita líquida anual e (v) verificação da viabilidade econômica e cálculo dos indicadores financeiros.

Os métodos tradicionais de análise de investimentos baseiam-se nas estimativas do fluxo de caixa, que consiste em representar, de maneira simplificada, as receitas e as despesas envolvidas no projeto ao longo do horizonte de planejamento. Na representação gráfica (figura 4.1), os vetores orientados para cima representam os benefícios (receitas) do projeto, enquanto os vetores orientados para baixo representam os custos (implantação e operação). O investimento inicial incide no instante t=0, enquanto que as demais receitas e gastos incidem no final dos

períodos considerados. De modo geral, o fluxo de caixa reflete o resultado líquido das entradas menos as saídas previstas no projeto (ABENSUR, 2012; GOMES, 2014).

Figura 4.1: diagrama de fluxo de caixa



Fonte: GOMES (2014)

Os métodos ou indicadores mais utilizados em um estudo de viabilidade econômica e que serão aplicados a esta pesquisa são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Tempo de Retorno de Capital (*Payback*).

O Valor Presente Líquido (VPL) representa a diferença entre as receitas e os custos envolvidos no projeto. Se diz “valor presente”, haja vista que tanto os custos quanto as receitas que incidem ao longo do tempo de análise são convertidos em valores presentes, no instante zero (GOMES, 2014). A equação 2.1 representa a forma de cálculo do VPL.

$$VPL = -V_0 + \sum_{t=1}^n \left( \frac{FC}{(1+i)^t} \right) \quad (2.1)$$

Onde:

FC: fluxo de caixa;

$V_0$ : investimento inicial;

$i$ : taxa de juros, geralmente chamada de Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que corresponde à rentabilidade mínima exigida dos investimentos aplicados no empreendimento (SOBRAL, 2012).

$n$ : período de tempo (meses ou anos);

Na análise de Valor Presente Líquido, a alternativa que oferecer o maior VPL é considerada a mais atrativa. No geral, quando o VPL é maior que zero, significa

dizer que os benefícios são maiores que os custos e investimentos, sendo, portanto, o projeto economicamente viável. Se o VPL apresenta valores negativos, os custos e investimentos são maiores que os benefícios, inviabilizando financeiramente o projeto. Quando o VPL é igual a zero, a análise considera o projeto como indiferente (SOBRAL, 2012).

A Taxa Interna de Retorno (TIR) corresponde a taxa de juros que zera o Valor Presente Líquido (VPL), portanto igualando os valores presentes dos custos e receitas. Para calcular a TIR, Gomes (2014) orienta a calcular a VPL para taxas crescentes de juros e verificar qual valor de taxa corresponde a VPL igual a zero. Sobral (2012) orienta a utilização da equação 2.1, mostrada acima, igualando o VPL a zero e substituindo  $i$  por TIR. Esse indicador é um dos mais apreciados pelos analistas financeiros pois permite medir a rentabilidade de um empreendimento somente comparando a TIR com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA):

$TIR > TMA \rightarrow$  projeto atrativo

$TIR = TMA \rightarrow$  indiferente

$TIR < TMA \rightarrow$  projeto não atrativo

O Tempo de Retorno de Capital, ou *Payback*, consiste no tempo necessário para recuperar o investimento feito ao projeto. Seu cálculo é feito da seguinte maneira: (i) se as entradas líquidas de caixa forem constantes, bastará dividir o valor do investimento inicial pelas entradas anuais de caixa ou (ii) se as entradas líquidas forem variáveis, elas deverão ser acumuladas até se recuperar o valor investido, apurando-se o prazo de retorno (ABENSUR, 2012).

Considerando as recomendações dos estudos desenvolvidos por Misgav, Perl e Avnimelech (2001), sobre quais atividades podem ser desenvolvidas em aterros considerando o tempo desde seu encerramento, a seguir serão expostas as alternativas sugeridas para cada uma das alternativas propostas assim como seus respectivos estudos de viabilidade.

#### **4.1.1 Alternativa 1: Usina solar fotovoltaica**

Por apresentar uma área extensa de aproximadamente 1.000.000 de m<sup>2</sup>, a primeira proposta é a implantação de uma fazenda solar fotovoltaica conectada à rede elétrica. A Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, da Agência

Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, estabelece o limite de minigeração distribuída em uma potência de conexão com a rede da concessionária de no máximo 5MW. De acordo com regras da ANEEL, no Brasil ainda não é permitido vender energia solar direto para concessionária de energia. Para a comercialização de energia solar com produção entre 5MW e 3MW, o produtor deve associar-se a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) para vender aos consumidores do mercado livre ou alugar os equipamentos para consumidores cativos.

A usina proposta terá a potência de 5MW. Considerando os trabalhos desenvolvidos por Schuina (2021) e Pellegrini (2019), o empreendimento é analisado considerando um horizonte de 25 anos, que é o tempo médio de vida útil do Kit de Energia Solar, segundo dados da Revista Canal Solar.

#### **4.1.1.1 Investimento inicial**

Para o cálculo do investimento inicial, se considerou os diversos itens que compõem os custos para a implantação do projeto como estudos preliminares, licenciamento, todos os equipamentos e a conexão à rede de transmissão. A tabela 4.1 descreve todos os itens necessários à implantação da usina solar fotovoltaica e os custos de cada item.

Tabela 4.1: Custos de implantação – Usina solar

<b>Itens necessários</b>	<b>Custo dos equipamentos</b>
Módulos fotovoltaicos	R\$ 8.928.246,1
Inversores	R\$ 1.088.810,5
Estruturas de fixação	R\$ 4.137.479,9
Equipamentos auxiliares e serviços de montagem	R\$ 6.315.100,9
Conexão à rede	R\$ 762.1.7,35
Projeto, estudos e licenciamento	R\$ 544.405,25
Valor total	R\$ 21.776.212,00

Fonte: Autoria própria

A coleta de dados para a composição do custo dos itens para a implantação da usina foi realizada em 01/09/2022, junto a uma empresa paraense que trabalha no ramo de energia sustentável e renovável desde o ano de 2015, e tem experiência na implantação de grandes plantas de usina solar. Por motivos de sigilo a empresa não autorizou a divulgação do seu nome. Conhecendo a legislação que, limita a

usina a 5MW, então se solicitou a empresa quais equipamentos seriam necessários para a usina almejada, valor dos itens e os serviços básicos. Como a referida empresa já possui experiência e histórico da implantação de usinas solares de 5MW, então foi fornecido os dados de seu último projeto elaborado no ano de 2022 para um supermercado na Região Metropolitana de Belém. A área mínima necessária para a implantação é de 65.000m<sup>2</sup>. É importante ressaltar que, os dados somente foram fornecidos, pois o pesquisador conhece os responsáveis pela elaboração dos projetos e orçamentos desde o ano de 2018 e também garantiu sigilo absoluto das fontes.

Levando-se em conta os custos dos os itens e serviços necessários para o investimento inicial de uma usina deste porte, chegou-se a somatória de R\$ 21.776.2012,00.

Os equipamentos utilizados para estimar o valor do investimento inicial, e as marcas de cada equipamento, também foram fornecidos pela mesma empresa consultada e são descritos abaixo.

#### 4.1.1.1.1 Módulos solares

O módulo solar utilizado no estudo foi o da fabricante JINKO 156 Células 465W Mono (figura 4.1), eficiência de 20,71% e dimensões de 2182x1029x40 (mm).

Figura 4.2: Módulo solar



Fonte: Alibaba (2021)

#### 4.1.1.1.2 Inversores

Por se tratar de um investimento a longo prazo, é fundamental contar com empresas com bastante tempo e experiência no mercado, visto que é indispensável que daqui a alguns anos a empresa ainda esteja no mercado para prestar assistência, caso necessário. O inversor utilizado nesse estudo foi o GROWATT 7000-8000 MTL-S (figura 4.2), da marca GROWATT que está presente em mais de 160 países ao redor do mundo.

Figura 4.3: Inversor MTL-S

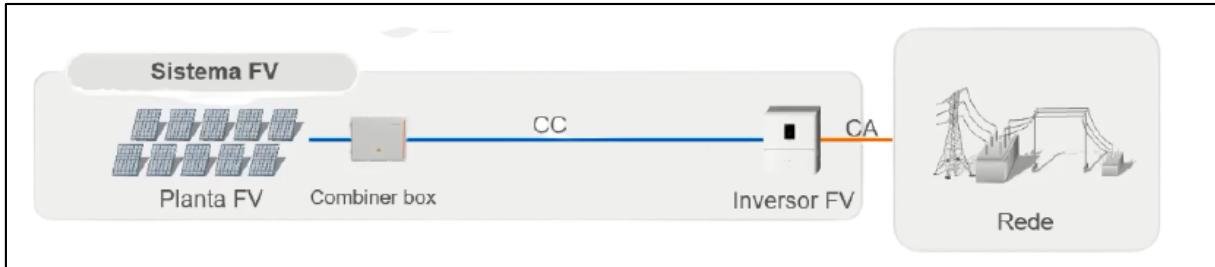


Fonte: ginverte (2022)

#### 4.1.1.1.3 Topologia da usina

De acordo com Schuina (2021), há dois tipos de topologia para usinas fotovoltaicas: a usina centralizada e a descentralizada. Na centralizada (figura 4.3), os inversores ficam todos localizados em um ponto central da usina ao lado dos transformadores, e os cabos que saem dos módulos são levados a uma Combiner Box. Na saída da combiner box os cabos são levados em corrente contínua até o inversor onde será convertida em corrente alternada.

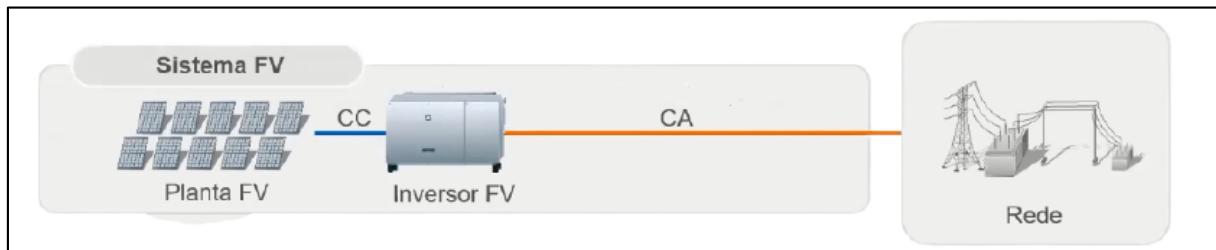
Figura 4.4: Tipologia de usina do tipo centralizada



Fonte: Sungrow (2021)

Na topologia descentralizada (figura 4.4), o inversor fica próximo dos módulos e a distribuição dos cabos pela usina até os transformadores são feitas em corrente alternada. A vantagem dessa tipologia é redução do número de cabos necessários e não utilização da combiner box que geraria um custo a mais de implantação, porém esse sistema apresenta a menor performance e geração de energia um pouco menor.

Figura 4.5: Tipologia de usina do tipo descentralizado



Fonte: Sungrow (2021)

Para o estudo será considerado a tipologia centralizada, pois segundo Schuina (2021), esse sistema é de fácil manutenção e apresenta menores perdas totais.

#### 4.1.1.1.4 Estrutura de fixação dos módulos

Existem dois tipos de estruturas de fixação: a fixa em que os módulos são dispostos em uma mesa com inclinação fixa, e a estrutura Tracker (seguidor solar) que possibilita um aumento de produção, pois ela permite que os módulos acompanhem a mudança na direção dos raios solares ao longo do dia. Considerando o trabalho de Schuina (2021), a estrutura escolhida foi do tipo Tracker da Alion Energy (figura 4.5).

Figura 4.6: Estrutura de fixação Tracker



Fonte: Solstício energia (2019)

#### 4.1.1.1.5 Potência da usina

A usina proposta terá como objetivo produzir o maior potencial possível de geração de energia permitido por lei, conforme determina a Resolução Normativa 482, a potência máxima de conexão com rede da concessionária é de 5MW.

A tabela 4.2 descreve os dados técnicos em forma de tabela da usina solar fornecidos pela empresa consultada.

Tabela 4.2: Dados técnicos - Usina solar

Dados técnicos - Usina Solar
Porte da usina : 5 MW (REN 482 de 2012 e PL 14.300 de 2022)
Área necessária: 65.000 m <sup>2</sup>
Tempo de obra: 5 meses
Vida útil do sistema: 25 anos
Produção média mensal: 558.463,14 KWh/mês ou 558,4 Mwh/mês
Produção média anual: 6.701.557,68 KWh/ano
Potência do sistema: 5022,00 KWP
Demandar a contratar 570 W

Fonte: Autoria própria

A demanda a contratar é exigida para quem deseja trabalhar com a locação de equipamentos de energia solar, pois de acordo com Projeto de Lei 14.300 de 2022, a troca ou compensação de energia elétrica, somente pode ser realizada entre unidades consumidoras. Quando a usina contrata uma demanda, ela passa a funcionar como unidade consumidora passando a se enquadrar nas recomendações legais.

#### 4.1.1.2 Custo de operação e manutenção

Os custos de operação e manutenção, referem-se aos gastos anuais necessários para manter as atividades comerciais da usina durante o período de 25 anos de funcionamento. A tabela 4.3 detalha as despesas segregadas anualmente.

Tabela 4.3: Custos de operação anual – Usina solar

Serviço de operação e manutenção	Custo dos serviços
Manutenção corretiva e preventiva	R\$ 252.720,00
Monitoramento e telecomunicações	R\$ 25.920,00
Segurança	R\$ 29.160,00
Seguro operacional	R\$ 16.200,00
Tarifa pelo uso dos Sistema de Distribuição (TUSD)	R\$ 476.493,89
Depreciações	R\$ 287.445,97
Total	R\$ 1.248.337,86

Fonte: Autoria própria

Os gastos operacionais garantem o bom funcionamento do empreendimento. Os gastos com Manutenção corretiva e preventiva, Monitoramento e telecomunicações, Segurança, Seguro operacional, Tarifa pelo uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e depreciações representam respectivamente 20%, 2%, 2%, 1%, 38% e 23% do custo anual de operação e manutenção do empreendimento. A

demanda contratada tem um grande impacto sobre o custo de operação e manutenção, pois de acordo com tabela tarifária da companhia elétrica Equatorial Pará, o valor cobrado a cada kwh contratado é de R\$ 23,45 (Equatorial Pará,2022).

#### **4.1.1.2.1.1 Cenário de referencia**

Definido os custos de implantação, operação e manutenção da usina fotovoltaica, realizou-se a análise do fluxo de caixa ao longo do tempo e assim foi possível obter os retornos da usina para o cenário de referência.

Tendo como base os trabalhos de Schuina (2021) e Pellegrini (2019), para compor o fluxo de caixa será adotado o Índice Geral de Preços - Mercado (IGP-M), atualmente em 8,59%, para a taxa de crescimento anual da receita bruta. Para a taxa anual de crescimento dos custos de operação e manutenção, será adotado o IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo, atualmente em 8,73%.

De acordo com Pellegrini (2019), empreendimentos dessa natureza devem ter seus inversores substituídos a cada 8 anos e os módulos a cada 25 anos. Considerando as taxas dos trabalhos consultados, a cada 8 anos o investidor terá que reinvestir R\$ 1.088.810,50 para garantir o funcionamento adequado do empreendimento.

A taxa de depreciação dos inversores é de 10% ao ano e dos módulos solares de 2% ao ano (GREENER, 2022; MANDELLI, 2017). Considerados os trabalhos consultados, a depreciação anual calculada que compõe os custos de operação e manutenção foi de R\$ 287.445,97.

Para o cálculo da receita bruta anual foi realizada pesquisa de mercado referente aos planos de negócio praticados para aluguel de equipamentos de energia solar para o consumidor final. De acordo com Schuina (2021), o modelo de aluguel de equipamentos é realizado conforme a tabela 4.4.

Tabela 4.4: Estimativa do preço de aluguel

<b>Estimativa de preço de aluguel</b>	
Tarifa atual com impostos: R\$ 0,8789	Geração mensal (Mwh) mês: 558.463,14
Aluguel aplicando a taxa de desconto de 15%	
Renda bruta mensal	R\$ 417.208,27
Renda bruta anual	R\$ 5.006.499,28

Fonte: Autoria própria

O plano de negócio desse empreendimento é voltado para consumidores do grupo B comercial, pois estes são consumidores que frequentemente possuem um grande consumo de energia e por vezes não possuem espaço para implementação de uma usina solar de grande porte.

O modelo de negócio é considerado geração compartilhada, pois após a REN 687 se instituiu essa modalidade que permite ao consumidor final não ser o detentor da propriedade da usina, que pertence a um investidor ou empresa, assim, o consumidor final tem acesso a um sistema de geração sem necessidade de investimento, pagando um valor fixo pela locação, em geral, inferior ao valor da fatura de energia da distribuidora.

Para se estimar o valor do aluguel dos equipamentos, o valor da tarifa, com impostos, é multiplicado pela geração em Mwh mensal do sistema solar. Posteriormente aplica-se uma taxa de desconto, que segundo Greener (2022) e Schuina (2021), atualmente essa taxa varia entre 10% e 20% no mercado. Nesse trabalho adotou-se a taxa de 15%, taxa utilizada nos trabalhos de Schuína (2021) e Pellegrini (2019).

De posse desses valores e da quantidade de energia gerada na usina, foi possível definir a receita bruta anual no valor de R\$ R\$ 5.006.499,28.

Os impostos sobre vendas são aqueles cobrados sobre o produto ou serviço comercializado, podendo ter incidência federal, estadual ou municipal. No caso da venda de energia dentro do modelo de geração compartilhada o imposto considerado foi o ICMS de 25% praticado no Estado do Pará.

O cálculo do fluxo de caixa e a consequente obtenção da receita líquida anual é feito descontando da receita bruta anual os custos de operação e os impostos que incidem sobre a receita. Portanto a diferença entre a receita líquida e os custos de operação gerou os fluxos de caixa no horizonte de tempo proposto no projeto. O saldo anual, que é o quanto a empresa tem disponível de dinheiro, foi calculado subtraindo os custos de operação e manutenção da receita líquida. A tabela 4.5 ilustra o fluxo de caixa durante o período de funcionamento do projeto.

Tabela 4.5: Fluxo de caixa do empreendimento

Ano	Período	Receita Bruta Anual	Receita Líquida	Custo de Implantação e Operação	Saldo
2023	0			R\$ 21.776.210,00	-R\$ 21.776.210,00
2024	1	R\$ 5.006.499,28	R\$ 3.754.874,46	R\$ 324.000,00	R\$ 3.430.874,46
2025	2	R\$ 5.436.557,56	R\$ 4.077.418,17	R\$ 352.285,20	R\$ 3.725.132,97
2026	3	R\$ 5.903.557,86	R\$ 4.427.668,39	R\$ 383.039,70	R\$ 4.044.628,70
2027	4	R\$ 6.410.673,48	R\$ 4.808.005,11	R\$ 416.479,06	R\$ 4.391.526,05
2028	5	R\$ 6.961.350,33	R\$ 5.221.012,75	R\$ 452.837,69	R\$ 4.768.175,06
2029	6	R\$ 7.559.330,32	R\$ 5.669.497,74	R\$ 492.370,42	R\$ 5.177.127,33
2030	7	R\$ 8.208.676,80	R\$ 6.156.507,60	R\$ 535.354,35	R\$ 5.621.153,25
2031	8	R\$ 8.913.802,14	R\$ 6.685.351,60	R\$ 1.670.901,29	R\$ 5.014.450,31
2032	9	R\$ 9.679.497,74	R\$ 7.259.623,30	R\$ 1.816.770,97	R\$ 5.442.852,33
2033	10	R\$ 10.510.966,59	R\$ 7.883.224,95	R\$ 1.975.375,08	R\$ 5.907.849,87
2034	11	R\$ 11.413.858,63	R\$ 8.560.393,97	R\$ 2.147.825,32	R\$ 6.412.568,65
2035	12	R\$ 12.394.309,08	R\$ 9.295.731,81	R\$ 2.335.330,47	R\$ 6.960.401,34
2036	13	R\$ 13.458.980,23	R\$ 10.094.235,17	R\$ 2.539.204,82	R\$ 7.555.030,35
2037	14	R\$ 14.615.106,63	R\$ 10.961.329,97	R\$ 2.760.877,40	R\$ 8.200.452,57
2038	15	R\$ 15.870.544,29	R\$ 11.902.908,22	R\$ 3.001.902,00	R\$ 8.901.006,22
2039	16	R\$ 17.233.824,05	R\$ 12.925.368,04	R\$ 4.352.778,54	R\$ 8.572.589,49
2040	17	R\$ 18.714.209,53	R\$ 14.035.657,15	R\$ 4.732.776,11	R\$ 9.302.881,04
2041	18	R\$ 20.321.760,13	R\$ 15.241.320,10	R\$ 5.145.947,47	R\$ 10.095.372,63
2042	19	R\$ 22.067.399,33	R\$ 16.550.549,50	R\$ 5.595.188,68	R\$ 10.955.360,82
2043	20	R\$ 23.962.988,93	R\$ 17.972.241,70	R\$ 6.083.648,65	R\$ 11.888.593,05
2044	21	R\$ 26.021.409,68	R\$ 19.516.057,26	R\$ 6.614.751,18	R\$ 12.901.306,08
2045	22	R\$ 28.256.648,77	R\$ 21.192.486,58	R\$ 7.192.218,96	R\$ 14.000.267,62
2046	23	R\$ 30.683.894,90	R\$ 23.012.921,17	R\$ 7.820.099,67	R\$ 15.192.821,50
2047	24	R\$ 33.319.641,47	R\$ 24.989.731,10	R\$ 8.502.794,37	R\$ 16.486.936,73
2048	25	R\$ 36.181.798,67	R\$ 27.136.349,01	R\$ 9.245.088,32	R\$ 17.891.260,69

Fonte: Autoria própria

Os valores encontrados na tabela 4.5 são importantes, pois foram usados na análise de viabilidade econômico financeira do projeto e por meio da análise permitiu-se diagnosticar se a proposta é viável ou não.

Com os valores encontrados na tabela 4.5, tornou-se possível calcular o Valor Presente – VP para cada ano, no período de 25 anos do empreendimento. Para esse cálculo adotou-se uma taxa de desconto de 12,22% com base nos trabalhos de Damodaran (2022).

A tabela 4.6 a seguir, mostra os valores obtidos para o valor presente e para o valor presente acumulado.

Tabela 4.6: Valor presente e valor presente acumulado

Ano	Período	VP	VP acumulado
2023	0	-R\$ 21.776.210,00	-R\$ 21.776.210,00
2024	1	R\$ 3.063.280,77	-R\$ 18.712.929,23
2025	2	R\$ 2.969.653,20	-R\$ 15.743.276,04
2026	3	R\$ 2.878.886,82	-R\$ 12.864.389,22
2027	4	R\$ 2.790.894,19	-R\$ 10.073.495,03
2028	5	R\$ 2.705.590,58	-R\$ 7.367.904,44
2029	6	R\$ 2.622.893,82	-R\$ 4.745.010,62
2030	7	R\$ 2.542.724,26	-R\$ 2.202.286,36
2031	8	R\$ 2.025.252,38	-R\$ 177.033,98
2032	9	R\$ 1.962.747,12	R\$ 1.785.713,13
2033	10	R\$ 1.902.169,54	R\$ 3.687.882,68
2034	11	R\$ 1.843.460,25	R\$ 5.531.342,93
2035	12	R\$ 1.786.561,66	R\$ 7.317.904,59
2036	13	R\$ 1.731.417,96	R\$ 9.049.322,55
2037	14	R\$ 1.677.975,07	R\$ 10.727.297,62
2038	15	R\$ 1.626.180,56	R\$ 12.353.478,18
2039	16	R\$ 1.398.375,04	R\$ 13.751.853,22
2040	17	R\$ 1.354.911,98	R\$ 15.106.765,20
2041	18	R\$ 1.312.798,12	R\$ 16.419.563,32
2042	19	R\$ 1.271.991,63	R\$ 17.691.554,96
2043	20	R\$ 1.232.451,98	R\$ 18.924.006,94
2044	21	R\$ 1.194.139,88	R\$ 20.118.146,82
2045	22	R\$ 1.157.017,26	R\$ 21.275.164,08
2046	23	R\$ 1.121.047,24	R\$ 22.396.211,32
2047	24	R\$ 1.086.194,07	R\$ 23.482.405,39
2048	25	R\$ 1.052.423,11	R\$ 24.534.828,50

Fonte: Autoria própria

Ao obter o fluxo de caixa deste estudo, analisou-se a viabilidade econômica do projeto através dos seguintes indicadores financeiros: Valor Presente Líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), e tempo de retorno do investimento (*Payback*).

A tabela 4.7 resume os valores encontrados em cada um dos indicadores citados acima.

Tabela 4.7: Indicadores financeiros

<b>VPL</b>	<b>R\$ 24.692.390,93</b>
<b>TIR</b>	<b>22%</b>
<b>Payback</b>	<b>8 anos e 5 meses</b>

Fonte: Autoria própria

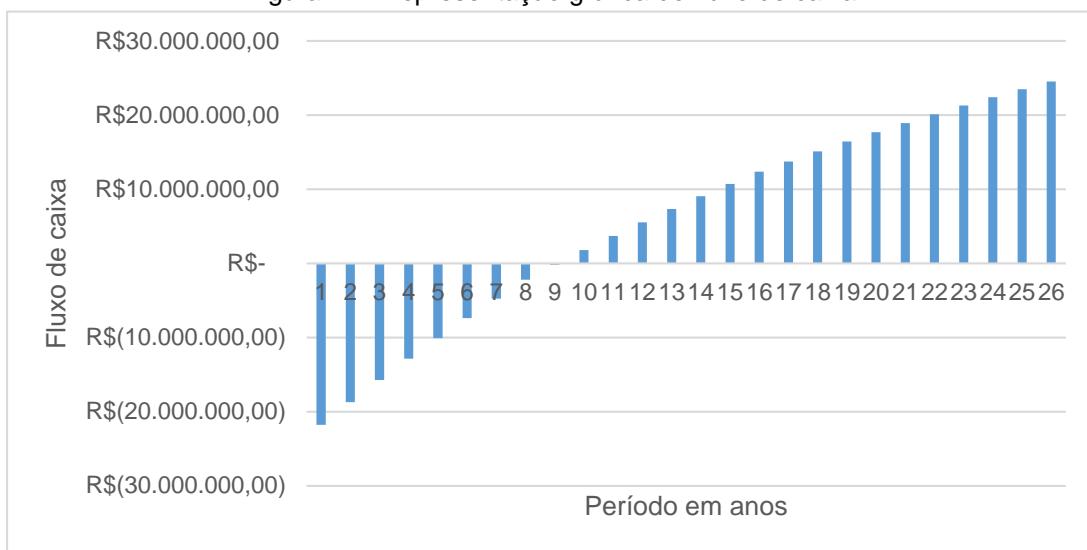
É importante destacar que os indicadores financeiros ilustram a viabilidade econômica do projeto. O VPL positivo, encontrado no valor de R\$ 24.692.390,93, indica que os ganhos projetados excedem os custos previstos, ou seja, o investimento será lucrativo.

Com os valores do VPL, o horizonte de tempo e os custos de implantação do projeto, calculou-se a taxa interna de retorno – TIR. A TIR obtida pelo investimento é de 22% ao ano, demonstrando que o investimento é promissor, pois este retorno é maior que a taxa de 12,22% adotada.

O Payback é um indicador usado para calcular o período de retorno de investimento em um projeto. Para o empreendimento em estudo, o tempo de retorno foi de 8 anos e 5 meses, valores muito próximos ao encontrados nos trabalhos de Schuina (2021) e Pellegrini (2019).

Na figura 4.7 é possível ver a representação gráfica do fluxo de caixa anual para os 25 anos de funcionamento da usina.

Figura 4.7. Representação gráfica do fluxo de caixa



Fonte: Autoria própria

Analizando a figura é possível perceber também que, em pouco mais de 8 anos, haverá um retorno financeiro do valor investido inicialmente. O empreendimento continuará gerando receita por mais 17 anos, visto que as placas possuem uma vida útil de 25 anos.

#### **4.1.1.2.2 Cenário otimista**

Para o cenário otimista se considera que a taxa de crescimento da receita ao longo dos 25 anos de funcionamento do empreendimento seja 50% maior do que a taxa utilizada no cenário de referência. Assim sendo, a nova taxa de crescimento das receitas adotada será de 12,88%.

A tabela 4.8 resume os valores encontrados em cada um dos indicadores citados acima considerando a taxa de 12,88%.

Tabela 4.8: Indicadores financeiros

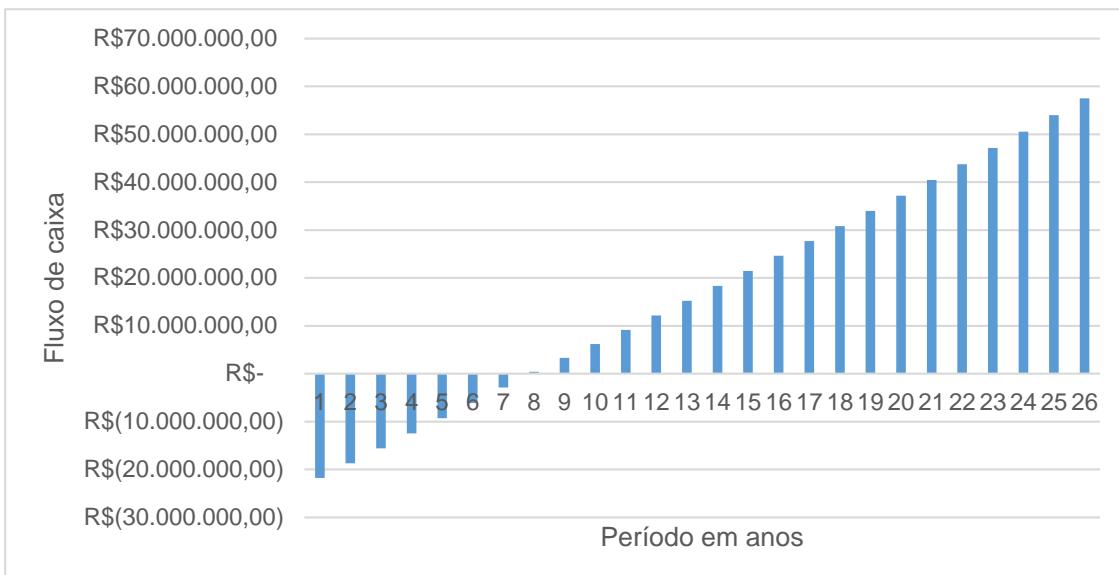
<b>VPL</b>	<b>R\$ 57.624.604,53</b>
<b>TIR</b>	<b>27%</b>
<b>Payback</b>	<b>7 anos em 1 mês</b>

Fonte: Autoria própria

Com um aumento 50% maior da taxa de crescimento da receita, o VPL apresenta um expressivo crescimento, passando de R\$ 24.692.390,93 para R\$ 57.624.604,53, um aumento de cerca de 133% em relação ao valor anterior. A taxa interna de retorno, antes em 22%, passa a ser de 27%. O tempo de retorno do empreendimento é reduzido de 8 anos e 5 meses para 7 anos e 1 mês. O cenário otimista demonstra que o aumento das receitas tem grande impacto positivo nos indicadores financeiros. O indicador que apresentou maior variação positiva em relação ao cenário de referência foi o VPL e o a taxa interna de retorno, já a tempo de retorno do empreendimento não sofreu grande variação, se comparados aos outros indicadores.

A figura 4.8 ilustra graficamente o fluxo de caixa para o cenário otimista.

Figura 4.8: Representação gráfica do fluxo de caixa



Fonte: Autoria própria

O tempo de retorno para esse cenário é muito próximo ao trabalho de Schuina (2021) que teve seu tempo de retorno entre 7 e 8 anos.

#### 4.1.1.2.3 Cenário pessimista

Para o cenário pessimista se considera que a taxa de crescimento das despesas ao longo dos 25 anos de funcionamento do empreendimento seja 50% maior do que a taxa utilizada no cenário de referência. Assim sendo, a nova taxa de crescimento das receitas adotada será de 13,09%.

A tabela 4.9 resume os valores encontrados em cada um dos indicadores citados acima considerando a taxa adotada para o cenário pessimista.

Tabela 4.9: Indicadores financeiros

<b>VPL</b>	R\$ 19.058.264,18
<b>TIR</b>	21%
<b>Payback</b>	8 anos e 3 meses

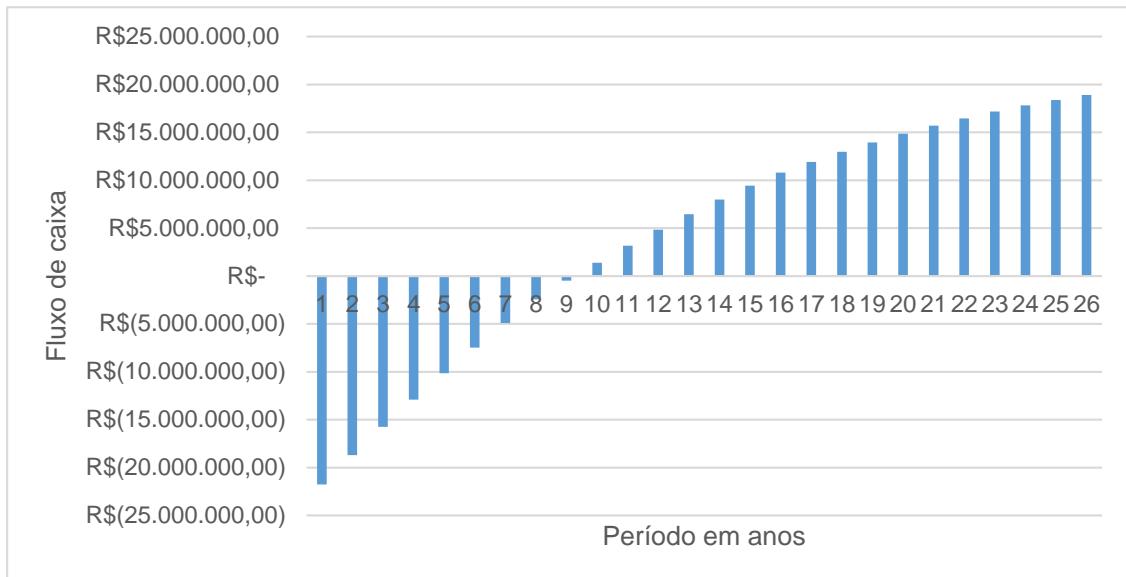
Fonte: Autoria própria

Com um aumento de 50% na taxa de crescimento dos custos operacionais, há uma redução do VPL, passando de R\$ 24.692.390,93 para R\$ 19.058.264,18 uma redução de 22,82% em relação ao valor anterior. A taxa interna de retorno apresentou uma leve redução, passando dos 22% anterior, para 21%. O tempo de retorno do empreendimento também é pouco afetado quando se considera um

aumento percentual da taxa dos custos operacionais, passando de 8 anos e 5 meses para 8 anos e 3 meses.

A figura 4.9 ilustra graficamente o fluxo de caixa para o cenário pessimista.

Figura 4.9: Representação gráfica do fluxo de caixa



Fonte: Autoria própria

#### 4.1.1.3 Conclusões alternativa 01

Por meio da metodologia apresentada foi possível atingir os objetivos propostos, e assim demonstrar a viabilidade econômica de um projeto de grande porte para uma usina solar fotovoltaica de 5MWp. Para o cenário de referência os resultados financeiros foram bem atrativos, sendo o VPL no valor de R\$ 24.692.390,93, a TIR foi de 22% ao ano e o payback em 8 anos e 5 meses. Para o cenário otimista, quando se considera aumento em 50% da receita, os indicadores financeiros foram igualmente positivos. Destaque para o VPL, que foi o que mais sofreu variação com a nova taxa, tendo um aumento de 133% em relação ao cenário de referência. Para o cenário pessimista, onde há aumento em 50% na taxa de crescimentos dos custos de operação e manutenção, os indicadores ainda se mantiveram positivos. Novamente, o indicador que mais sofreu variação foi o VPL com uma redução de 22,8% se comparado ao cenário de referência.

É importante salientar que, para simplificação do estudo não foi considerado empréstimos a instituições financeiras em nenhum dos cenários.

Com base nos estudos que nortearam esse trabalho, destaca-se que o empreendimento em questão é um projeto complexo, pois apesar do avanço da regulamentação sobre geração de energia solar no Brasil, ainda há uma grande insegurança jurídica. Alguns Estados ainda não criaram suas próprias legislações sobre o assunto gerando certa desconfiança no investidor desse seguimento. Outro fator fundamental quando se trata de energia solar é a questão dos impostos. Alguns Estados têm dado isenção do ICSM na Tarifa pelo Uso dos Sistema de Distribuição (TUSD), enquanto outros ainda não criaram regras sobre o assunto. Conforme demonstrado nesse estudo, a TUSD, tem grande impacto nos custos de operação e manutenção da usina solar. Caso o imposto cobrado fosse menor ou isento, como em outros Estados, talvez os resultados financeiros desse empreendimento fossem ainda melhores.

#### **4.1.2 Alternativa 2: Complexo poliesportivo ecológico**

Para efeito de comparação entre as alternativas, o complexo poliesportivo ecológico também será analisado considerando o mesmo horizonte de 25 anos da usina solar.

A segunda proposta para requalificação do local em estudo é a implantação de Complexo poliesportivo ecológico. A proposta contemplará um espaço exclusivo para a prática de esportes radicais, pois de acordo com a Federação Paraense de Skate (FPSK), não há no Estado do Pará um espaço adequado e que concentre todas as estruturas necessárias para a prática dessa modalidade esportiva. Por se tratar de uma área bastante extensa, também se propõe a implantação de espaços para outras modalidades de esporte e para a prática de educação ambiental, observação e convívio com da natureza. O complexo será dividido em três setores:

- Setor 01 - Esportes radicais: pista pump track, arena de Skate, tirolesa, bicicletário, complexo de banheiros e estacionamento.
- Setor 02 - Educação ambiental e de observação: espaço para exposição de palestras e oficinas, box para vendas e mirante.
- Setor 03 - Outras modalidades esportivas: pista de atletismo, academia ao ar livre, ciclovias, quadra poliesportiva e de areia.

#### 4.1.3 Investimento inicial

A tabela 4.10 descreve o custo de construção dos principais itens necessários à implantação do Complexo poliesportivo ecológico.

Tabela 4.10: Custo de implantação – complexo poliesportivo ecológico

Estimativa de custos		
Item	Descrição	Valor parcial
1	Quadra poliesportiva - 432m <sup>2</sup>	R\$ 201.506,16
2	Quadra para vôlei de areia - 128m <sup>2</sup>	R\$ 60.929,44
3	Pista de atletismo - 100 m	R\$ 479.390,41
4	Pump Truck	R\$ 170.563,18
5	Bicicletário - 500 m <sup>2</sup>	R\$ 103.027,47
6	Academia ao ar livre - 117m <sup>2</sup>	R\$ 52.721,44
7	Espaço para exposições feiras - 500m <sup>2</sup>	R\$ 538.865,00
8	Espaço para vendas - 100m <sup>2</sup>	R\$ 538.865,00
9	Tirolesa 700 metros de cabo	R\$ 200.000,00
10	Mirante do Parque	R\$ 1.667.518,79
11	Estacionamento – 400 carros	R\$ 450.440,93
12	Licenciamento ambiental	R\$ 4.193,59
Valor total		R\$ 4.468.021,40

Fonte: Autoria própria

O custo da construção dos espaços foi estimado com base em planilhas orçamentárias das Prefeituras de Peixe Boi (2020), Dom Eliseu (2022), Urianópolis (2019), Santarém (2021), Ananindeua (2022) e São João de Pirabas (2022). De posse dos custos por metro quadrado de cada obra, então se multiplicou pelas dimensões dos equipamentos propostos para o complexo. As dimensões das construções propostas foram definidas com base em pesquisas a obras do mesmo porte já construídas. O licenciamento ambiental foi estimado com base na tabela de valores disponíveis no site de Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMAS) do ano de 2022.

#### 4.1.4 Custos de operação

Os custos de operação referem-se aos gastos necessários para manter as atividades do Complexo poliesportivo ecológico durante um período estimado de 25 anos. A tabela 4.11 detalha os itens que compõem esses custos anualmente.

Tabela 4.11: Custos de operação – complexo poliesportivo ecológico

<b>custos operacionais</b>			
cargo	quantidade	total mensal	total anual
Diretor administrativo financeiro	1	R\$ 10.686,74	R\$ 170.702,86
Secretária	2	R\$ 2.129,37	R\$ 64.761,24
Assessoria de imprensa e divulgação	1	R\$ 3.587,55	R\$ 51.708,55
Faxineiros	3	R\$ 1.290,97	R\$ 58.678,89
Contador	1	R\$ 4.318,28	R\$ 68.977,33
Técnico em contabilidade	1	R\$ 3.150,67	R\$ 50.326,70
Operador de caixa (Bilheteiro)	3	R\$ 1.369,31	R\$ 62.239,70
Jardineiro	2	R\$ 1.400,72	R\$ 42.600,56
Motorista	1	R\$ 1.682,88	R\$ 25.871,48
Vigilante de portaria	3	R\$ 1.593,14	R\$ 72.413,52
Guias do Parque	4	R\$ 1.632,63	R\$ 98.763,23
Água e esgoto	10m <sup>3</sup>	R\$ 1.973,20	R\$ 23.678,40
Total			R\$ 790.722,47

Fonte: Autoria própria

Para determinar o custo com pessoal e a quantidade mínima de funcionários para esse tipo de empreendimento, se considerou o estudo de Piauí (2020). A tarifa do consumo de energia elétrica não será incluída nesse estudo, pois se considerou que toda energia elétrica necessária para o parque será fornecida pela usina solar. O consumo de água foi estimado com base na tabela tarifária da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA).

Para obtenção de receitas, o complexo poliesportivo ecológico funcionará em sistema de concessão pública. Este sistema é um contrato firmado entre a administração pública e uma empresa privada, para que esta passe a executar e explorar economicamente um serviço público onde são remuneradas por meio de tarifas pagas pelos usuários.

O desenho econômico financeiro do estudo considerou, para além do caráter de entretenimento, diversão e lazer do Complexo, a sua função como elemento integrador social entre o ser humano, a natureza e a educação ambiental.

Para o cálculo da receita bruta anual foi realizada pesquisa de mercado referente aos preços cobrados em complexos semelhantes para: acesso aos principais aparelhos do parque como a tirolesa e o mirante, aluguel dos espaços para vendas, palestras e cursos e o estacionamento.

Para se estimar a quantidade anual de visitantes em parques ambientais na Região Metropolitana de Belém (RMB), se utilizou a média mensal do Parque Estadual do Utinga Camillo Vianna, que é um espaço com características semelhantes ao parque proposto nesse estudo. De acordo Pará (2020), a média mensal de visitantes no Parque Camilo Vianna é de 55 mil visitantes.

É importante destacar que, para o estudo de viabilidade econômica do Complexo poliesportivo ecológico, não se considerou a cobrança de tarifa para ingresso ao local. As receitas serão oriundas apenas da cobrança do estacionamento, aluguel dos espaços comerciais e do acesso ao mirante e a tirolesa. Os valores cobrados são os observados em empreendimentos similares na RMB, reduzidos em 20% em função de concorrência e na busca de atrair a demanda.

Para um empreendimento de grande porte como é o estudo do Complexo ecológico é de grande importância a presença de um estacionamento capaz de atender a demanda projetada.

Com base do estudo de Piauí (2020), se estimou a quantidade de 400 vagas de garagem com funcionamento de 11 horas diárias e 26 dias durante o mês, com taxa de ocupação de 50% ao valor fixo de R\$ 4. Com essas condições chegou-se a uma receita de R\$ 1.497.600,00 ao primeiro ano. A tabela 4.12 descreve resumidamente a receita do estacionamento.

Tabela 4.12: Receita com estacionamento

<b>Estacionamento 1º ano</b>			
Premissa	Valor	Arrecadação mensal	Arrecadação anual
Número de vagas	400	R\$ 124.800,00	R\$ 1.497.600,00
Preço do estacionamento	R\$ 4,00		
Taxa de ocupação	50% da capacidade		
Funcionando por 11(onze) horas diárias			
26 dias durante o mês			
Arrecadação total	R\$ 124.800,00	R\$ 1.497.600,00	

Fonte: Autoria própria

Além do estacionamento também haverá outras fontes de receita, como a locação de espaços comerciais para eventos, quiosques, restaurantes e lojas. Com

base nos estudos de Piauí (2020), para a locação de todos os espaços comerciais será considerado a taxa de vacância de 15%.

A receita proveniente do uso dos espaços comerciais será baseada no aluguel do local para realização de palestras, eventos e cursos. O estudo realizado acerca do preço médio do m<sup>2</sup> de aluguel de espaços comerciais apontou que o valor na RMB é de R\$ 49,24. Visto que o espaço comercial proposto terá aproximadamente 500 m<sup>2</sup>, estima-se que a receita anual proveniente do aluguel do espaço, será de R\$ 221.597,10.

A tabela 4.13 resume a projeção de receita com aluguel dos espaços comerciais no primeiro ano de operação.

Tabela 4.13: Receita com aluguel do espaço comercial

Espaço para exposições feiras - 500m <sup>2</sup>			
Premissa	valor	mensal	anual
Preço do m <sup>2</sup>	R\$ 49,24	R\$ 18.466,42	R\$ 221.597,10
Área efetivamente alugada	375		
Taxa de vacância		15%	

Fonte: Autoria própria

No Complexo deverão existir áreas para funcionamento de quiosques e lojas voltadas para venda de produtos e oferta de serviços. No caso, o uso desses espaços deve funcionar com cobrança de aluguel. Considerando a cobrança de aluguel, foi realizado um estudo acerca do valor do m<sup>2</sup> aplicado na RMB, tanto terrenos residenciais como comerciais foram considerados para a observação do valor a ser utilizado para este estudo. Ao final da pesquisa, o m<sup>2</sup> a ser utilizado no estudo será de R\$ 54,30 tendo em vista critérios como área, valor, localização e construções acessórias que fazem parte dos terrenos observados. O espaço para quiosques e lanchonetes proposto terá aproximadamente 100 m<sup>2</sup>, estima-se que a receita anual proveniente do aluguel do espaço, será de R\$ 48.870,00.

A tabela 4.14 resume a projeção da receita com aluguel do espaço para quiosques, restaurantes e lojas.

Tabela 4.14: Receita com aluguel do espaço para vendas

<b>Aluguel de área comercial - 100 m<sup>2</sup></b>			
Premissa	valor	mensal	anual
Preço do m <sup>2</sup>	R\$ 54,30	R\$ 4.072,50	R\$ 48.870,00
Área para quiosques	75		
Taxa de vacância		15%	

Fonte: Autoria própria

Outra fonte de renda estimada nesse estudo foi com a cobrança para acesso a tirolesa. A tirolesa é uma modalidade esportiva que consiste em um cabo aéreo ancorado entre dois pontos, pelo qual o praticante se desloca através de roldanas conectadas por mosquetões a um arnês. O valor cobrado para acesso a tirolesa foi definido com base em pesquisa ao preço praticado, reduzido em 20%, no Parque dos Igarapés, único na RMB a possuir a mesma modalidade esportiva proposta. Com base no trabalho de Piauí (2020), a projeção de visitantes da tirolesa foi calculada considerando uma taxa de conversão de 50% dos visitantes do Complexo Esportivo. Ressalta-se que na cobrança de ingressos deverá ser aplicada, para visitantes de baixa renda, estudantes e os demais cidadãos cobertos pela legislação, a meia-entrada conforme o art. 1º da Lei Federal N° 12.933/2013.

Ao valor de R\$ 16 por visitante e considerando a taxa de conversão de 50%, sendo até 40% pagantes de meia entrada, chegasse à receita anual de R\$ 2.376.000,00. A tabela 4.15 resume o cálculo da obtenção da receita com ingressos.

Tabela 4.15: Receita com a venda de ingressos

<b>Ingresso para tirolesa</b>				
Premissa	visitação Mensal	visitação Anual	Arrecadação mensal	Arrecadação anual
Projeção de visitantes	16500	198000	R\$ 264.000,00	R\$ 264.000,00
Projeção de pagantes de meia-entrada	11000	132000	R\$ 176.000,00	R\$ 2.112.000,00
Preço do ingresso	R\$ 16,00			
Arrecadação total			R\$ 440.000,00	R\$ 2.376.000,00
Estimativa do público de meia-entrada	40% do público pagante (federal n° 12.933/2016)			
Taxa de visitação de 50%				

Fonte: Autoria própria

Somando as receitas anuais do estacionamento, tirolesa e dos espaços comerciais chegasse a valor bruto de R\$ 4.144.067,10 no primeiro ano de funcionamento do empreendimento.

Os impostos sobre vendas são aqueles cobrados sobre o produto ou serviço comercializado, podendo ter incidência federal, estadual ou municipal. No caso em estudo, o imposto considerado foi o ICMS de 25% praticado no Estado do Pará.

#### **4.1.4.1.1 Cenário de referência**

Tendo como base os trabalhos de Piauí (2020), para compor o fluxo de caixa será adotado a taxa de crescimento populacional da RMB atualmente em 0,8% (IBGE,2010), para a taxa de crescimento anual da receita bruta. Para a taxa anual de crescimento dos custos de operação e manutenção, será adotado o valor de 2,44%, taxa de crescimento do custo de mão de obra subtraído da inflação.

O cálculo do fluxo de caixa e a consequente obtenção da receita líquida anual é feito descontando da receita bruta anual os custos de operação e os impostos que incidem sobre a receita. Portanto a diferença entre a receita líquida e os custos de operação gerou os fluxos de caixa no horizonte de tempo proposto no projeto. O saldo anual, que é o quanto a empresa tem disponível de dinheiro, foi calculado subtraindo os custos de operação e manutenção da receita líquida. A tabela 4.16 ilustra o fluxo de caixa durante os 25 anos de funcionamento do empreendimento.

Tabela 4.16: Fluxo de caixa

Ano	Período	Receita Bruta Anual	Receita Líquida	Custo de Operação e manutenção	Saldo
2023	0			R\$ 4.468.021,40	-R\$ 4.468.021,40
2024	1	R\$ 4.144.067,10	R\$ 3.108.050,32	R\$ 790.722,47	R\$ 2.317.327,85
2025	2	R\$ 4.239.380,64	R\$ 3.132.914,73	R\$ 810.016,10	R\$ 2.322.898,63
2026	3	R\$ 4.336.886,40	R\$ 3.157.978,04	R\$ 829.780,49	R\$ 2.328.197,55
2027	4	R\$ 4.436.634,78	R\$ 3.183.241,87	R\$ 850.027,13	R\$ 2.333.214,73
2028	5	R\$ 4.538.677,38	R\$ 3.208.707,80	R\$ 870.767,80	R\$ 2.337.940,01
2029	6	R\$ 4.643.066,96	R\$ 3.234.377,47	R\$ 892.014,53	R\$ 2.342.362,94
2030	7	R\$ 4.749.857,50	R\$ 3.260.252,49	R\$ 913.779,69	R\$ 2.346.472,80
2031	8	R\$ 4.859.104,23	R\$ 3.286.334,51	R\$ 936.075,91	R\$ 2.350.258,60
2032	9	R\$ 4.970.863,62	R\$ 3.312.625,18	R\$ 958.916,16	R\$ 2.353.709,02
2033	10	R\$ 5.085.193,49	R\$ 3.339.126,18	R\$ 982.313,72	R\$ 2.356.812,47
2034	11	R\$ 5.202.152,94	R\$ 3.365.839,19	R\$ 1.006.282,17	R\$ 2.359.557,02
2035	12	R\$ 5.321.802,45	R\$ 3.392.765,91	R\$ 1.030.835,46	R\$ 2.361.930,45
2036	13	R\$ 5.444.203,91	R\$ 3.419.908,03	R\$ 1.055.987,84	R\$ 2.363.920,19
2037	14	R\$ 5.569.420,60	R\$ 3.447.267,30	R\$ 1.081.753,94	R\$ 2.365.513,35
2038	15	R\$ 5.697.517,27	R\$ 3.474.845,44	R\$ 1.108.148,74	R\$ 2.366.696,70

2039	16	R\$ 5.828.560,17	R\$ 3.502.644,20	R\$ 1.135.187,57	R\$ 2.367.456,63
2040	17	R\$ 5.962.617,06	R\$ 3.530.665,35	R\$ 1.162.886,15	R\$ 2.367.779,21
2041	18	R\$ 6.099.757,25	R\$ 3.558.910,68	R\$ 1.191.260,57	R\$ 2.367.650,11
2042	19	R\$ 6.240.051,66	R\$ 3.587.381,96	R\$ 1.220.327,33	R\$ 2.367.054,64
2043	20	R\$ 6.383.572,85	R\$ 3.616.081,02	R\$ 1.250.103,31	R\$ 2.365.977,70
2044	21	R\$ 6.530.395,03	R\$ 3.645.009,66	R\$ 1.280.605,83	R\$ 2.364.403,83
2045	22	R\$ 6.680.594,11	R\$ 3.674.169,74	R\$ 1.311.852,62	R\$ 2.362.317,13
2046	23	R\$ 6.834.247,78	R\$ 3.703.563,10	R\$ 1.343.861,82	R\$ 2.359.701,28
2047	24	R\$ 6.991.435,48	R\$ 3.733.191,60	R\$ 1.376.652,05	R\$ 2.356.539,56
2048	25	R\$ 7.152.238,49	R\$ 3.763.057,14	R\$ 2.035.765,35	R\$ 1.727.291,78

Fonte: Autoria própria

Os valores encontrados na tabela 4.16 são fundamentais, pois foram usados na análise do empreendimento e por meio da análise permitiu-se diagnosticar a viabilidade do complexo esportivo.

Considerando as premissas relacionadas no presente estudo, foi possível estimar os resultados do projeto ao longo do período proposto, e desta forma apresentar os indicadores financeiros para o cenário de referência.

Com os valores encontrados na tabela 4.14, calculou-se o Valor Presente – VP para cada ano, no período de 25 anos do projeto. Para esse cálculo adotou-se uma taxa de desconto de 12,22% com base nos trabalhos de Damodaran (2022).

A tabela 4.17 a seguir, mostra os valores obtidos para o valor presente e para o valor presente acumulado do projeto em estudo.

Tabela 4.17: Valor presente e valor presente acumulado

Ano	Período	VP	VP acumulado
2023	0	-R\$ 4.468.021,40	-R\$ 4.468.021,40
2024	1	R\$ 2.102.456,77	-R\$ 2.365.564,63
2025	2	R\$ 1.912.094,90	-R\$ 453.469,72
2026	3	R\$ 1.738.755,87	R\$ 1.285.286,15
2027	4	R\$ 1.580.931,61	R\$ 2.866.217,76
2028	5	R\$ 1.437.246,73	R\$ 4.303.464,49
2029	6	R\$ 1.306.446,85	R\$ 5.609.911,34
2030	7	R\$ 1.187.388,06	R\$ 6.797.299,40
2031	8	R\$ 1.079.027,21	R\$ 7.876.326,61
2032	9	R\$ 980.413,11	R\$ 8.856.739,72
2033	10	R\$ 890.678,48	R\$ 9.747.418,21

2034	11	R\$ 809.032,57	R\$ 10.556.450,77
2035	12	R\$ 734.754,45	R\$ 11.291.205,22
2036	13	R\$ 667.186,92	R\$ 11.958.392,14
2037	14	R\$ 605.730,87	R\$ 12.564.123,02
2038	15	R\$ 549.840,22	R\$ 13.113.963,23
2039	16	R\$ 499.017,21	R\$ 13.612.980,45
2040	17	R\$ 452.808,21	R\$ 14.065.788,65
2041	18	R\$ 410.799,78	R\$ 14.476.588,43
2042	19	R\$ 372.615,19	R\$ 14.849.203,62
2043	20	R\$ 337.911,14	R\$ 15.187.114,76
2044	21	R\$ 306.374,85	R\$ 15.493.489,62
2045	22	R\$ 277.721,34	R\$ 15.771.210,96
2046	23	R\$ 251.690,99	R\$ 16.022.901,95
2047	24	R\$ 228.047,32	R\$ 16.250.949,27
2048	25	R\$ 151.654,58	R\$ 16.402.603,85

Fonte: Autoria própria

Após obter o fluxo de caixa deste estudo, analisou-se sua viabilidade econômica através dos seguintes indicadores financeiros: Valor Presente Líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), e tempo de retorno do investimento (*Payback*).

A tabela 4.18 resume os valores encontrados em cada um dos indicadores citados acima.

Tabela 4.18: Indicadores financeiros

<b>VPL</b>	<b>R\$ 20.870.625,75</b>
<b>TIR</b>	<b>52 %</b>
<b>Payback</b>	<b>2 anos e 1 meses</b>

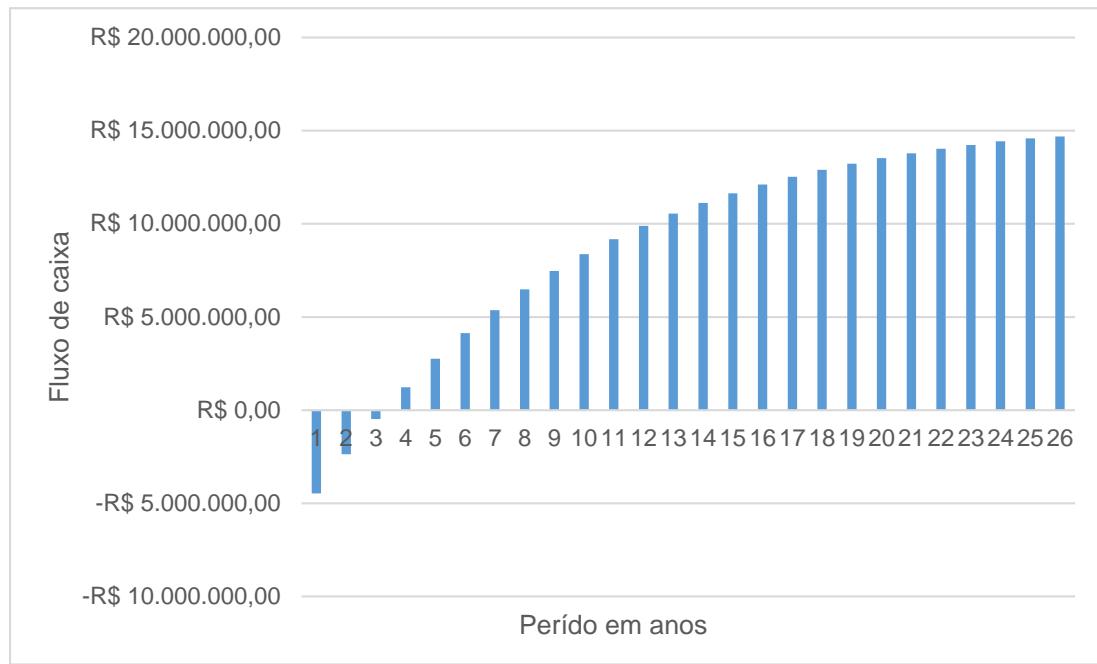
Fonte: Autoria própria

O VPL positivo, encontrado no valor de R\$ 20.870.625,75, indica que os ganhos projetados excedem os custos previstos, ou seja, o investimento será lucrativo para seu investidor.

Com os valores do VPL, o horizonte de tempo e os custos de implantação do projeto, calculou-se a taxa interna de retorno – TIR. A TIR obtida pelo investimento é de 51% ao ano, demonstrando que o investimento é promissor, pois este retorno é maior que a taxa de 12,22% adotada. O payback ocorreu em 2 anos e 1 mês, o que indica o rápido retorno do capital investido inicialmente.

Na figura 4.10 é possível ver a representação gráfica do fluxo de caixa anual para os 25 anos de funcionamento do Complexo esportivo.

Figura 4.10: Representação gráfica do fluxo de caixa



Fonte: Autoria própria

Observa-se na figura que como o retorno do capital investido será logo nos primeiros 2 anos, então o empreendimento poderá gerar receitas por mais de 20 anos ao seu investidor.

#### 4.1.4.1.2 Cenário otimista

Para o cenário otimista se considera que a taxa de crescimento da receita ao longo dos 25 anos de funcionamento do empreendimento seja 50% maior do que a taxa utilizada no cenário de referência. A nova taxa de crescimento das receitas adotada será de 1,2%.

A tabela 4.19 resume os valores encontrados em cada um dos indicadores citados acima considerando a taxa adotada para o cenário otimista.

Tabela 4.19 Indicadores financeiros

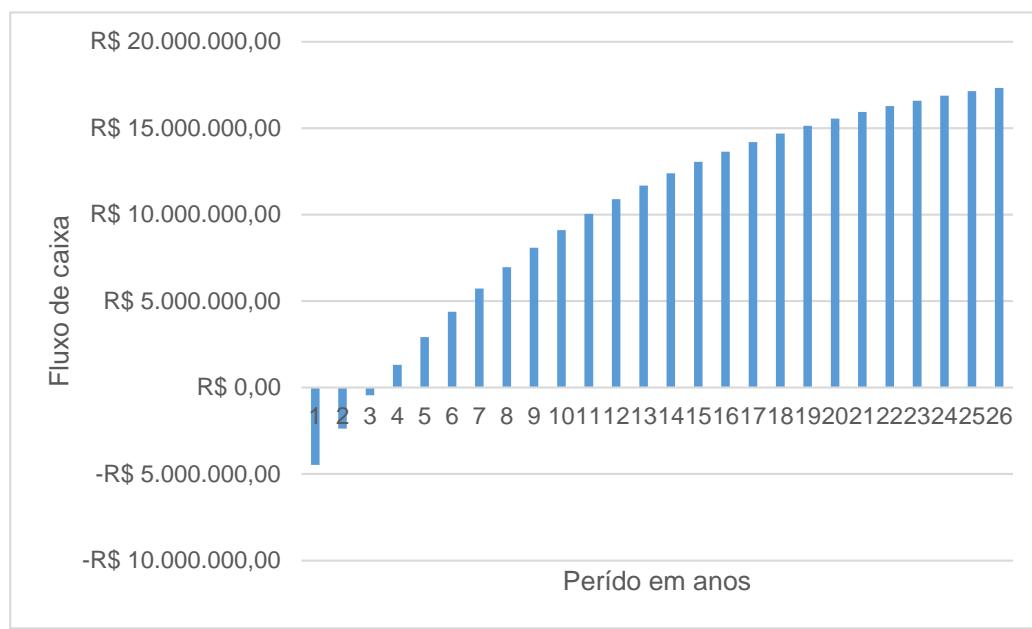
<b>VPL</b>	<b>R\$ 21.792.726,04</b>
<b>TIR</b>	<b>52%</b>
<b>Payback</b>	<b>2 anos e 1 meses</b>

Fonte: Autoria própria

Para o cenário otimista, os valores dos indicadores financeiros sofrem pequenas alterações quando comparados a cenário de referência. O VPL por exemplo, passa de R\$ 20.870.625,75 para R\$ 21.792.726,04. A taxa interna de retorno oscila de 51% para 52% e o tempo de retorno do investimento reduz em apenas 1 mês.

O gráfico da figura 4.11, que ilustra o fluxo de caixa é muito semelhante ao do cenário de referência.

Figura 4.11 Representação gráfica do fluxo de caixa



Fonte: Autoria própria

#### 4.1.4.1.3 Cenário pessimista

Para o cenário pessimista, se considera que a taxa de crescimento dos custos de operação e manutenção sejam 50% maiores, passando de 2,44% do valor de referência para 3,66%.

A tabela 4.20 resume os valores encontrados em cada um dos indicadores citados acima considerando a taxa adotada para o cenário pessimista.

Tabela 4.20: Indicadores financeiros

<b>VPL</b>	<b>R\$ 19.949.636,49</b>
<b>TIR</b>	<b>52%</b>
<b>Payback</b>	<b>2 anos e 4 meses</b>

Fonte: Autoria própria

Quando se considera a taxa de 3,66% para o crescimento das despesas o VPL sofre uma pequena redução de R\$ 20.870.625,75 para R\$ 19.949.636,49, uma redução de R\$ 920.989,26. A taxa interna de retorno permanece inalterada em 52%. O tempo de retorno do capital investido passa a ser de 2 anos e 4 meses.

#### **4.1.4.2 Conclusões alternativa 02**

Os resultados mencionados demonstram que o complexo poliesportivo ecológico é viável econômica e financeiramente. Os resultados financeiros para o cenário de referência, se mostraram igualmente positivos, sendo o VPL no valor de R\$ R\$ 20.870.625,75, a TIR foi de 51% ao ano e o payback em 2 anos e 2 meses. Consequentemente, a formalização de um contrato de longo prazo por meio da concessão de bem público mostra-se atrativa sob a ótica financeira, revelando-se um bom negócio para o setor privado. Quando se analisou cenários para o estudo de caso, um pessimista e outro otimista, se percebeu que houveram poucas variações. Para o cenário otimista, quando há um aumento de 50% da receita bruta, o indicador financeiro que obteve uma maior variação foi o VPL e a taxa interna de retorno, variando de 51% para 52%. Já para o cenário pessimista, quando se adota uma taxa 50% maior para os custos de operação e manutenção, também houveram poucas variações. O VPL sofre uma redução de R\$ 920.989,26 e o tempo de retorno oscila de 2 anos e 2 meses para 2 anos e 4 meses.

A viabilização para a requalificação de aterros sanitários desativados depende grandemente de ações do poder público, seja na regulação de seu uso pós desativação ou na redução de impostos para empresas que utilizem esses espaços de forma ambientalmente correta.

Cabe ressaltar que, durante pesquisas bibliográficas sobre a recuperação de aterros, constatou-se que existe uma grande carência de estudos e trabalhos sobre requalificação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos, voltados, sobretudo, à capacitação técnica e conscientização da sociedade.

É importante destacar que, nesse estudo não foram consideradas características do relevo ou avaliadas especificamente as áreas disponíveis para a implantação do Complexo, apenas foi considerado a potencialidade para sua construção.

A figura 4.12 apresenta a ilustração do Aterro do Aurá e as duas propostas de requalificação.

Figura 4.12: Ilustração das propostas de requalificação



Fonte: Autoria própria

A ilustração da proposta de requalificação foi desenvolvida com objetivo de conter o maior número possível de áreas verdes, possibilitando maior contato com o meio ambiente, maior infiltração das águas pluviais e de menos escoamento superficial. Áreas verdes também garantem o conforto térmico, melhoria da qualidade do ar e conferem tranquilidade aos usuários, mediante redução do nível de ruídos, apresentando paisagem e ambiente favoráveis e estimulando a prática de leitura, de atividades físicas e esportivas.

Por se tratar de uma área com grande extensão, é fundamental que possa ter mais de um acesso ao local, por isso na ilustração se estimou dois acessos ao espaço por duas ruas distintas. No espaço de exposição e palestras poderão ser desenvolvidas palestras, oficinas e atividades relacionadas a conscientização ambiental. O mirante deve estar no nível mais alto do espaço para observação do entorno da paisagem como a flora e a fauna.

A usina solar fica em um local mais afastado do complexo poliesportivo, para garantir a segurança dos usuários.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os locais de disposição de resíduos sólidos desativados têm se mostrado um entrave em diversas cidades do Brasil, pois após sua desativação se tornam locais abandonados e de alta periculosidade sem qualquer tratamento ou monitoramento. É fundamental que se avancem em estudos e ações para a requalificação desses locais e assim possibilitar sua reintegração a sociedade, eliminando ou minorando seus impactos ambientais. Por se tratar de locais com grandes extensões de terra, os aterros, se bem estudados e analisados criteriosamente, podem ser uma alternativa para o setor imobiliário, diante da escassez de espaços. Em alguns países, a requalificação desses locais já é uma realidade, como os exemplos do Parque Ariel Sharon em Israel e o Freshkills Park em Nova York que hoje são modelos de requalificação bem-sucedida.

De acordo com os estudos e análises desenvolvidas neste trabalho foi possível propor alternativas para a transformação de um aterro sanitário de passivo ambiental para um ativo imobiliário com valor econômico.

O presente trabalho buscou evidenciar que o Aterro do Aurá não deve ser considerado como um não lugar. Nesse espaço ainda há a possibilidade de geração de receitas com sua reintegração a sociedade.

Foram desenvolvidos dois estudos de viabilidade econômica para a requalificação do local. Para as duas propostas se analisou um cenário de referência, um otimista com aumento das receitas em relação ao de referência, e outro pessimista com aumento dos custos de operação e manutenção.

Como primeira alternativa se analisou a viabilidade da implantação de uma usina solar fotovoltaica que apresentou indicadores econômicos positivos, tanto para o cenário otimista quanto para o pessimista, demonstrando que a usina é viável e pode ser alternativa para a requalificação do Aterro do Aurá. Destaca-se que, os indicadores financeiros positivos encontrados, foram analisados com a legislação e com a política fiscal, para o setor de energia solar, atual. Caso aconteçam alterações fiscais e legais que afetem o setor, como por exemplo a isenção de ICMS, os indicadores podem sofrer alterações.

O segundo estudo tratou da implantação de um complexo poliesportivo ecológico, tendo como objetivo não somente a geração de receitas, mas também a conscientização ambiental. O estudo da implantação do Complexo também se mostrou viável, com indicadores, tanto para o cenário otimista quanto o pessimista, positivos e com a possibilidade de retorno do investimento em apenas 2 anos e 2 meses para o cenário de referência. Ressalta-se que, o estudo foi desenvolvido desconsiderando investimentos em obras de terraplenagem, tratamento dos líquidos e gases, pois demandaria estudos mais complexos e um tempo maior para a conclusão desse trabalho.

Apesar das propostas terem sido desenvolvidas para o mesmo local, uma não anula a outra, pois pela grande disponibilidade de espaço as duas poderiam ser executadas concomitantemente, conforme ilustração da figura 4.8. Assim como, a execução de uma alternativa não é obrigatoriamente dependente da outra. A escolha da melhor alternativa caberia a um futuro investidor, pois dependendo dos seus interesses e perspectivas uma ou outra poderia atender aos seus objetivos. Com esse trabalho se procurou evidenciar que o local ainda pode ser uma fonte de renda e que, as duas alternativas propostas são viáveis do ponto de vista financeiro.

Os conceitos e princípios técnicos e a abordagem metodológica utilizados no presente estudo de caso em Belém (PA) talvez possam ser úteis e, se adequados a cada realidade, também ser aplicados em outras cidades e em outros “não lugares”, para estudar e demonstrar a possibilidade e viabilidade econômica de transformar distintos passivos ambientais e novos ativos imobiliários.

## REFERÊNCIAS

ABENSUR, E. O. Um modelo multiobjetivo de otimização aplicado ao processo de orçamento de capital. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 4, p. 747–758, 2012.

**ABETRE. Vinte lixões foram desativados no Brasil entre março e junho - Abetre.** Disponível em: <<https://abetre.org.br/vinte-lixoes-foram-desativados-no-brasil-entre-marco-e-junho/>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10157:** Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto , implantação e operação. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . **NBR 10703 :** Degradação do Solo. Rio de Janeiro,1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896:** Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 14653 .** Avaliação de Bens. Parte 1: Procedimentos gerais. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 14653-4 :** Avaliação de bens Parte 4 : Empreendimentos. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 15515:** Passivo ambiental investigao: investigação confirmatria. Rio de Janiero, 2011.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE**, p. 51, 2020.

ABRELPE. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2021**, 2021. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>>

ALMEIDA, J. R. DE. **Proposta de índice de avaliação de aterros de resíduos desativados a partir do potencial poluidor do lixiviado.** 2017. 211 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

ALVES, A. K. **Proposta de Manual Técnico de Medidas Preventivas e Corretivas para Aterros Sanitários Encerrados.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

ANDRADE, A. A. et al. **A disposição final dos resíduos sólidos da região metropolitana de Belém-PA após a instituição da lei nº 12.305/10.** Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 15º, 2015, Bento Gonçalves. Anais. 2015.

ANDRADE, A. W. O. **Arqueologia do Lixo: um estudo de caso nos depósitos de resíduos sólidos da cidade de Mogi das Cruzes em São Paulo.** 2006. Tese (Doutorado em Arqueologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo2006.

AUGÉ, MARC. **Não Lugares:** Introdução a uma antropologia da

supermodernidade.9º.ed. Campinas: Papirus Editora, 1994. 112 p.

BAHIA, V. E.; FENZL, N.; MORALES, G. P. Estudo hidrogeológico e hidrogeoquímico da área localizada entre o depósito de lixo metropolitano de Belém (Aurá) e o lago água preta. **Geochimica Brasiliensis**, v. 20, n. 3, p. 295–311, 2006.

BARROS, L. H. DOS S. **Requalificação dos aterros desativados (brownfields) no município de São Paulo**: Parques (greenfields) Raposo Tavares e Jardim Primavera. 2011. 403 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BRASIL. **LEI No 11.079, DE 30 DE DEZEMBRO DE 2004**, 2004.

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. **Diário Oficial da União**, p. 1–21, 2010a.

BRASIL. **Relatório Técnico 006: Estudo sobre os fatores de risco ambiental nas comunidades localizadas na área de influência do Aterro Sanitário do Aurá : Instituto Evandro Chagas**, 2010b.

BRASIL. **LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020**, 2020a.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional**. Disponível em: <[http://www.snis.gov.br/downloads/cadernos/2019/DO\\_SNIS\\_AO\\_>](http://www.snis.gov.br/downloads/cadernos/2019/DO_SNIS_AO_>)>. Acesso em: 5 out. 2022b.

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. [s.l: s.n.].

CAMPELO, S. C. et al. Descrição e análise dos fatores de risco ambiental em comunidades localizadas na área de influência do aterro sanitário do aurá, ananindeua – Pará. Congresso Nacional de Meio Ambiente, XII, 2015, Poços de Caldas.Anais, 2015.

CETESB. **O que são áreas contaminadas | Áreas Contaminadas**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/o-que-sao-areas-contaminadas/>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

CHRISTENSEN, T. H. **Solid Waste Technology & Management**. [s.l: s.n.]. v. 1–2

CORPORATE, R. **Related and City of Santa Clara announce start of innovative mixed-use development and unveil Foster + Partners' design**. Disponível em: <<https://www.related.com/press-releases/2019-05-15/related-and-city-santa-clara-announce-start-innovative-mixed-use>>. Acesso em: 20 maio. 2022. 23 p.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. 4º ed.São Paulo: Editora Ática, 2004.

DIAS, L. M. M. **Produção de zeólita a partir de cinza volante de carvão mineral para adsorção de metais em chorume gerado no lixão/aterro controlado na região amazônica**. 2022. 141 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais da Amazônia) - Universidade Federal do Pará, Belém do Pará, 2022.

EMBERTON, J.; PARKER, A. The problems associated with building on landfill sites. **Waste Management & Research**, v. 5, p. 473–482, 1987.

FLAMINI, S. H. Para onde vai o resíduo que você gera? **Guia Universitário de**

**Informações Ambientais**, v. 2, n. 1, p. 56–58, 2021.

FRINHANI, C. T.; LUZ, F. M. C.; BIANCHI, J. Reconversão territorial e planejamento urbano: o caso do aterro sanitário de Belo Horizonte. **XVII Enanpur**, p. 18, 2019.

FRÚGOLI JÚNIOR, H. **O centro, a avenida Paulista e a avenida Luiz Carlos Berrini na perspectiva de suas associações**: centralidade urbana e exclusão social. 1998. Dissertação - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

GOMES, H. P. **Avaliação econômica: eficiência energética**. 1º Ed. João Pessoa: Editora da UFPB, 2014. 100 p.

GREENER. **Mercado Livre de Energia - ACL - Greener**. Disponível em: <<https://www.greener.com.br/solucoes-greener/mercado-livre-de-energia-acl/>>. Acesso em: 6 out. 2022.

HUNG, Y. T.; WANG, L. K.; SHAMMAS, N. K. Handbook of environment and waste management: Volume 2: Land and groundwater pollution control. **Handbook of Environment and Waste Management: Volume 2: Land and Groundwater Pollution Control**, v. 2, p. 1–1091, 2014.

ICLEI. **Manual para Aproveitamento de Biogás**. nº 1. ed. São Paulo: ICLEI Governos Locais pela Sustentabilidade, 2009. 80 p.

IPEA. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos - Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade**. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

ÍTALO, R. et al. Avaliação do Tempo de Vida Útil do Aterro Sanitário em Campina Grande-PB. Conapesc - Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino e Ciências, 2020.

JADOVSKI, I. **Diretrizes Técnicas e Econômicas para Usinas de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição**. 2005.182 f. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

KOCHMANSKI, D. L. Conceitos e Práticas empreendedoras na Visão Econômica e Administrativa. **Bioenergia em Revista**: Diálogos, p. 50–66, 2015.

KODA, E. et al. Space redevelopment of old landfill located in the zone between urban and protected areas: Case study. **Energies**, v. 15, n. 1, p. 1–19, 2022.

LANER, D. **Understanding and evaluating long-term environmental risks from landfills**. [s.l: s.n.].

LEITE, T. M. DE C. **Entraves espaciais: brownfields caracterizados por aterros de resíduos sólidos urbanos desativados no município de são paulo/SP**. 2005. Dissertação. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2005.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle**. nº 1º ed. São Paulo: Editora ITC, 1996. 240 p.

MANDELLI, G. F. **Plano de negócio de um sistema fotovoltaico residencial de 300 kWh**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia

Elétrica) - Universidade Federal do Espírito Santo, Víória , 2017.

MISGAV, A.; PERL, N.; AVNIMELECH, Y. Selecting a compatible open space use for a closed landfill site. **Landscape and Urban Planning**, v. 55, n. 2, p. 95–111, 2001.

MORALES, G. P. **Avaliação ambiental dos recursos hídricos, solos e sedimentos na área de abrangência do depósito de resíduos sólidos do Aurá - Belém-PA**. 2002. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Pará, Belém do Pará, 2002.

MOREIRA, V. et al. “O Lucro Entra Pelo Cano”: a Produção De Saneamento Básico Via Parceria Público-Privada (Ppp) Como Estratégia De Captação De Renda Na Produção Do Espaço Urbano De Serra (Es). **Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES**, 2018.

NEWS, T. M. **The latest Silicon Valley housing idea: On a landfill**. Disponível em: <<https://www.mercurynews.com/2017/07/08/the-latest-silicon-valley-housing-idea-on-a-landfill/>>. Acesso em: 20 maio. 2022.

PAGANINI, W. DA S.; BOCCIGLIERI, M. M. O Novo Marco Legal do Saneamento: universalização e saúde pública. **Revista USP**, n. 128, p. 45–60, 2021.

PARÁ, A. **Um dos principais pontos turísticos de Belém, o Parque do Utinga é reaberto à visitação | Agência Pará**. Disponível em: <<https://agenciapara.com.br/noticia/21573/um-dos-principais-pontos-turisticos-de-belem-o-parque-do-utinga-e-reaberto-a-visitacao>>. Acesso em: 14 dez. 2022.

PARANÁ, G. DO E. DO. **Aterro da Caximba, em Curitiba, terá usina solar | Agência Estadual de Notícias**. Disponível em: <<https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Aterro-da-Caximba-em-Curitiba-tera-usina-solar>>. Acesso em: 6 maio. 2022.

PELLEGRINI, L. V. **Projeto de usina fotovoltaica de 5 MWP em São Luiz do Parunã**. 2019. Monografia (Especialização em Energias Renováveis) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

PEREIRA, C. DOS S. **Técnicas e processos básicos para reabilitação sócio-urbanística de áreas de disposição de resíduos sólidos : Um estudo de caso sobre o aterro Pedreira Cit.** Dissertação (Mestrado em Habitação Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2015.

PIAUÍ, G. DO E. DO. **Estudo de Viabilidade Econômico**, 2020.

PINHEIRO, L. T. **Fluxos de dióxido de carbono e metano de um lixão na Amazônia**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciencias Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém do Pará, 2018.

PMB. **Projeto técnico saneamento ambiental do complexo de destino final de resíduos sólidos do Aurá-Belém**, 1997.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. nº 2º ed. Novo Ambrugo: Editora Feevale, 2013. 272 p.

RENDEIRO, G. et al. **Combustão e Gasificação de Biomassa Sólida: Soluções**

Energéticas para a Amazônia. nº 22º ed. Belém do Pará. 194 p.

SANTOS, V. C. P. Desarrollos" en aurá: actores, proyectos y fundamentos de choque em una área de protección ambiental en Belém (PA). **Revista Líder**, v. 18, p. 27–59, 2016.

SCHUINA, L. L. **Estudo de viabilidade técnica e econômica de implementação de uma usina solar voltada para a locação de equipamentos como modelo de negócio de uma fazenda solar**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2021.

SESAN. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - Vol2**, 2020.

SILVA, A. M. R. **Requalificação Urbana**. O exemplo da intervenção Polis em Leiria. 2011. 174 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, especialidade em Ordenamento do Território e Desenvolvimento ) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

SILVA, C. L. DE et al. A cadeia de biogás e a sustentabilidade local: Uma análise socioeconômica ambiental da energia de resíduos sólidos urbanos do aterro da caximba em curitiba. **Innovar**, v. 19, n. 34, p. 83–98, 2009.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F. M. Bacia do rio aurá sob influência de aterro sanitário descontrolado (região metropolitana de Belém , Brasil ). **Educação Ambiental e Sustentabilidade na Amazônia**, Belém do Pará, v 1, 2013.

SOBRAL, R. F. C. **Viabilidade Econômica de Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil** : Estudo de Caso da USIBEN - João Pessoa / PB. 2012. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

SOUZA, G. DE. **Monitoramento de parâmetros qualitativos e quantitativos de líquidos percolados de aterros sanitários**: Estudo em piloto experimental. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

STUERMER, M. M.; BROCANELI, P. F.; VIEIRA, M. E. M. Os aterros sanitários desativados e o sistema de áreas verdes da cidade de São Paulo: Possibilidade de integração. **Revista LABVERDE**, v. 0, n. 2, p. 11, 2011.

TCU. **Obras públicas: Recomendações básicas para a contratação e fiscalização de obras de edifícios públicos**, 2013.

TEREZA, L. C. **QUALIDADE EM OBRAS PÚBLICAS: análise das principais ferramentas e princípios aplicados no órgão de obras públicas do estado de Minas Gerais**, 2016.

VALENTIM, L. S. O. **Requalificação urbana em áreas de risco à saúde devido a contaminação do solo por substâncias perigosas**. 2005. 158f. Dissertação (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo 2005.

BAHIA , Vânia Eunice. **Estudo hidrogeológico da área localizada entre o depósito de lixo metropolitano de belém (aurá) e o lago água preta**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará,

Belém do Pará, 2003.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. DOS. **Amazônia seus solos e outros recursos naturais**. nº 1º ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1987. 420 p.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de Pesquisa**. nº 2º ed. São Paulo: Departamento de Ciências da Administração, 2017. 22 p.

## ANEXO A – TAXAS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL – 2020



*Valores das Taxas de Licenciamento - Ano Base 2020.											
<b>Código</b>	<b>Classe</b>	<b>A</b>			<b>B</b>			<b>C</b>			
		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	
1281	Licença Prévia - LP	91,17	911,65	1.093,98	1.276,31	1.458,64	1.640,97	1.823,30	2.005,63	2.187,96	
1282	Licença Instalação - LI	227,91	1.093,98	1.276,31	1.458,64	1.640,97	1.823,30	2.005,63	2.370,29	2.734,95	
1283	Licença Operação - LO	91,17	911,65	1.276,31	1.458,64	1.823,30	2.734,95	3.646,60	5.469,90	7.293,20	
1284	Autorização Funcionamento - AF	455,83	2.005,63	2.370,29	2.734,95	3.099,61	3.281,94	3.828,93	5.469,90	7.293,20	
1285	Licença de Atividade Rural - LAR	91,17	911,65	1.276,31	1.458,64	1.823,30	2.734,95	3.646,60	5.469,90	7.293,20	
1286	Licença de Instalação/Operação - LIO	18,23	911,65	1.276,31	1.458,64	1.823,30	2.734,95	3.646,60	5.469,90	7.293,20	
1289	Taxa de Autorização - AU	91,17	911,65	1.093,98	1.276,31	1.458,64	1.640,97	1.823,30	2.005,63	2.187,96	
1257	Tx. de Criação Amad. de Passeriformes Silv. Nativos	91,17									
1287	Licença de Pesc Esportiva - IPE	151,94									
1288	Lic. Temporária de Pesca Esportiva - LTPE	62,56									
<b>Código</b>	<b>Classe</b>	<b>D</b>			<b>E</b>			<b>F</b>			
		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	
1281	Licença Prévia - LP	2.552,62	2.917,28	3.281,94	3.646,60	4.558,25	5.469,90	7.293,20	9.116,51	10.939,81	
1282	Licença Instalação - LI	3.646,60	4.558,25	5.469,90	6.381,55	7.293,20	9.116,51	10.939,81	12.763,11	14.586,41	
1283	Licença Operação - LO	9.116,51	10.939,81	12.763,11	14.586,41	16.406,71	18.233,01	20.967,96	23.702,91	27.349,52	
1284	Autorização Funcionamento - AF	9.116,51	10.939,81	12.763,11	14.586,41	16.406,71	18.233,01	20.967,96	23.702,91	27.349,52	
1285	Licença de Atividade Rural - LAR	9.116,51	10.939,81	12.763,11	14.586,41	16.406,71	18.233,01	20.967,96	23.702,91	27.349,52	
1286	Licença de Instalação/Operação - LIO	9.116,51	10.939,81	12.763,11	14.586,41	16.406,71	18.233,01	20.967,96	23.702,91	27.349,52	
1289	Taxa de Autorização - AU	2.552,62	2.917,28	3.281,94	3.646,60	4.558,25	5.469,90	7.293,20	9.116,51	10.939,81	
6121	CEPROF	715,02									
6122	CERTIDÃO	17,88									
6123	DECLARAÇÃO	17,88									
6120	GUIA FLORESTAL	17,88									

<b>UPF 2020:</b>	3.5751 **
<b>Taxa Administrativa da SEFA:</b>	

\*Fonte: Portaria SEFA N° 1.769 DE 18/12/2019, Publicada no JOEP/PA em 19/12/2019 tendo em vista o disposto no § 2º do art. 1º da Lei nº 6.340, de 28 de dezembro de 2000.

## ANEXO B – CUSTOS DOS EQUIPAMENTOS ENERGIA SOLAR FOTOVOLTÁCIA

**PROPOSTA N° DC2022.59**

Data: 01/09/2022

Integrador: SITE

Validade: 01/10/2022

Tel.: #N/D

E-mail: #N/D

### DADOS DO CLIENTE

Nome: RONALDO

Conta Contrato: 0

Tel.: 0

CPF/CNPJ: 0

Endereço: 0

E-mail: 0

Cidade/UF: BELÉM/PA

### DADOS DOS EQUIPAMENTOS

#### MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

FABRICANTE:	JINKO
POTÊNCIA (W):	465 W
QUANTIDADE:	10800
GARANTIA*:	25 ANOS*

#### INVERSORES

FABRICANTE	POTÊNCIA	QTD	GARANTIA
GROWATT	250 kW	18	6 ANOS
	0 kW	0	
	0 kW	0	

\*Garantia de potencial energético a 80% de eficiência.

Nesta proposta já está incluso as proteções AC/DC, cabos elétricos, conexões, kits de fixação no telhado e autotrafos, se necessário.

### CONSUMO X GERAÇÃO

CONSUMO MÉDIO FP: 25.780,00 KWh/mês

DEMANDA A CONTRATAR: 4.500 kW

CONSUMO MÉDIO PONTA: 0,00 KWh/mês

TARIFA DEMANDA: R\$43,46

TARIFA FORA PONTA: R\$0,38

ILUMINAÇÃO PÚBLICA: R\$1.226,00

TARIFA PONTA: R\$4,01

PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL: 558.463,14 KWh/mês

INSOLAÇÃO MÉDIA: 4,57

ECONOMIA MENSAL: R\$212.215,99

PERFOMANCE RATIO: 80%

PRODUÇÃO MÉDIA ANUAL: 6.701.557,68 KWh/ano

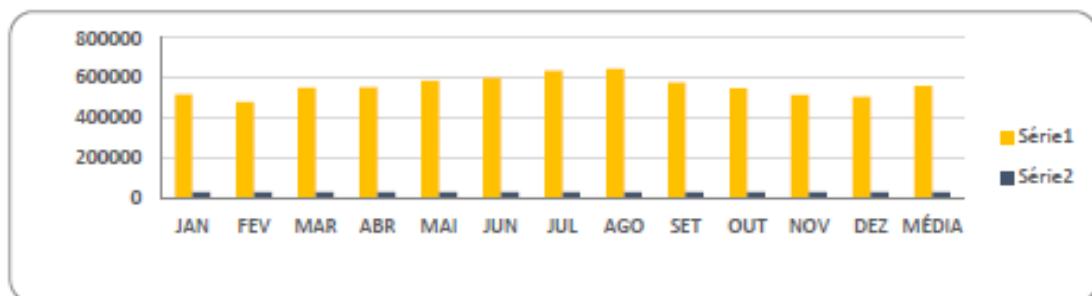
POTÊNCIA DO SISTEMA: 5022,00 KWP

MENOR PRODUÇÃO PREVISTA: 478.094,40 KWh/mês

ÁREA NECESSÁRIA: 32400 m<sup>2</sup>

MAIOR PRODUÇÃO PREVISTA: 646.391,66 KWh/mês

ADICIONAL BANDEIRA: 3660,76



## ANEXO C – PREMISSA PARA ESTIMATIVA DE ALUGUEL DE EQUIPAMENTOS

CONSUMIDOR				PREMISSAS:			
E... 50% DE DESCONTO - GERADOR LIGADO				<ul style="list-style-type: none"> <li>• PERFIL CATIVO: A4 (2,3 a 25kV) - VERDE</li> <li>• BANDEIRA TARIFÁRIA: MÉDIA</li> <li>• TARIFA UTILIZADA: CELPA - REN Nº 2.750-07/08/20</li> <li>• PERFIL LIVRE: A4 (2,3 a 25kV) - VERDE</li> <li>• TIPO DA ENERGIA: INCENTIVADA 50%</li> <li>• VALOR DA ENERGIA: R\$ 232</li> <li>• IMPOSTOS (ICMS: 25,00%; PIS/COFINS: 6,00%)</li> <li>• SIMULAÇÃO REALIZADA: COM IMPOSTOS</li> </ul>			
SIMULAÇÃO FATURA - CONSUMIDOR CATIVO				SIMULAÇÃO FATURA - CONSUMIDOR LIVRE			
ITEM	MONTANTE	TARIFA	VALOR	ITEM	MONTANTE	TARIFA	VALOR
1. TUSD Demanda	570 kW	R\$ 29,75 / kW	R\$ 16.957,50	10. TUSD Demanda	570 kW	R\$ 29,75 / kW	R\$ 16.957,50
2. TUSD Consumo Ponta	1,40 MWh	R\$ 2.361,96 / MWh	R\$ 3.779,14	11. Desc TUSD Demanda	570 kW	R\$ 14,88 / kW	R\$ (8.478,75)
3. TUSD Consumo Fora Ponta	220,00 MWh	R\$ 71,11 / MWh	R\$ 15.644,20	12. TUSD Consumo Ponta	1,40 MWh	R\$ 2.361,96 / MWh	R\$ 3.779,14
4. TE Consumo Ponta	1,40 MWh	R\$ 343,74 / MWh	R\$ 549,98	13. TUSD Consumo Fora Ponta	220,00 MWh	R\$ 71,11 / MWh	R\$ 15.644,20
5. TE Consumo Fora Ponta	220,00 MWh	R\$ 215,59 / MWh	R\$ 47.429,80	14. Desc TUSD Encargo Ponta	1,40 MWh	R\$ 1.145,43 / MWh	R\$ (1.832,68)
6. Bandeira Tarifária	221,60 MWh	R\$ 21,05 / MWh	R\$ 4.664,17	15. Energia Livre	220,25 MWh	R\$ 210,54 / MWh	R\$ 48.055,33
7. Geração Diesel Ponta	0,00 MWh	R\$ 0,00 / MWh	R\$ -	16. Impostos Energia Livre			R\$ 22.549,38
8. Impostos			R\$ 39.996,64	17. Impostos Energia Livre Distribuidora			R\$ 11.712,34
9. TOTAL CATIVO			R\$ 129.021,43	18. Assessoria / Representação			R\$ 1.000,00
RESULTADO AUFERIDO				19. TOTAL LIVRE			
MENSAL				R\$ 109.386,46			
20. Total Cativo			R\$ 129.021,43	GRÁFICO DE ECONOMIA ANUAL			
21. Total Livre			R\$ 109.386,46				
22. ECONOMIA MENSAL LÍQUIDA		15%	R\$ 19.634,97	<p style="text-align: center;"><b>CATIVO</b>      <b>LIVRE</b>      <b>ECONOMIA</b></p>			
ANUAL				<p style="text-align: center;">R\$ 1.548.257,15      R\$ 1.312.637,55      R\$ 235.619,60</p>			
23. Total Cativo			R\$ 1.548.257,15	<p style="text-align: center;">15%</p>			
24. Total Livre			R\$ 1.312.637,55				
25. ECONOMIA ANUAL LÍQUIDA		15%	R\$ 235.619,60				

## ANEXO D – ESTIMATIVA DE CUSTO DE CONSTRUÇÃO PARQUE

Estimativa de custos de construção					
Item	Descrição	Un	Qtde	Valor unit. R\$	Valor parcial R\$
1.1	Quadra poliesportiva	m <sup>2</sup>	430	R\$ 468,62	R\$ 201.506,16
1.2	Vôlei de areia	m <sup>2</sup>	128	R\$ 476,01	R\$ 60.929,44
1.3	Pista de atletismo				R\$ 479.390,41
1.4	Pump Truck		39.950		R\$ 170.563,18
1.5	Bicicletário		500	R\$ 206,05	R\$ 103.027,47
1.6	Skate		3.000	R\$ 458,38	1.375.127
1.7	Academia		117	R\$ 450,61	R\$ 52.721,44
02-Ambiente					
2.1	Exposição	m <sup>2</sup>	500	R\$ 1.077,73	R\$ 538.865,00
2.2	Oficinas	m <sup>2</sup>	500	R\$ 1.077,73	R\$ 538.865,00
3	Tirolesa				R\$ 200.000,00
Tirolesa 700 metros de cabo Fonte: Prefeitura de Campinas/2020					
4	Mirante				R\$ 1.667.518,79
Fonte: Governo de Mato Grosso/2022					

<b>Preço por m<sup>2</sup> obras contruídas pelo poder público</b>			
R\$	468.618,97	R\$ 468,62	
Fonte: Pref. São J. Pirabas/2022	V. Unitário	800 m <sup>2</sup>	
R\$	380.808,99	R\$ 476,01	
Fonte: Pref. Ulianópolis		100 m	
R\$	479.390,41		
Fonte: Pref. São Sebastião/2022			
R\$	170.563,18		
Fonte: Prfe. Dom Eliseu/2022	V. unitário	75 m <sup>2</sup>	
R\$	15.454,12	R\$ 206,05	
Pref. Santarem/2021	V. Unitário	810	
R\$	371.284,26	R\$ 458,38	
Pref. Peixe Boi/2020	V. Unitário	298,80 m <sup>2</sup>	
R\$	134.642,44	R\$ 450,61	

<b>Preço por m<sup>2</sup> aluguel de espaços comerciais Belém do Pará</b>			
Local	tamanho (m <sup>2</sup> )	preço (R\$)	R\$/m <sup>2</sup>
marco	200	R\$ 16.000,00	R\$ 80,00
Marambaia	35	R\$ 6.000,00	R\$ 171,43
Batista campos	168	R\$ 5.200,00	R\$ 30,95
Nazaré	40	R\$ 1.550,00	R\$ 38,75
cremação	450	R\$ 4.800,00	R\$ 10,67
campina	1600	R\$ 15.000,00	R\$ 9,38
reduto	100	R\$ 2.500,00	R\$ 25,00
jurunas	180	R\$ 5.000,00	R\$ 27,78
<b>média de aluguel</b>			R\$ 49,24