



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UFPA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO ENGENHARIA NAVAL

ANNA JÚLIA SOUSA DE PINA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL DE TERMINAIS  
HIDROVIÁRIOS DE PASSAGEIROS APLICANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA  
DE DADOS: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE INTEGRAÇÃO DO  
BAIXO AMAZONAS**

BELÉM/PA  
2024

ANNA JÚLIA SOUSA DE PINA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL DE TERMINAIS  
HIDROVIÁRIOS DE PASSAGEIROS APLICANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA  
DE DADOS: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE INTEGRAÇÃO DO  
BAIXO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Naval da universidade Federal do Pará, para obtenção do Título de Mestrado Acadêmico em Engenharia Naval, na área de Transporte Aquaviário.

Orientador: Prof. Dr. Valcir João Da Cunha Farias

BELÉM/PA

2024

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL DE TERMINAIS HIDROVIÁRIOS DE PASSAGEIROS APLICANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE INTEGRAÇÃO DO BAIXO AMAZONAS

Autora:

ANNA JÚLIA SOUSA DE PINA

Dissertação submetida a banca examinadora aprovada pelo colegiado do curso de Mestrado de Engenharia Naval do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Naval na área de Transporte Aquaviário.

Data da aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Conceito: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Valcir João Da Cunha Farias - Orientador

---

Prof. Dr. Hito Braga de Moraes – Membro interno

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lucélia Marques Lima da Rocha – Membro externo

---

S725a Sousa de Pina, Anna Júlia.

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL DE TERMINAIS HIDROVIÁRIOS DE PASSAGEIROS APLICANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE INTEGRAÇÃO DO BAIXO AMAZONAS / Anna Júlia Sousa de Pina. — 2023.

94 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. João Valcir Cunha Farias  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Naval, Belém, 2023.

1. Terminal Hidroviário de passageiros. 2. Eficiência. 3. Logísticas. 4.  
Análise Envoltória de Dados.. I. Título.

CDD 386.8

---

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela minha saúde e força. Ao meu filho Davi Ozzy, a minha mãe e irmãos, tias e primas, pelo apoio incondicional ao longo desta jornada acadêmica. Obrigada pelo amor, paciência e encorajamento constantes.

Ao meu primeiro orientador “*in memoriam*” Prof. Dr. Marcus, “que Deus o tenha no reino da glória”. Foi mais do que um educador; ele foi um mentor, um guia e uma fonte constante de inspiração. Sua habilidade em cativar a atenção dos alunos, seu compromisso com a excelência acadêmica e a gentileza que demonstrava a todos são lembranças que permanecerão sempre em nossos corações e pensamentos. Minha eterna Gratidão.

Expresso também meus sinceros agradecimentos ao meu orientador Prof. Dr. Valcir João, por sua orientação dedicada durante todo o meu mestrado. Sua experiência, sabedoria e apoio foram fundamentais para o sucesso desta jornada acadêmica. Seus conselhos foram inestimáveis para a conclusão deste trabalho.

Aos membros da banca Prof. Dr. Hito Braga e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lucélia Rocha, pelas valiosas observações e sugestões que foram fundamentais para o desenvolvimento e a qualidade final desta pesquisa. Reconheço o comprometimento e a seriedade com que conduziram a avaliação, e estou verdadeiramente grata pela oportunidade de aprender com cada um de vocês. Agradeço, mais uma vez, pela generosidade em compartilhar seus conhecimentos e por tronarem este momento acadêmico tão enriquecedor.

Aos professores e colegas do programa de mestrado, colegas do LANO – Laboratório de Análise e Otimização pela troca de conhecimento e pelo ambiente intelectual estimulante que proporcionaram. A todos os participantes da pesquisa, cujas contribuições foram fundamentais para a coleta de dados e para a validade deste estudo.

Aos amigos e colegas que estiveram ao meu lado durante esta jornada, pelas palavras de incentivo, pela compreensão e pelo apoio nos momentos desafiadores.

À instituição UFPA – Universidade Federal do Pará, pelo acadêmico que tornou possível a realização deste estudo.

E a todos aqueles que, de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para o sucesso deste trabalho, meu mais sincero agradecimento.

"Obrigado, Deus Todo-Poderoso, por seus dons indescritíveis, vida, amor e toda boa dádiva. Você é a fonte de toda bondade, e louvamos seu nome para sempre. Sua misericórdia e graça, com as quais você está sempre conosco, nos faça e adore. Dê-nos um coração grato e uma mente benevolente para que possamos trilhar o seu caminho e fazer a sua vontade. Através de Jesus Cristo, nosso Senhor. "Ita sit Amen".

(Anna J.S.Pina)

## RESUMO

O desenvolvimento portuário nacional está diretamente relacionado à eficiência nas ligações comerciais internacionais que o país estabelece, bem como, nas relações comerciais internas, o que depende da capacidade de uso da malha aquaviária existente no território nacional, cuja utilização, atualmente, resume-se a 30% de seu potencial hidroviário. Deste modo, nos últimos anos, investimentos vêm sendo realizados na área do transporte fluvial, com enfoque nos estados de maior concentração de rios. Ao passo em que os portos fluviais passam a ganhar força em prol das dinamizações logísticas, surge a necessidade de avaliar a eficiência destes para averiguação da relação entre critérios como localização, capacidade de atracação, fluxo hidroviário, dentre outros. A partir disso, a presente pesquisa objetiva analisar a eficiência de 10 Terminais Hidroviários da região do Baixo Amazonas, inaugurados no período de 2021 a 2022, para tanto foi aplicado Análise Envoltória de Dados (DEA). Serão elucidadas as variações em seus resultados para os terminais considerados, possibilitando avaliar a eficiência portuária por um método e relacionar como este é capaz de suprir as demandas logísticas e o tráfego fluvial na região, mas também, averiguar os resultados distintos obtidos e como estes se relacionam às características dos terminais em questão. Buscou-se também demonstrar a importância de estudos como este para compreensão do impacto ocasionado por terminais hidroviários, ultrapassando o âmbito econômico e influenciando no crescimento de regiões ao proporcionar a conexão de qualidade entre municípios que dependem, primordialmente, do transporte fluvial, principalmente em cidades polo como o município de Santarém. Por fim, identificou-se que quatro dos dez terminais hidroviários analisados estão operando com eficiência máxima. Esses terminais demonstraram a capacidade de converter eficazmente seus recursos.

**Palavras-Chave:** Eficiência. Terminal. Logísticas. Análise Envoltória de Dados.

## ABSTRACT

National port development is directly related to the efficiency of the international commercial links that the country establishes, as well as to international commercial relations, which depends on the capacity to use the existing waterway network in the national territory, the use of which is currently resumed at 30% of its waterway potential. Therefore, in recent years, investments have been made in the area of river transport, focusing on states with the highest concentration of rivers. As river ports begin to gain strength in favor of logistical dynamization, there is a need to evaluate their efficiency to investigate the relationship between criteria such as location, berthing capacity, waterway flow. Based on this, this research aims to analyze the efficiency of 10 Waterway Terminals in the Lower Amazon region, opened between 2021 and 2022, for which Data Envelopment Analysis was applied (DEA). Variations in results for the terminals considered will be elucidated, making it possible to evaluate port efficiency using a method and relate how it is capable of meeting logistical demands and river traffic in the region, but also to investigate the different results obtained and how these are relate to the characteristics of the terminals in question. We also sought to demonstrate the importance of studies like this to understand the impact caused by waterway terminals, going beyond the economic scope and influencing the growth of regions by providing quality connections between municipalities that primarily depend on river transport, mainly in cities hub such as the municipality of Santarém. Finally, it was identified that four of the ten waterway terminals analyzed are operating at maximum efficiency. These terminals have demonstrated the ability to effectively convert their resources.

**Keywords:** Efficiency. Terminal. Logistics. Data Envelopment Analysis.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fatores constantes.....	23
<b>Figura 2</b> - fatores variáveis crescentes.....	24
<b>Figura 3</b> - Fatores variáveis decrescentes.....	24
<b>Figura 4</b> - Superfície Envoltória para um Modelo (BCC) Orientado para Produto. ....	31
<b>Figura 5</b> - Mapas: Brasil, Região Norte e Região de Integração do Baixo Amazonas..	38
<b>Figura 6</b> - Praça Tiradentes, área 01 .....	40
<b>Figura 7</b> - Vila Arigó, área 02.....	40
<b>Figura 9</b> – Parque de exposição, área 04 .....	41
<b>Figura 8</b> – TECEJUTA, área 03.....	41
<b>Figura 10</b> - Antigo Terminal Hidroviário de Passageiros e Cargas de Santarém, situado às margens do rio Tapajós na praça tiradentes.....	41
<b>Figura 11</b> - Antigo terminal Hidroviário de passageiros e cargas de Santarém, situado às margens do rio tapajós na praça Tiradentes.....	42
<b>Figura 12</b> - Terminal Hidroviário de Passageiros e Cargas de Santarém – Joaquim da Costa Pereira, no Baixo Amazonas, situado às margens do rio Tapajós. ....	42
<b>Figura 13</b> - Mapa da região de Integração do Baixo Amazonas.....	43
<b>Figura 14</b> - Planta de localização do terminal hidroviário de Santarém.....	45
<b>Figura 15</b> - Arranjo do conjunto naval do terminal hidroviário de Santarém .....	45
<b>Figura 16</b> - Arranjo do conjunto naval do terminal hidroviário de Santarém .....	46
<b>Figura 17</b> - Município de Óbidos .....	48
<b>Figura 18</b> - Acesso ao terminal de Passageiros .....	48
<b>Figura 19</b> - Hall de embarque e desembarque de passageiros.....	49
<b>Figura 20</b> - Imagem de localização .....	50
<b>Figura 21</b> - Planta baixa terminal de Óbidos.....	50

<b>Figura 22</b> – Município de Faro.....	51
<b>Figura 23</b> - fachada principal.....	51
<b>Figura 24</b> – fachada posterior e o conjunto naval.....	52
<b>Figura 25</b> - Imagem de localização .....	53
<b>Figura 26</b> - Planta baixa do terminal de Faro .....	53
<b>Figura 27</b> - Município de Monte Alegre.....	54
<b>Figura 28</b> – Imagem da vista superior do terminal.....	54
<b>Figura 29</b> - Vista interna do hall de embarque e desembarque.....	55
<b>Figura 30</b> - Imagem de localização .....	56
<b>Figura 31</b> - Planta Baixa do terminal de Monet Alegre.....	56
<b>Figura 32</b> - Município de Curuá .....	57
<b>Figura 33</b> - Fachada posterior e berço de atracção .....	57
<b>Figura 34</b> - Rampa metálica articula de acesso ao terminal .....	58
<b>Figura 35</b> - Imagem de localização .....	59
<b>Figura 36</b> – Planta baixa do terminal hidroviário de Curuá .....	59
<b>Figura 37</b> - Município de Alenquer .....	60
<b>Figura 38</b> - Passarela de concreto .....	60
<b>Figura 39</b> – Imagem da vista superior .....	61
<b>Figura 40</b> - Imagem de localização .....	62
<b>Figura 41</b> - Planta baixa do terminal de Alenquer.....	62
<b>Figura 42</b> - Município de Almeirim.....	63
<b>Figura 43</b> – Imagem do conjunto naval.....	63
<b>Figura 44</b> – Imagem da fachada posterior .....	64
<b>Figura 45</b> - Imagem de localização .....	65
<b>Figura 46</b> - Vista superior do terminal hidroviário de Almeirim.....	66

<b>Figura 47</b> - município de Prainha .....	67
<b>Figura 48</b> - Vista do conjunto naval .....	68
<b>Figura 49</b> - conjunto naval e vista posterior .....	68
<b>Figura 50</b> – Imagem de localização.....	69
<b>Figura 51</b> - Vista superior do terminal hidroviário de Prainha.....	70
<b>Figura 52</b> - município de Terra Santa .....	71
<b>Figura 53</b> – Imagem da fachada Frontal.....	71
<b>Figura 54</b> – Imagem da fachada posterior .....	72
<b>Figura 55</b> - Imagem de localização .....	73
<b>Figura 56</b> - Planta baixa do terminal de Terra Santa .....	74
<b>Figura 57</b> - Localidade de Santana do tapará .....	75
<b>Figura 58</b> –Vista superior frontal .....	76
<b>Figura 59</b> - Vista superior posterior do terminal .....	76
<b>Figura 60</b> – Imagem de localização.....	77
<b>Figura 61</b> - Planta baixa do terminal de Santana do tapará .....	78

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Fluxograma DEA .....	25
<b>Tabela 2</b> - Output e Inputs do terminal hidroviário de Santarém.....	47
<b>Tabela 3</b> - Output e Inputs do terminal hidroviário de Óbidos .....	49
<b>Tabela 4</b> – Output e Inputs do terminal hidroviário de Faro.....	52
<b>Tabela 5</b> – Output e Inputs do terminal hidroviário de Monte Alegre.....	55
<b>Tabela 6</b> - Output e Inputs do terminal hidroviário de Curuá.....	58
<b>Tabela 7</b> - Output e Inputs do terminal hidroviário de Alenquer .....	61
<b>Tabela 8</b> - Output e Input do terminal hidroviário de Almeirim.....	64
<b>Tabela 9</b> - Output e Inputs do terminal hidroviário de Prainha .....	68
<b>Tabela 10</b> - Output e Inputs do terminal hidroviário de Terra Santa .....	72
<b>Tabela 11</b> - Output e Inputs do terminal hidroviário de Santana do Tapará .....	77
<b>Tabela 12</b> - Característica do DEA .....	81
<b>Tabela 13</b> - Municípios de estudos .....	82
<b>Tabela 14</b> - Resumo de output e inputs dos municípios. ....	83
<b>Tabela 15</b> - Resultados obtidos .....	83
<b>Tabela 16</b> - Resultados obtidos .....	84
<b>Tabela 17</b> - Dados da pesquisa e resultados obtidos.....	85
<b>Tabela 18</b> - Dados da pesquisa e resultados obtidos.....	85
<b>Tabela 19</b> - Resultados obtidos Terminal de Óbidos .....	86
<b>Tabela 20</b> - Resultados obtidos Terminal de Faro.....	87
<b>Tabela 21</b> - Resultados obtidos Terminal de Curuá .....	87
<b>Tabela 22</b> - Resultados obtidos Terminal de Alenquer .....	88
<b>Tabela 23</b> - Resultados obtidos Terminal de Prainha.....	88
<b>Tabela 24</b> - Resultados obtidos Terminal de Terra Santa.....	89

## **LISTAS DE SIGLAS**

**ANTAQ** – Agencia Nacional de Transportes Aquaviários

**TECEJUTA** – Companhia de Fiação e Tecelagem de Juta de Santarém

**SWOT** – Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats)

**CDP** – Companhia Docas do Pará

**CPH** – Companhia de Portos e Hidrovias do Estado do Pará

**DMU** – Decision Making Units

**DEA** – Data Envelopment Analysis

**VRS** – Retorno variável em escala

**CRS** – Constant return to scale

**RTS** – Returns to scale

**INPUT** – Entrada

**OUTPUT** – Saída

## LISTA DE SÍMBOLOS

“ $\varepsilon$ ” – constante infinitesimal não arquimediana;

“ $s$ ” – folga do produto;

“ $e$ ” – folga do insumo;

“ $Y$ ” – vetor de produtos;

“ $X$ ” – vetor de insumos;

“ $\mu$ ” – pesos atribuídos aos produtos;

“ $v$ ” – pesos atribuídos aos insumos;

“ $w$ ” – intercepto;

“ $\lambda$ ” – proporções das quantidades de insumos e produtos

das unidades de referência que devem ser utilizadas pelas unidades ineficientes;

“ $\theta$ ” – redução proporcional de insumos;

“ $\varphi$ ” – aumento proporcional dos produtos;

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	19
1.2	HIPÓTESE .....	20
1.3	OBJETIVOS.....	20
1.3.1	OBJETIVO GERAL.....	20
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	21
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....	<b>22</b>
2.1	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS .....	22
2.1.1	MODELO CCR.....	26
2.1.1.1	Modelo CCR Orientado a Inputs .....	27
2.1.1.2	Modelo CCR Orientado a Outputs.....	28
2.1.2	MODELO BCC .....	29
2.1.2.1	Modelo BCC Orientado a Inputs .....	29
2.1.2.2	Modelo BCC Orientado a Outputs .....	30
2.2	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS APLICADO A EFICIÊNCIA DE TRANSPORTES .....	33
<b>3</b>	<b>REGIÃO DE INTEGRAÇÃO DO BAIXO AMAZÔNAS</b> .....	<b>38</b>
3.1	DESCRIÇÃO DOS TERMINAIS HIDROVIÁRIOS.....	39
3.1.1	Terminal Hidroviário de Santarém.....	39
3.1.2	Terminal Hidroviário de Óbidos .....	48

<b>3.1.3</b>	<b>Terminal Hidroviário de Faro .....</b>	<b>51</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Terminal Hidroviário de Monte Alegre .....</b>	<b>54</b>
<b>3.1.5</b>	<b>Terminal Hidroviário de Curuá .....</b>	<b>57</b>
<b>3.1.6</b>	<b>Terminal Hidroviário de Alenquer.....</b>	<b>60</b>
<b>3.1.7</b>	<b>Terminal Hidroviário de Almeirim .....</b>	<b>63</b>
<b>3.1.8</b>	<b>Terminal Hidroviário de Prainha.....</b>	<b>67</b>
<b>3.1.9</b>	<b>Terminal Hidroviário de Terra Santa .....</b>	<b>71</b>
<b>3.1.10</b>	<b>Terminal Hidroviário de Santana do Tapará.....</b>	<b>75</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>79</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>82</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>90</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>92</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O transporte aquaviário, dada sua capacidade de comportar grandes quantidades de cargas e passageiros com menor custo operacional, comparado aos demais modais, atua na economia global como o meio de transporte de maior benefício para grandes distâncias, dando ênfase às demandas de segurança, custo e qualidade. Em escala menor, o transporte fluvial especificamente, é caracterizado por ser uma excelente alternativa de escoamento de cargas e passageiros, principalmente pelo potencial hidroviário do Brasil, que este detém regiões com extensa malha aquaviária, cujas conexões incluem inúmeras cidades que se desenvolveram as margens dos rios e os possuem vias de transporte mais relevante.

Em 2018 a Agência Nacional de Transporte Aquaviário – ANTAQ realizou um estudo onde o propósito fundamental era obter "uma visão completa e precisa do transporte fluvial de passageiros em toda a vasta Região Amazônica, não se limitando apenas às rotas reguladas pela Agência". Para atingir esse objetivo abrangente, foi enfatizado que a pesquisa também incorporou as linhas de transporte estaduais. O estudo avaliou um total de 317 linhas, das quais 249 estaduais, de competência do órgão regulador estadual, 59 linhas interestaduais, fiscalizadas pela ANTAQ, e nove travessias. A pesquisa avaliou ainda 602 embarcações e 106 terminais, nos quatro estados amazônicos. Deste modo, conforme aumento do transporte fluvial e o impacto deste nas relações comerciais internas e externas de um país, portos e terminais hidroviários são construídos para atender às necessidades do fluxo de embarcações em determinadas localidades, visando possibilitar a atracação de modo seguro, além de viabilizar o transbordo adequado de passageiros e cargas. Com esse crescimento o Governo do Estado do Pará através da Companhia de Portos e Hidrovias do Estado do Pará – CPH, realizou estudos no Estado apresentando propostas e concluindo infraestruturas portuárias.

No ano de 2021 foram entregues 10 Terminais Hidroviários na região de integração do Baixo Amazonas, sendo eles nas localidades: Almeirim, Prainha, Monte Alegre, Alenquer, Santarém, Curuá, Óbidos, Terra Santa, Santana do Tapará e Faro. Todas desfrutam de áreas segregadas de cargas e passageiros, com área naval disposta de flutuantes e rampas fixas e articuladas.

A infraestrutura de um terminal ou porto, deve considerar o porte das embarcações a serem recebidas, o tráfego fluvial na hidrovia, a localização e a condição do canal de

navegação, as rotas e conexões com o modal rodoviário e ferroviário, além de diversos outros critérios, como quantidades de usuários, relação custo e retorno, bem como, tempo de vida útil, uma vez que, o avanço das embarcações e o conseqüente aumento de seu porte ocorre em velocidade superior à adequação ou reestruturação de um terminal para recebimento destas.

De acordo com a Lei Federal nº 10.233/2001, é de competência da ANTAQ a regulação da exploração da infraestrutura portuária no Brasil (BRASÍLIA, 2001). Ao iniciar a apresentação dos dados sobre os terminais hidroviários, o relatório executivo da ANTAQ traz, inicialmente, a seguinte definição sobre terminal:

“O terminal é a parte do sistema de transporte onde se realiza a integração entre dois ou mais modos de transporte ou entre dois veículos do mesmo modal. Como elemento de conexão, o terminal deve oferecer uma infraestrutura e arranjos mínimos que possibilitem a transferência entre os modos de transporte de forma eficiente, segura e confortável.

Com muitos municípios originados às margens dos rios do norte do país, a malha hidroviária torna-se a principal responsável pela mobilidade da população da região e em muitos locais, a única. Santarém se destaca como um dos polos mais importantes do estado do Pará e de sua região, em função da quantidade de portos e terminais para transbordo de cargas como soja e outras commodities, sendo também uma cidade que interliga por meio fluvial diversos municípios do oeste do Estado, apresentando grande número de usuários do transporte aquaviário. Assim, avaliado como uma necessidade perante o governo estadual, o Terminal Hidroviário de Santarém e como todos os outros 9 terminais, foram desenvolvidos com o intuito de proporcionar infraestrutura adequada para o público que dependem diariamente da navegação interior para se locomover. Ademais, o terminal também é habilitado para recebimento de cargas, apesar de não ser especializado para um tipo específico.

Segundo Falcão (2012), a demanda crescente de avaliação do desempenho portuário com foco na análise de eficiência, ocorre graças à importância mundial do transporte aquaviário. Desta forma, busca-se desenvolver critérios fundamentais para a atuação satisfatória dos terminais em questão, dado seu porte e a quantidade de recursos necessários que foi ofertado na sua construção.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Ao desenvolver um estudo de caso para avaliação da eficiência dos Terminais Hidroviários da região de integração do Baixo Amazonas, a presente pesquisa, justifica-se dado o recente aumento de investimentos no setor de transporte fluvial, como descrito pela ANTAQ.

Segundo Lovell (1993), há duas motivações básicas para medir a eficiência técnica, a principal delas está atrelada à possibilidade de explorar hipóteses sobre as fontes desta eficiência, ou ainda, as propriedades que a ocasionam. Deste modo, compreender as características operacionais e as escolhas realizadas, desde a localização até o arranjo do sistema de atracação, configura importante passo para analisar, a partir do método escolhido, quais as particularidades de maior contribuição para a eficiência de um terminal hidroviário, assim, torna-se possível para empreendimentos futuros, seja de órgãos do governo, ou ainda da iniciativa privada, a seleção de modo mais preciso e fundamentado dos aspectos de maior relevância para o bom desempenho do terminal.

Do ponto de vista teórico, a presente pesquisa, corrobora para a aplicação do método da DEA em função da avaliação da eficiência da infraestrutura portuária, além de determinar dentro das propriedades de um terminal hidroviário, quais as de maior impacto para sua eficiência, evidencia as condições de contorno para alcance dos resultados almejados, conforme será retratado ao longo desta pesquisa. Destacando a possibilidade de auxílio em estudos futuros de viabilidade de terminais na região, uma vez que, ao demonstrar a validade do método utilizado para avaliar a eficiência técnica dos referidos terminais, torna-se possível alcançar conclusões capazes de elucidar e mitigar as problemáticas enfrentadas por responsáveis técnicos em relação à elaboração de projetos, orçamentos e demais tomadas de decisões para definição dos principais aspectos do terminal, além das particularidades deste que mais impactam em sua vida útil.

## **1.2 HIPÓTESE**

A abordagem da DEA se destaca como excelente ferramenta para avaliar a eficiência dos terminais da Região de Integração do Baixo Amazonas, além disso, ela se apresenta como uma maneira eficaz de auxiliar no processo de identificação de áreas passíveis de otimização e aprimoramento operacional.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar a eficiência dos terminais hidroviários da Região de Integração Baixo Amazonas dentro dos critérios estabelecidos por intermédio do método da Análise Envoltória de Dados (DEA).

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para alcance do intuito principal desta pesquisa outros objetivos precisam ser atingidos dentre estes destacam-se:

1. Validar a análise envoltória de dados;
2. Identificar as variáveis de maior relevância e;
3. Desenvolver um modelo da DEA de dados para a eficiência técnica.

## **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Esta seção tem como objetivo apresentar a estrutura desta pesquisa, enfatizando a organização dos capítulos, conforme descrito a seguir:

O Capítulo 1, como anteriormente mencionado, apresenta-se o trabalho por meio da introdução, justificativa, hipótese, objetivo geral e específicos, bem como delineando a estrutura da pesquisa.

O capítulo 2 tem-se a Eficiência técnica (ou operacional) Fundamentação teórica, onde busca-se contextualizar as temáticas centrais deste estudo, proporcionando uma base sólida para compreender as questões que norteiam o presente trabalho.

No capítulo 3, destaca-se uma visão abrangente da Região de Integração do Baixo Amazonas, enriquecendo o desenvolvimento desta pesquisa.

O Capítulo 4 oferece uma abordagem detalhada da metodologia empregada na pesquisa, incluindo, a apresentação das fontes de dados e a formalização dos modelos propostos.

No Capítulo 5, são apresentados os resultados derivados da aplicação metodológica, fornecendo uma análise detalhada dos cenários obtidos com base nos valores da eficiência. Já o Capítulo 6 contempla as considerações finais do trabalho, consolidando as conclusões e destacando os entendimentos fundamentais derivados desta pesquisa. E por fim, são apresentadas as referências bibliográficas que serviram como base para a formação desta dissertação.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS – DEA**

O conceito base para compreender a eficiência se deu, de acordo com Pearson (1993), por meio do processo de produção, onde ocorre a transformação de insumos (inputs) em produtos (outputs), por exemplo. Sendo ainda um conceito embrionário, no entanto, serve de fundamento para avaliações mais sofisticadas com amplas aplicações da análise de eficiência, assim, a afirmação de Pearson generaliza o que seria eficiência técnica.

Independentemente da abordagem ou do método elaborado para alcance da eficiência técnica, está sempre será, matematicamente, igual ou menor que 1, onde o valor igual a 1 corresponde a um serviço, uma produção, ou ainda, uma atividade tecnicamente eficiente. Atualmente existem diversos métodos para alcançar a eficiência técnica, podendo estes serem aplicados às mais diversas áreas, no entanto, existe especialização ou adequação de alguns a setores específicos, conforme suas particularidades.

Assim, o método selecionado para análise da eficiência do terminal hidroviário em questão, apresenta histórico de aplicabilidade no âmbito portuário, bem como, é apropriado aos critérios de controle estabelecidos, segundo estudos já realizados.

Conforme afirmação de Dowd e Leschine (1990), a produtividade de um terminal depende do uso eficiente da terra, trabalho e capital. Acerca disto, pode-se concluir a relevância de insumos tão básicos como área disponível do terminal.

Lopes (2015), compreende acerca da assertiva acima:

“Para produzir as saídas das operações portuárias, certos tipos de entradas são requeridos. (...) Terra neste caso representa o espaço utilizado para as movimentações. O trabalho representa a mão de obra e equipamentos usados nessas movimentações e o capital seria o investimento realizado”.

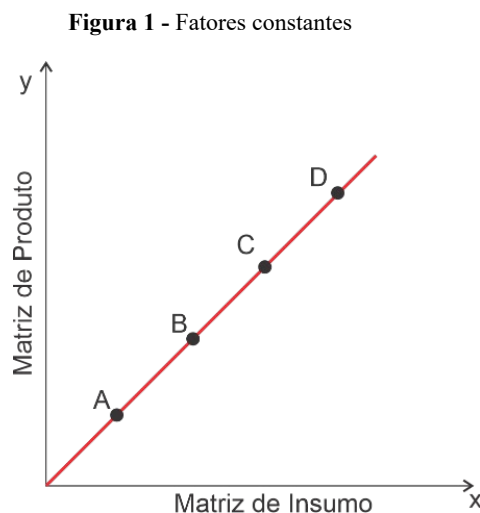
Em geral, ao estabelecer os alicerces da eficiência técnica e determinar como esta caracteriza um indicador fundamental para avaliação do desempenho de um terminal, faz-se preciso determinar o método pelo qual esta será obtida. No caso, os métodos pelos

quais é possível, de modo válido, calcular a eficiência técnica, em específico para terminais hidroviários. Desta forma, a fundamentação teórica a seguir está centralizada na demonstração das bases conceituais e nos modelos de cálculo do método adotado nesta pesquisa, a DEA. Descritos e explanado com a maior riqueza de detalhes para embasamento metodológico adequado e para consequente aplicação em prol de resultados satisfatórios em relação à confiabilidade dos dados.

A Análise Envoltória de Dados ou *Data Envelopment Analysis* (DEA), é caracterizada pela elaboração de uma fronteira de eficiência desenvolvida a partir de modelos de programação linear por meio de uma chamada superfície linear, onde se encontram as observações cuja posição está acima das demais. Pertencentes a este método de análise, existem Unidades de Tomada de Decisão ou, *Decision Making Units* (DMU), cuja avaliação é realizada de modo individual ao calcular sua eficiência prática em relação ao seu conjunto, por intermédio da distância entra a observação e a fronteira determinada.

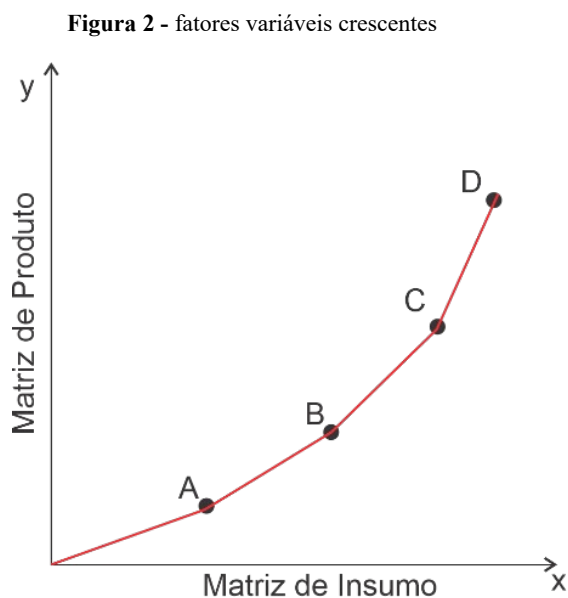
Os fatores de escala representam as respostas da produção diante do aumento da quantidade de recursos (inputs) e podem ser categorizados como constantes ou variáveis.

Fatores constantes sugerem que a quantidade de recursos (inputs) aumentará ou diminuirá de forma proporcional à quantidade dos produtos (outputs) gerados. Conforme ilustra a Figura 1



**Fonte:** Autora (2023)

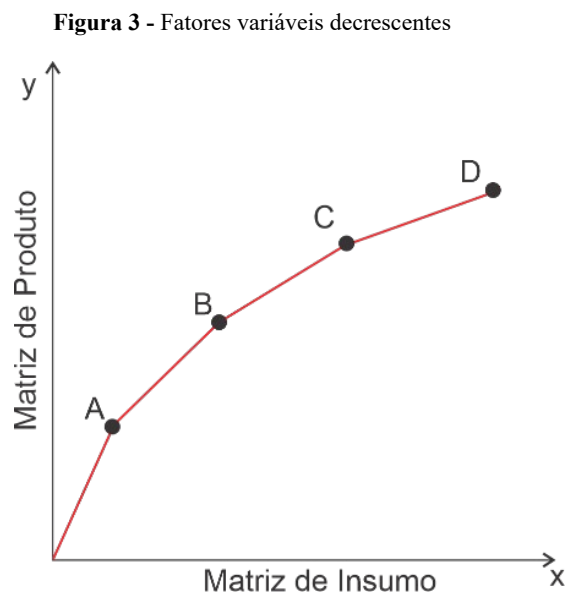
Os fatores variáveis podem ser classificados em crescentes ou decrescentes (Figura 2).



Fonte: Autora (2023)

Os fatores variáveis crescentes acontecem quando o aumento dos recursos (*inputs*) provoca aumento mais que proporcional nos produtos (*outputs*)

A figura 3 apresenta o gráfico quando os fatores são decrescentes, em que os acréscimos de recursos (*inputs*) provocam aumento menos proporcional.

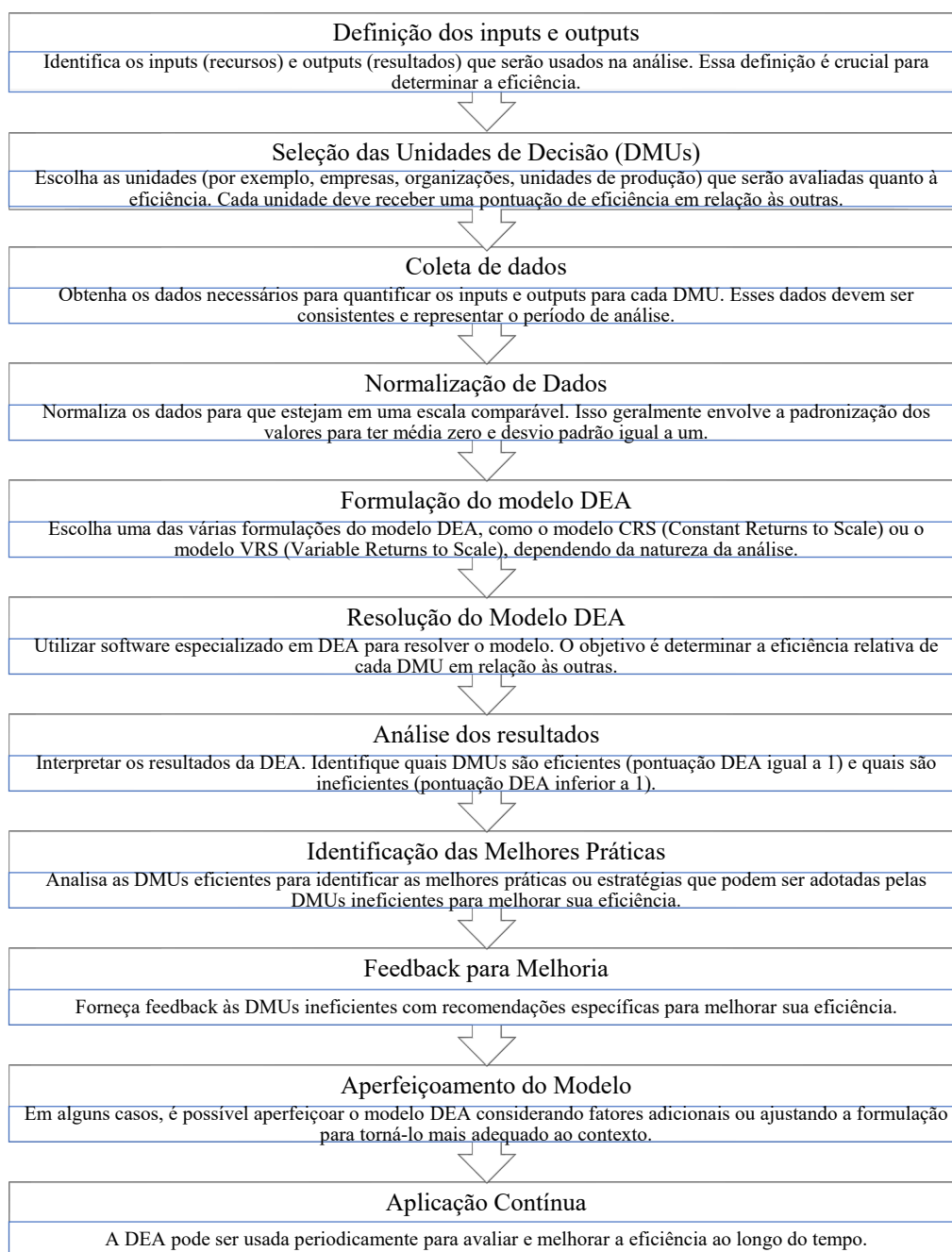


Fonte: Autora (2023)



Um dos pontos positivos da utilização da DEA, consiste em seus resultados fornecerem avaliações de desempenho particular e relativo de todos os critérios incluídos aos conjuntos de observações. Conforme afirmam Seiford e Thrall (1990), há apenas duas obrigatoriedades na aplicação deste método, a primeira é que todas as Unidades de Tomada de Decisão estejam acima ou abaixo da fronteira de eficiência, já a segunda obrigatoriedade consiste na necessidade de comparabilidade entre estas. Segue abaixo o fluxo das etapas do DEA (Tabela 1).

**Tabela 1 - Fluxograma DEA**



Fonte: Autor (2023)

Outra característica que possibilita a adequação deste método aos mais diversos âmbitos, é a capacidade deste de utilizar vários outputs e inputs, permitindo a modelagem específica e coerente à quantidade de critérios desejados.

De acordo com Charnes (1978), com a análise individual de cada unidade, a DEA admite que cada unidade atua em prol de otimizar seus recursos, desta forma, pode-se definir os pesos de seus inputs e outputs, tal processo é realizado com as demais unidades de modo particular conforme suas especificidades. Em sequência, unidade por unidade deve ser analisada pela ótica das demais, caso esta seja eficiente, alcançará o maior índice na avaliação da maior quantidade de unidade.

Com o desenvolvimento deste método, foram criados modelos fundamentais de sua aplicação. Existem dois modelos que são considerados clássicos CCR e o BCC.

### 2.1.1 MODELO CCR

O modelo CCR, (CCR refere-se aos sobrenomes dos criadores - Charnes, Cooper e Rhodes), é uma das abordagens mais básicas da DEA. Neste modelo, as unidades de decisão são avaliadas em relação às suas entradas e saídas. O modelo CCR assume que as unidades de decisão operam sob retorno constante de escala, o que significa que as variações entre as entradas e saídas são proporcionais. As entradas (inputs) são os recursos que as unidades de decisão consomem, enquanto as saídas (outputs) são os produtos ou serviços que elas produzem (COSTA e TAVARES, 2014).

O objetivo do modelo CCR é determinar a eficiência relativa de cada unidade de decisão. Uma unidade é considerada eficiente se não for possível aumentar a produção de saídas sem aumentar as entradas. Em outras palavras, não é possível melhorar a produção sem utilizar mais recursos. Unidades ineficientes são aquelas que podem melhorar sua produção sem aumentar as entradas ou, alternativamente, reduzir as entradas mantendo a mesma produção. Sendo assim, define-se a eficiência como sendo a razão entre a soma ponderada dos produtos (output) e a soma ponderada dos insumos (inputs)

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Soma ponderada dos outputs}}{\text{Soma ponderada dos inputs}}$$

O modelo CCR pode ser formulado matematicamente da seguinte forma para uma unidade de decisão DMU<sub>i</sub>:

Maximizar  $\theta_i$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^m \lambda_j \times Input_{ij} \leq \theta_i \times \sum_{j=1}^m \lambda_j \times Input_{rj} \quad \forall_r \in \text{DMU}$$

$$\sum_{j=1}^m \lambda_j \times Output_{ij} = \sum_{j=1}^m \lambda_j \times Output_{rj} \quad \forall_r \in \text{DMU}$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall_j = 1, 2, \dots, m$$

Sendo:

$\theta_i$  é a eficiência da unidade de decisão DMU<sub>i</sub>;

$\lambda_j$  são os pesos atribuídos às unidades de decisão, indicando a proporção em que elas contribuem para a eficiência da unidade DMU<sub>i</sub>;

$Input_{ij}$  representa a quantidade da entrada j consumida pela unidade DMU<sub>i</sub>;

$Output_{rj}$  representa a quantidade da saída j produzida pela unidade DMU<sub>i</sub>;

m é o número de entradas ou saídas consideradas na análise.

Após a execução do modelo DEA CCR, as unidades de decisão são classificadas em eficientes ou ineficientes com base nos valores de eficiência calculados. As unidades eficientes são aquelas com eficiência igual a 1, enquanto as unidades ineficientes têm eficiência inferior a 1 (WILHELM, 2013).

#### 2.1.1.1 Modelo CCR Orientado a Inputs

Este modelo determina a eficiência pela otimização da divisão entre soma ponderada das saídas (outputs) e a soma ponderada das entradas (inputs). O modelo permite que cada DMU “escolha” os pesos para cada variável (entrada ou saída) da forma mais adequada, desde que esses pesos aplicados às outras DMUs não gerem uma razão superior a 1.

O problema é transformado em um problema de programação linear (PPL), conforme apresentado abaixo.

$$\begin{aligned} & \text{Max } \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} = \text{Eff}_0 \\ & \text{sujeito a} \\ & \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} = 1 \\ & \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \quad \forall k \\ & v_i, u_j \geq 0, \forall i, j \end{aligned}$$

onde  $\text{Eff}_0$  é a eficiência da DMU 0 em análise;  $v_i$  são os pesos das entradas (inputs)  $i$  ( $i=1, \dots, r$ );  $u_j$  são os pesos das saídas (outputs)  $j$  ( $j=1, \dots, s$ );  $x_{ik}$  são as entradas  $i$  da DMU  $k$  ( $k=1 \dots n$ );  $y_{jk}$  são as saídas  $j$  da DMU  $k$ ;  $x_{i0}$  e  $y_{j0}$  são as entradas  $i$  e saídas  $j$  da DMU 0.

A formulação matemática desse modelo permite que uma DMU seja considerada eficiente com vários conjuntos de pesos.

### 2.1.1.2 Modelo CCR Orientado a Outputs

Neste modelo, busca-se maximizar as saídas mantendo inalteradas as entradas. A formulação matemática é apresentada abaixo.

$$\begin{aligned} & \text{Max } h_0 \\ & \text{sujeito a} \\ & x_{j0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\ & -h_0 y_{j0} + \sum_{j=1}^s y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad \forall j \\ & \lambda_k \geq 0, \forall k \end{aligned}$$

onde  $h_0$  é a eficiência ( $h_0 = 1 / \text{Eff}_0$ ) e  $\lambda_k$  é a contribuição da DMU  $k$  na formação do alvo da DMU 0.

Em uma análise do modelo, é observado que  $h_0$  representa por quanto todos os produtos devem ser multiplicados, mantendo-se constantes os recursos (entradas), para a DMU 0 atingir a fronteira de eficiência.

Após a execução do modelo DEA CCR, as unidades de decisão são classificadas em eficientes ou ineficientes com base nos valores de eficiência calculados. As unidades

eficientes são aquelas com eficiência igual a 1, enquanto as unidades ineficientes têm eficiência inferior a 1 (WILHELM, 2013).

### 2.1.2 MODELO BCC

O modelo BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984), também conhecido como VRS (Variable Return Scale), pressupõe que as DMU's avaliadas apresentem retornos variáveis de escala. O modelo determina uma fronteira VRS que considera retornos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente. Considera que um acréscimo no input poderá promover um acréscimo no output, não necessariamente proporcional, ou até mesmo um decréscimo. O modelo BCC surgiu como uma forma de eficiência resultante da divisão do modelo CCR em duas componentes: eficiência técnica e a eficiência de escala (SIMIONATO, 2019). Além disso, o modelo substitui a proporcionalidade encontrada no modelo CCR pelo axioma da convexidade.

Matematicamente, a convexidade da fronteira equivale a uma restrição adicional ao PPL.

#### 2.1.2.1 Modelo BCC Orientado a Inputs

Matematicamente, este modelo possui a seguinte formulação:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } h_0 \\
 & \text{sujeito a} \\
 & h_0 x_{j0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\
 & -y_{j0} + \sum_{j=1}^s y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad \forall j \\
 & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{aligned}$$

### 2.1.2.2 Modelo BCC Orientado a Outputs

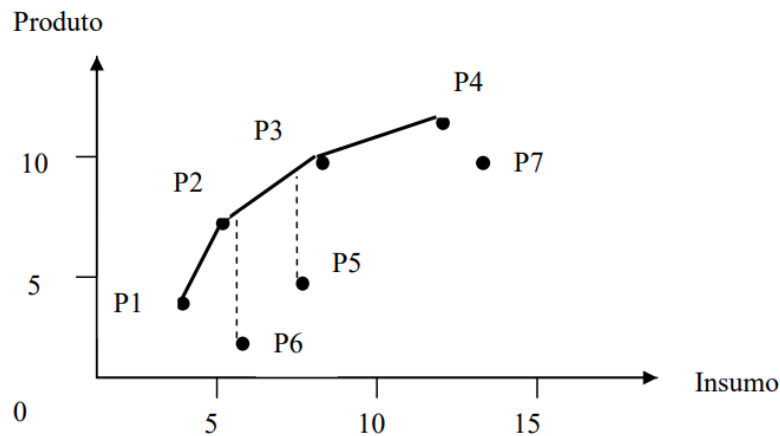
A formulação matemática do modelo BCC orientado a outputs é dado por

$$\begin{aligned} & \text{Max } h_0 \\ & \text{sujeito a} \\ & x_{j0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\ & -h_0 y_{j0} + \sum_{j=1}^s y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad \forall j \\ & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\ & \lambda_k \geq 0, \forall k \end{aligned}$$

Assim como no modelo DEA CCR, as unidades de decisão são classificadas como eficientes ou ineficientes. Unidades com eficiência igual a 1 são eficientes no uso de seus recursos, enquanto unidades com eficiência inferior a 1 são consideradas ineficientes. A principal diferença é que, no modelo BCC, as ineficiências podem ser causadas tanto por ineficiências técnicas (a unidade não está usando seus recursos da melhor forma possível) quanto por ineficiências de escala (a unidade está operando em uma escala inadequada). A escolha entre esses modelos depende da compreensão do contexto específico da análise e das características das unidades de decisão sob investigação (WILHELM, 2013).

Com base nas expressões apresentadas, Charnes et al (1996), representou de modo gráfico o modelo com orientação para produtos, dando origem ao gráfico abaixo, resultante da aplicação deste em casos teóricos cujo objetivo central era atingir o máximo de eficiência para parâmetros semelhantes de insumos (Figura 4).

**Figura 4** - Superfície Envoltória para um Modelo (BCC) Orientado para Produto.



**Fonte:** Charnes et al (1996)

Um dos fatores de grande importância para a análise e aplicação do modelo apresentado, consiste nos vetores de peso e, conseqüentemente nas restrições nos pesos, caracterizadas pela imposição de limites, tanto inferiores, quanto superiores, onde estas conduzem à diminuição do número de unidades eficientes. Autores como Roll & Golany (1993), afirmam que por meio da estrutura de programas lineares fundamentados pelo DEA, é possível estabelecer uma quantidade significativa de soluções alternativas, caracterizadas por diferentes vetores de peso.

Na prática, em diversos empregos do DEA, demais soluções não são consideradas, ou ainda, passam despercebidas em virtude da utilização do primeiro vetor de pesos considerado ótimo, ser gerado pelo software, assim, compreende-se que quanto maior o número de restrições determinadas, menor será a quantidade de soluções alternativas, no entanto, a unicidade nunca será alcançada.

A redução da quantidade de soluções não indica que as restrições na seleção dos pesos devam ser abolidas, uma vez que, a falta destas é capaz de gerar atribuições de pesos irrealis em prol de altas eficiências, por parte do software. Deste modo, outro autor, Novaes (2001), contribui ao afirmar que a restrição dos pesos necessita considerar a grande diferença verificada nos pesos de certa variável, dentre as DMUs.

Em suma, a citação abaixo de Novaes (2011) esclarece como os limites, ou ainda, as restrições de pesos podem ser determinadas.

“Os limites inferior e superior da relação entre pesos são definidos a partir da variação existente nesses pesos atribuídos pelas DMUs. Esses limites vão sendo restringidos gradativamente até se perceber que essa variação é razoável para aquelas variáveis analisadas. Um critério que pode ser aplicado é verificar a relação média entre os pesos de duas variáveis (dois insumos ou dois produtos) atribuídos pelas DMUS, e definir seus limites a partir de um determinado número de desvios padrões distantes dessa média.”

Assim, a delimitação dos limites e das restrições de pesos impostas com base nas variações destes cuja atribuição ocorre por meio das DMUs, possibilita delinear de modo válido e a influência de certos insumos e como estes, em conjunto à seleção dos produtos almejados, geram diferentes métodos para alcance de uma alta eficiência, entretanto, como já explanado, o aumento nas restrições e, por consequência, certo enrijecimento no arranjo e nas relações das grandezas existentes em tal método, afunila as possibilidades de altas eficiências, em virtude da quantidade de critérios estabelecidos e não alteráveis para obtenção desta.

Destaca-se a característica de programação linear do DEA, capaz de possibilitar melhores interpretações e dados de maior confiabilidade mediante amostras menores, embora haja uma grande flexibilidade para aplicação deste método em relação à quantidade de insumos e produtos.



## 2.2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS APLICADO A EFICIÊNCIA DE TRANSPORTES

A eficiência, no contexto operacional de infraestruturas de transporte, refere-se à capacidade de otimizar recursos e processos para alcançar objetivos específicos, garantindo a melhor relação entre insumos e resultados. No campo aeroportuário e de terminais rodoviários de passageiros, a eficiência torna-se um indicador crucial para medir o desempenho global dessas instalações, considerando a complexidade das operações e a satisfação do usuário como elementos fundamentais (BUTTON E NIJKAMP, 1997). A seguir, apresentam-se algumas referências que exploram a aplicação da DEA na avaliação da eficiência em aeroportos, terminais rodoviários, portos e terminais hidroviários.

A satisfação do passageiro em aeroportos, um tema de grande importância para a comunidade científica e operadores, tem sido extensivamente estudada, mas frequentemente de forma dissociada da avaliação da eficiência aeroportuária. A literatura nacional e internacional aponta para essa lacuna, destacando a necessidade de integrar as variáveis de percepção do usuário na análise da eficiência. No artigo "Eficiência dos terminais aeroportuários brasileiros considerando a percepção de satisfação do passageiro" de Negri e Ronzani Borille (2019), a Análise Envoltória de Dados (DEA) é empregada como método para avaliar a eficiência de aeroportos brasileiros. O modelo DEA-BCC permite a análise de múltiplas variáveis, incluindo a satisfação dos usuários como um dos principais indicadores de desempenho. Os resultados destacam a relevância de incorporar a percepção do usuário na avaliação da eficiência aeroportuária, evidenciando que 46,66% dos aeroportos avaliados atingiram eficiência máxima relativa em 2016.

Além disso, no estudo "Análise da eficiência em terminais rodoviários de passageiros" de Da Silva e Assumpção (2013), a Análise Envoltória de Dados é aplicada em terminais rodoviários sob Parceria-Público-Privada (PPP). A pesquisa não apenas avalia a eficiência operacional, mas também fornece diretrizes para melhorias com base nos resultados da DEA, considerando o nível de saturação da infraestrutura em oito terminais administrados pela mesma concessionária.

Outros trabalhos fizeram uso do método da DEA para a avaliação da eficiência de portos brasileiros.

Tiscoski (2016), avaliou a eficiência operacional dos portos públicos brasileiros. Para tanto, utilizou dentre as técnicas de análise da fronteira de eficiência operacional existentes, as funções de produção, a função custo e a Análise Envoltória de Dados (DEA), como sendo as mais utilizadas em estudos dessa natureza. Por se tratar de portos operacionalmente semelhantes, que movimentam as mesmas cargas, a opção selecionada para aplicação foi o método DEA. As variáveis de entrada e saída foram selecionadas a partir dos dados coletados nos portos e terminais em estudo. Inicialmente foram selecionados sete portos públicos como unidades tomadoras de decisão (DMU); no entanto, alguns desses foram segregados em terminais portuários, para aproximar os resultados à realidade operacional do porto. Sendo assim, o método foi aplicado a 14 DMUs, com duas variáveis de input e outras duas de output. Observou-se, a partir dos primeiros resultados do DEA, que três unidades tomadoras de decisão foram caracterizadas como eficientes: o Porto de Porto Velho, o Porto de Santos, Terminal Exportador do Guarujá e o Porto de São Francisco do Sul. Quando analisada a eficiência invertida, o Porto de Porto Velho foi o que se apresentou mais eficiente. Os resultados obtidos, por meio da análise DEA, condizem com a realidade operacional apresentada pelas DMUs, evidenciando que um dos fatores de maior impacto na eficiência operacional de um porto é a produtividade. Essa constatação torna válida a aplicação do método DEA para análises de eficiência operacional em terminais portuários.

A produção e a exportação de grânéis vegetais são atividades de grande relevância para a economia brasileira, e em razão disso, VITOI (2019) avaliou de maneira quantitativa se os complexos portuários brasileiros possuem capacidade operacional para lidar com a crescente demanda externa por grânéis sólidos vegetais. Inicialmente foram calculadas as projeções de demanda por exportação, a partir do emprego do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários. A amostra compreendeu os anos de 1997 a 2017. A partir do modelo ajustado, foram realizados testes de previsão de demanda para os anos de 2018 a 2021, cujos resultados apresentaram erros estatisticamente aceitáveis. As projeções de demanda se tornaram os outputs do modelo para avaliação da capacidade operacional dos portos nacionais, para o qual foi empregado o método Análise Envoltória de Dados. De acordo com este método, os terminais portuários brasileiros que manuseiam o granel vegetal foram considerados unidades tomadoras de decisão, sendo empregadas três variáveis da infraestrutura dos portos como inputs: comprimento de berço, capacidade estática e taxa de produção dos equipamentos de embarque. Ao final, foi possível concluir

que os portos brasileiros têm capacidade para lidar com as exportações esperadas de grãos sólidos vegetais, considerando a operação na fronteira de produtividade, e desde que os investimentos programados sejam concretizados.

Barros e Almeida (2019) apresentaram uma proposta de demonstrar o fluxo da movimentação de carga através das operações portuárias na região norte com foco no porto de Manaus, e com isso poder ter uma melhor visualização de sua utilização e eficiência quando comparado a outros portos. Inicialmente são apresentados uma visão geral dos Portos e os elementos que configuram uma operação portuária com ênfase na movimentação de cargas e os recursos necessários para o devido funcionamento e atendimento aos clientes no tempo estimado. Para metodologia adotou-se o uso das ferramentas da qualidade para criar uma base sólida ao estudo. O tratamento de dados foi realizado utilizando o método da DEA para se pudesse ter uma visualização da capacidade e utilização reais bem como fazer um estudo futuro das possibilidades de diminuição de custos logísticos melhorando o nível de serviço durante as transações e evitando a saturação ou ociosidade do porto. Constatou-se, através da DEA, que as instalações no porto de Manaus, possuem instalações ociosas, podendo ter sido resultado problemas de gestão no planejamento do porto.

Com o objetivo de desenvolver um sistema de avaliação de desempenho Fatoretto e Oliveira (2019) analisaram a eficiência das rotas logísticas para exportação da soja com base nas dimensões econômica, social e ambiental. Os resultados apresentados evidenciam o benefício da utilização da intermodalidade no escoamento da produção conectando as regiões produtoras aos portos tradicionais de exportação, como Santos-SP e Paranaguá-PR. Entretanto, novas rotas se destacam com destino aos portos conhecidos como Portos do Arco Norte, mas demandam de novos projetos logísticos capazes de promover a integração dos modais ferroviário e hidroviário aos terminais de transbordo e, a partir daí, para os portos de exportação.

Silva (2016) desenvolveu uma pesquisa medir a eficiência relativa das operações de terminais rodoviários de passageiros, que representariam o elemento integrador no sistema de transporte. Os terminais rodoviários de passageiros analisados estão localizados em diferentes Estados Brasileiros. Nesta análise foi utilizada a técnica Análise por Envoltória de Dados (DEA). Para tanto, desenvolve-se um modelo para sistematizar esta análise no contexto de terminais rodoviários de passageiros administrados por empresa privada, a partir de uma amostra intencional de nove terminais, com dados

referentes ao ano de 2015. As variáveis empregadas nessa avaliação foram dois inputs (área construída e número de funcionários) e um output (fluxo de passageiros mensal). Utilizou-se o DEA-BCC orientado para o output para identificar quais terminais apresentaram ineficiência técnica, bem como as possíveis melhorias para que estes terminais tornem-se eficientes, tendo como benchmarks os terminais eficientes, visando converter uma boa infraestrutura em bom nível de serviços e atendimentos. A partir dos resultados obtidos foi possível verificar que a decisão para mudança da infraestrutura, quando indicado excesso, é sobre horizonte de longo prazo e demanda investimentos.

MELLO (2005) estudou os processos de produção que usam múltiplos recursos (por exemplo, mão-de-obra, vários tipos de ligas metálicas, peças de terceiros e energia) e tenham como resultado mais de um produto (carros de modelo popular, modelo médio vans e modelo de luxo, por exemplo). Apresentando dois casos práticos de aplicação dos modelos DEA. O primeiro caso refere-se à avaliação de companhias aéreas, e o segundo sobre avaliação em equipamentos.

Falcão e Correa (2012), elaboraram uma avaliação do desempenho portuário para assegurar a competitividade dos produtos nacionais em mercados externos. Neste trabalho foram abordadas as duas principais metodologias de avaliação de eficiência portuária, em especial a Análise Envoltória de Dados. Foram levantadas evidências do desempenho das técnicas existentes e quais se adequam melhor para o caso da avaliação da eficiência portuária.

A DEA, por sua vez, tem como vantagem a possibilidade de analisar múltiplos produtos, porém, com um número reduzido de dados amostrais.

Segundo Reinaldo (2002), a análise da eficiência das organizações é um tema que sempre despertou o interesse de pesquisadores, principalmente devido às dificuldades encontradas para medi-las. Estas análises são imprescindíveis no sentido de identificar os fatores negativos e os problemas existentes nas organizações, visando a extingui-los ou, pelo menos, amenizá-los. Desse modo, procura-se obter uma eficiência ideal, otimizando insumos e produtos utilizados nos processos.

Eficiência pode ser definida como o quanto aquilo que foi medido se aproxima do valor esperado ou quantidade de referência (PEARSON, 1993). Segundo Rios e Maçada (2006), a eficiência é a comparação entre o que foi alcançado (outputs) e o máximo valor

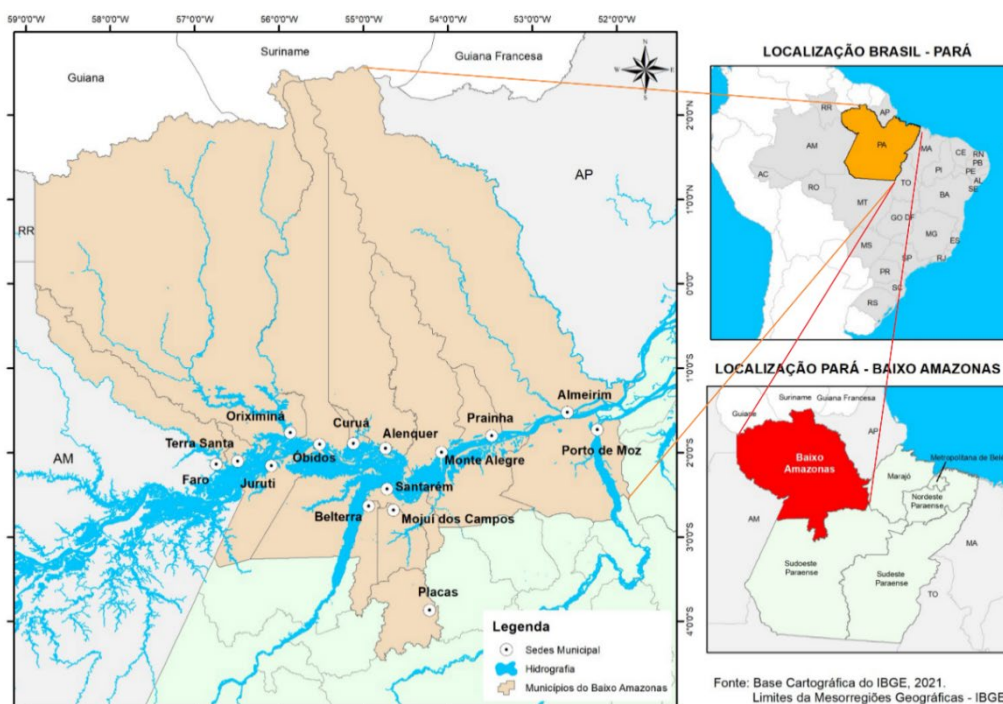
que poderia ser alcançado a partir de recursos utilizados (input). Conforme Clark et al (2001), a eficiência portuária é um importante fator para os custos de transporte. Os autores afirmam, ainda, que se a eficiência de um porto é aumentada de 25 para 75 por cento, os custos de transporte podem ser reduzidos em até 12 por cento. Portos ineficientes encarecem o transporte pelo excesso de manuseio das cargas.

Segundo Saha e Ravisankar (2000), o método DEA seleciona os pesos que maximizam o resultado da eficiência de cada DMU sob as circunstâncias de que nenhum peso seja negativo, que toda a DMU possa usar o mesmo jogo de pesos para avaliar sua própria relação da eficiência e que a resultante desta não exceda 1.

### 3 REGIÃO DE INTEGRAÇÃO DO BAIXO AMAZÔNAS

A região de integração do Baixo Amazonas, no estado do Pará, Brasil, é uma área de grande importância no que diz respeito ao transporte hidroviário. Ela engloba uma vasta rede de rios e afluentes que desaguam no Rio Amazonas e, conseqüentemente, no Oceano Atlântico. Aqui estão algumas informações sobre o transporte hidroviário. (Figura 5).

Figura 5 - Mapas: Brasil, Região Norte e Região de Integração do Baixo Amazonas



Fonte: Elaborado pela Autora 2023

O Baixo Amazonas é cortado por uma extensa rede de rios, incluindo o Rio Amazonas, o Rio Tapajós, o Rio Xingu e muitos outros afluentes menores. Esses rios são as principais vias de transporte na região. Com a construção de diversos portos e terminais ao longo de seus rios, que facilitam o transporte de carga e passageiros. Cidades como Santarém e Óbidos possuem portos importantes. Esses portos são vitais para a economia e a conectividade da região amazônica, facilitando o transporte de mercadorias e pessoas. Eles desempenham um papel estratégico no desenvolvimento econômico e na infraestrutura de transporte da região, contribuindo para o comércio e o transporte de recursos naturais e produtos agrícolas.

A principal forma de transporte na região é por meio de barcos e embarcações fluviais, como barcaças, balsas, lanchas e barcos de carga. Esses meios de transporte são vitais para o comércio, transporte de pessoas e distribuição de mercadorias na região.

A rota de navegação mais importante na região do Baixo Amazonas é a que liga Santarém, na confluência dos rios Tapajós e Amazonas, a Manaus, a capital do estado do Amazonas, mais ao norte. Essa rota é utilizada para o transporte de cargas que entram e saem da região. O transporte hidroviário desempenha um papel crucial na economia da região, permitindo o acesso a áreas remotas, o escoamento da produção agrícola e mineral, bem como o transporte de passageiros. Muitas comunidades ribeirinhas dependem dessas vias fluviais para seu sustento.

O aumento do tráfego de embarcações na região também levanta preocupações ambientais, pois pode resultar em impactos negativos na biodiversidade aquática e na qualidade da água. Medidas de proteção ambiental são necessárias para preservar os ecossistemas aquáticos da região.

É importante notar que a região do Baixo Amazonas é uma área de grande diversidade ecológica, com uma rica fauna e flora, e seu transporte hidroviário desempenha um papel fundamental tanto na economia quanto no meio ambiente local. Portanto, o desenvolvimento sustentável e a preservação ambiental são questões centrais para o futuro da região.

### **3.1 DESCRIÇÃO DOS TERMINAIS HIDROVIÁRIOS**

#### **3.1.1 Terminal Hidroviário de Santarém**

Dentre as importantes áreas urbanas nas margens do rio Amazonas a cidade de Santarém situada na confluência do rio Amazonas com o rio Tapajós possui um intenso fluxo de tráfego fluvial. A zona portuária da cidade é considerada uma das principais rotas hidroviárias da mesorregião do Baixo Amazonas, com a presença de diferentes tipos de embarcações (ANTAQ 2018). Levando-se em consideração a grande quantidade de pontos de atracamento de embarcações ao longo da orla de Santarém, tanto para finalidade comercial quanto para turística a cidade conta com portos públicos e privados.

Os portos e terminais hidroviários localizados na orla da cidade abrigam vários empreendimentos, com atividades que vão desde a exportação de graneis sólidos e líquidos até atividades ligadas ao deslocamento intermunicipal e interestadual.

Durante o processo de implementação do projeto do terminal hidroviário de passageiros e cargas de Santarém, foi elaborada uma análise técnica preliminar com as condições gerais do terreno e condições urbanas do entorno imediato, acessibilidade (vias de acesso e condições de trafegabilidade), existência de área disponível para retroporto, aspectos legais e ambientais e dados e levantamentos batimétricos, em posse desses indicadores técnicos foi possível definir dentre as áreas ofertadas qual oferecia mais benefícios para a construção do terminal, a região escolhida ficava localizada na área TECEJUTA. Outras 3 áreas foram indicadas para avaliação: Praça Tiradentes área 01 (Figura 06), Vila Arigó área 02 (Figura 07), TECEJUTA área 03 (Figura 08) e Parque de Exposições área 04 (Figura 09), no entanto, essas regiões não apresentaram resultados satisfatórios nos modelos de comparação de indicadores técnicos, esse estudo foi realizado pelo governo do estado do Pará e através companhia de portos e hidrovias utilizando a análise SWOT (CPH, 2017). Além dos indicadores técnicos citados foram utilizados dados de movimentação de passageiros fornecidos por pela Prefeitura de Santarém.

**Figura 6** - Praça Tiradentes, área 01



**Figura 7** - Vila Arigó, área 02



Fonte: CPH (2017)



**Figura 9** – TECEJUTA, área 03



**Figura 8** – Parque de exposição, área 04



Fonte: CPH (2017)

O projeto dispôs de várias etapas ao longo da implantação, iniciou com audiências públicas e técnicas onde foram apresentados o projeto de concepção e os estudos para escolha do local do futuro Terminal, seguido pela contratação de projetos de estudos hidrológicos e topo batimétricos da área, arquitetônicos e navais. As obras tiveram início após a liberação da licença ambiental. O projeto tinha como objetivo desenvolver a rede hidroviária interior e a infraestrutura portuária da região, visto que a área de embarque e desembarque de passageiros e cargas era muito rústica e precária, podendo oferecer riscos aos passageiros durante o deslocamento, conforme figuras 10 e 11.

**Figura 10** - Antigo Terminal Hidroviário de Passageiros e Cargas de Santarém, situado às margens do rio Tapajós na praça tiradentes



Fonte: CPH (2017)

**Figura 11** - Antigo terminal Hidroviário de passageiros e cargas de Santarém, situado às margens do rio Tapajós na praça Tiradentes



**Fonte:** CPH (2017)

A Premissa básica para a concepção do Projeto foi criar uma linguagem moderna, regional e ambientalmente equilibrada, além de oferecer aos usuários um serviço de qualidade, com segurança, conforto e respeito às normas vigentes, conforme figura 12.

**Figura 12** - Terminal Hidroviário de Passageiros e Cargas de Santarém – Joaquim da Costa Pereira, no Baixo Amazonas, situado às margens do rio Tapajós.



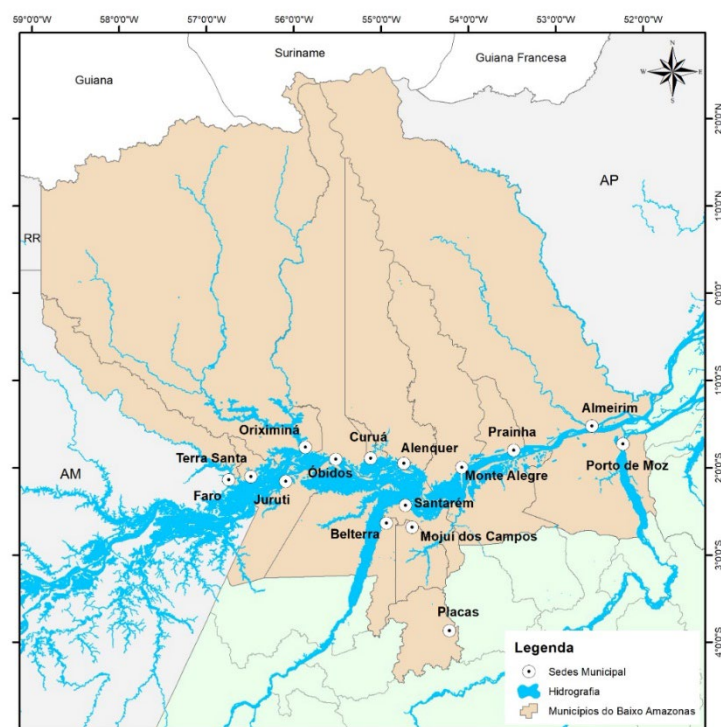
**Fonte:** Agência Pará (2022)

A construção terminal hidroviária de Santarém, caracteriza-se como mais uma obra de um conjunto de obras de infraestrutura do setor fluvial na região norte do país, em

específico, no estado do Pará. Sua elaboração teve como intuito proporcionar mobilidade da população de municípios e regiões dependentes do transporte aquaviário em detrimento de outros modais, além de contribuir para o desenvolvimento da região do oeste do estado.

Segundo dados do IBGE (2022), o município detém uma área de 17.898,389 km, contando com uma população de 331.937 habitantes aproximadamente, ver figura 13. Os setores de destaque da economia do município estão inclusos à agropecuária, ao comércio e nas atividades de administração pública.

**Figura 13** - Mapa da região de Integração do Baixo Amazonas



**Fonte:** Autor (2023)

É possível identificar na Figura 13, o arranjo geográfico estratégico da cidade de Santarém, detento vasta orla e alto potencial de navegação em virtude do encontro do rio Tapajós e do rio Amazonas que contempla margens distantes e grandes profundidades das águas. Conforme as condições hidrográficas favoráveis e o conseqüente trafego aquaviário, compreende-se a demanda das grandes dimensões e da capacidade do terminal, classificado como o maior terminal hidroviário do país, deste modo, dada magnitude do empreendimento, o trâmite para sua locação e posterior implantação começou bem antes do início de sua obra de fato. Ainda em novembro de 2015, por meio

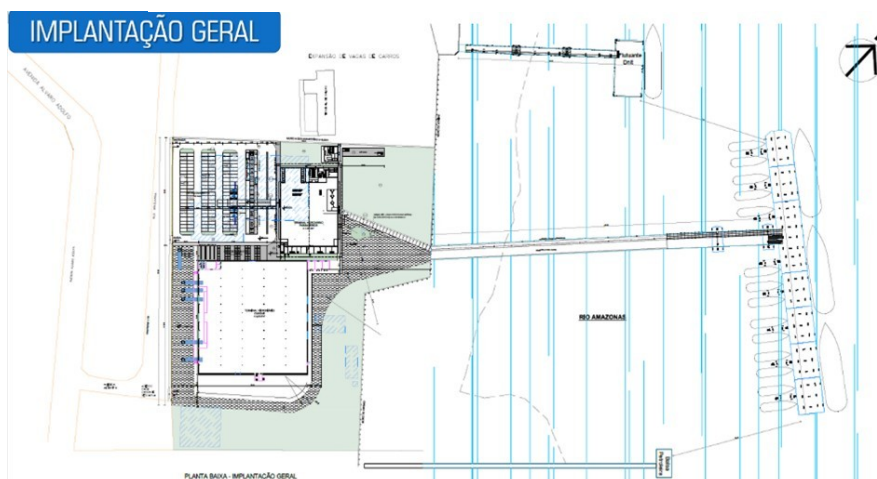
da Lei Municipal nº 19.883, a prefeitura de Santarém desapropriou a área e a concedeu ao governo do estado. Vale ressaltar que a área cedida consiste em uma área portuária, uma vez que, conforme o plano diretor municipal (Lei Municipal nº 18.051/2006), toda área cujo entorno está ocupado por diversas empresas ligadas ao setor portuário de logística e transporte, é determinada como área hábil para atividade portuária.

Deste modo, pelo decreto nº 5.229/2004, trata-se de uma área de porto organizado que pertence a poligonal de Santarém, localizada às margens do rio Tapajós no noroeste do estado do Pará, inclusa a região de integração do baixo amazonas.

Tendo apenas em 2018, por meio da Companhia de Portos e Hidrovias do Pará (CPH), o início da obra de construção do terminal. No entanto, anterior ao começo desta, os órgãos responsáveis desenvolveram um estudo técnico-científico em prol da avaliação da viabilidade econômica e patrimonial desse empreendimento ao longo de uma vida útil estipulada de 20 anos, aproximadamente, já prevendo o aumento da demanda de embarcações do fluxo hidroviário dentro deste período. Estudo este de grande influência na elaboração e obtenção de dados confiáveis sobre o terminal e de suas características contribuintes para eficiência atual.

Em suma, o terminal estudo desta pesquisa, detém uma área construída de 22.137,16 m<sup>2</sup>, contendo terminal de passageiros com 3.600,00 m<sup>2</sup>, além de um terminal de cargas, com 6.500,00 m<sup>2</sup>. Vale mencionar demais áreas importantes para ao conforto dos usuários, tipo: lojas, guichês de passagens, restaurantes entre outros serviços, como o estacionamento que engloba 5.337,16 m<sup>2</sup> e área de operação portuária/naval que contempla 6.700 m<sup>2</sup>. A figura 14 abaixo mostra a planta do terminal.

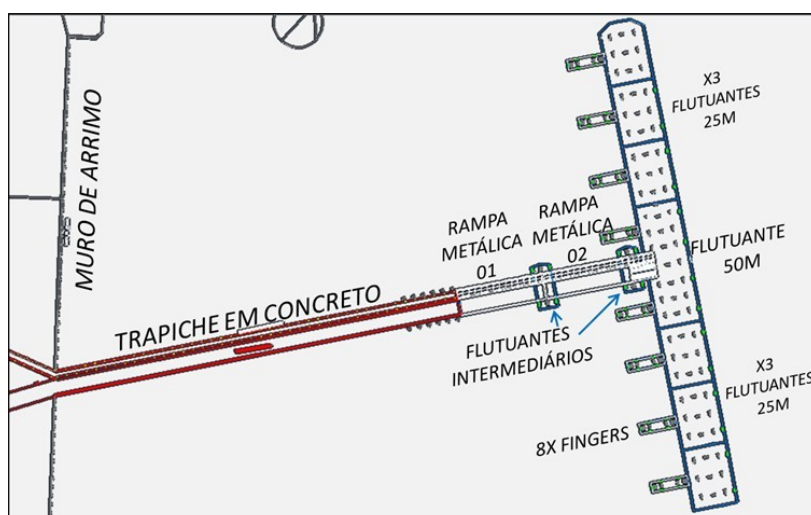
Figura 14 - Planta de localização do terminal hidroviário de Sa



Fonte: CPH (2018)

Em relação ao arranjo naval, este é composto por duas rampas metálicas, apoiadas em dois flutuantes intermediários, que conectam a passarela de concreto aos flutuantes para atracação, sendo 6 flutuantes de 25 metros, 1 flutuante de 50 metros e 8 flutuantes perpendiculares a estes, de menor dimensão. Verifica-se na figura 15, a organização, bem como, o posicionamento dos flutuantes para atendimento tanto de embarcações de maior porte, quanto de barcos miúdos, destinados para atracação nos flutuantes menores, denominados *fingers*, devido sua utilização e localização em relação aos demais.

Figura 15 - Arranjo do conjunto naval do terminal hidroviário de Santarém



Fonte: CPH (2018)

O projeto do terminal hidroviário foi inteiramente pensado para garantir a eficiência operacional, desde o momento da compra das passagens, ao embarque e carregamento, dispondo de compartimentos amplos e acessíveis para usuários com dificuldades motoras. As figuras a seguir retratam a condição de entrega do terminal, pouco antes de sua inauguração em 2021.

A segregação dos passageiros e das cargas, se dá por meio de dois caminhos distintos, ambos contêm rampas metálicas que variam sua inclinação de acordo com alteração do nível do rio, no entanto, para segurança dos passageiros e dos servidores responsáveis pelo transporte das cargas até o prédio de armazenamento, estas não apresentam declividade maior que 10% como é orientado pela NBR 15.450. Como é retratado na figura abaixo, o acesso separado das cargas e dos passageiros aos flutuantes principais de embarque e, subsequentemente, aos flutuantes menores, conforme porte das embarcações de transporte.

**Figura 16** - Arranjo do conjunto naval do terminal hidroviário de Santarém



**Fonte:** CPH (2018)

O terminal encontra-se em uma localização fixa, fazendo uso de uma edificação totalmente acessível que dispõe de uma área segregada de embarque e desembarque de passageiros com dimensões de 3.600 m<sup>2</sup>. Além disso, apresenta um comprimento de berço de atracação de 200,00 m. Nesse contexto, realiza 420 viagens por mês, movimentando um total de 31.116 passageiros, conforme detalhado na Tabela 2.

**Tabela 2** - Output e Inputs do terminal hidroviário de Santarém

<b>TERMINAL HIDROVIÁRIO DE SANTARÉM</b>		
<b>Itens</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quant./Ano 2023</b>
<b>1.</b>	Movimentação do terminal (mês) (output)	31.116
<b>2.</b>	Quantidade de viagens (mês) (input)	420
<b>3.</b>	Comprimento do berço de atracação (m) (input)	200
<b>4.</b>	Área terminal de passageiros (m <sup>2</sup> ) (input)	3600

**Fonte:** Autora (2023)

### 3.1.2 Terminal Hidroviário de Óbidos

Segundo dados do IBGE (2022), o município detém uma área de 28.011,41 km<sup>2</sup>, contando com uma população de 52.229 habitantes aproximadamente, ver figura 17. Os setores de destaque da economia do município estão inclusos à agropecuária, ao comércio e nas atividades de administração pública.



**Fonte:** Autora (2023)

Pode-se ver nas figuras 18 e 19, acesso principal e o Hall de passageiros do referido terminal hidroviário.

**Figura 18 - Acesso ao terminal de Passageiros**



**Fonte:** Agencia Pará



**Figura 19** - Hall de embarque e desembarque de passageiros



**Fonte:** Agencia Pará

O terminal localiza-se em local fixo conforme figura 20, utilizando de uma edificação totalmente acessível, detendo 595,00 m<sup>2</sup> de área segregada de embarque e desembarque de passageiros com o comprimento de berço de atracação de 25,00 m, realiza 120 viagens tendo uma movimentação de passageiros 3.600 por mês, conforme tabela 03.

**Tabela 3** - Output e Inputs do terminal hidroviário de Óbidos

<b>TERMINAL HIDROVIÁRIO DE ÓBIDOS</b>		
<b>Itens</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quant./Ano 2023</b>
<b>1.</b>	Movimentação do terminal (mês) (output)	3.600
<b>2.</b>	Quantidade de viagens (mês) (input)	120
<b>3.</b>	Comprimento do berço de atracação (m) (input)	25
<b>4.</b>	Área terminal de passageiros (m <sup>2</sup> ) (input)	595

**Fonte:** Autora (2023)

**Figura 20** - Imagem de localização



**Fonte:** Autora (2023)

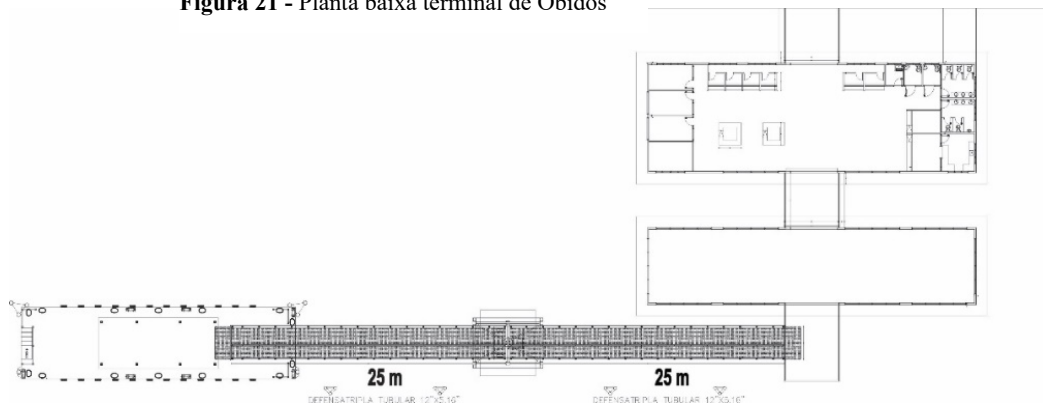
A infraestrutura é dividida em Civil e Naval, onde a parte civil dispõem de um prédio em concreto armado, e a naval contempla com o berço de atracação que é composto, com rampa articulada, um flutuante intermediário, berço de sustentação e um flutuante principal.

A primeira rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros articulada no cais do terminal e apoiada sobre o flutuante intermediário de 6,0 x 5,0 metros, que por sua vez tem seu deslocamento vertical limitado por um berço.

A segunda e última rampa metálica 25,0 x 3,0 metros é apoiada no flutuante principal através do sistema de roletes que permitirá suave deslizamento no sentido longitudinal de movimento sobre o convés do flutuante, a medida que ocorre a variação do nível d'água ao anual de acordo com ciclo hidrológico do rio.

Os flutuantes, principal e intermediário, são dotados de estacas para sua fixação e guia, onde as mesmas estão cravadas no solo do fundo do rio, figura 21.

**Figura 21** - Planta baixa terminal de Óbidos

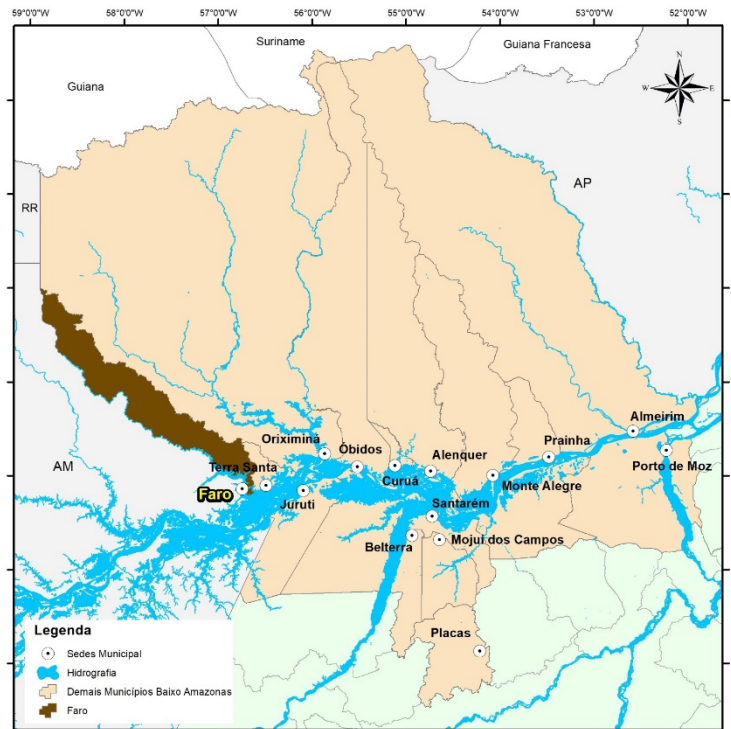


**Fonte:** CPH (2020)

### 3.1.3 Terminal Hidroviário de Faro

Segundo dados do IBGE (2022), o município detém uma área de 11.771,66 km<sup>2</sup>, contando com uma população de 8.728 habitantes aproximadamente, ver figura 22. Os setores de destaque da economia do município estão inclusos à agropecuária, ao comércio e nas atividades de administração pública.

Figura 22 – Município de Faro



Fonte: Autora (2023)

Temos a seguir figuras 23 e 24 das fachadas principal e posterior incluindo conjunto naval.

Figura 23 - fachada principal



Fonte: Agencia Pará

**Figura 24** – fachada posterior e o conjunto naval



**Fonte:** CPH – Companhia de Portos e Hidrovias do Estado do Pará.

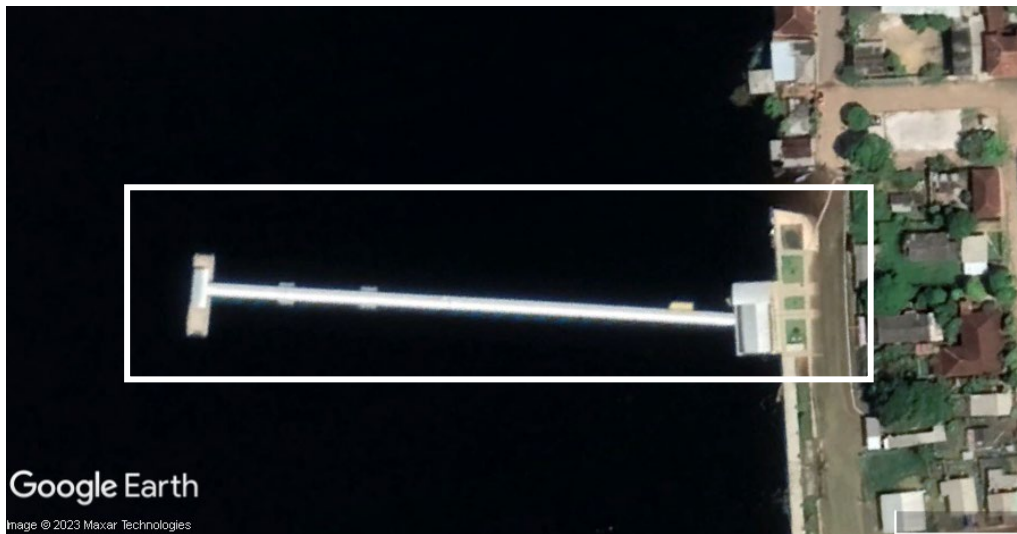
Com base na Tabela 4, é possível observar que o terminal atualmente, realiza 90 viagens, resultando em uma movimentação mensal de 2.250 passageiros, em uma localização estável conforme figura 25, fazendo uso de uma edificação completamente acessível. Este terminal específico possui uma área segregada de embarque e desembarque de passageiros totalizando 266,80 m<sup>2</sup>, além de um comprimento de berço de atracação de 15,00 m, tabela 4.

**Tabela 4** – Output e Inputs do terminal hidroviário de Faro

<b>TERMINAL HIDROVIÁRIO DE FARO</b>		
<b>Itens</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quant./Ano 2023</b>
<b>1.</b>	Movimentação do terminal (mês) (output)	2.250
<b>2.</b>	Quantidade de viagens (mês) (input)	90
<b>3.</b>	Comprimento do berço de atracação (m) (input)	15
<b>4.</b>	Área terminal de passageiros (m <sup>2</sup> ) (input)	266,80

**Fonte:** Autor (2023)

**Figura 25** - Imagem de localização

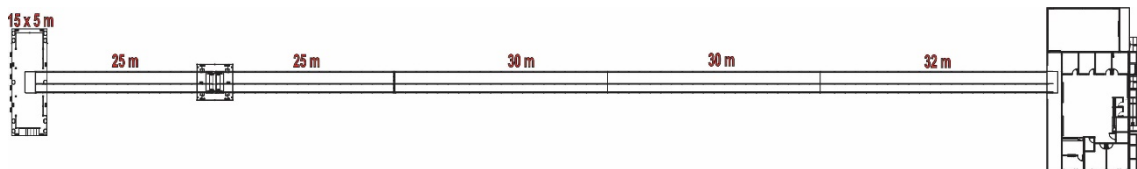


**Fonte:** Autor (2023)

A infraestrutura é dividida em Civil e Naval, onde a parte civil dispõem de um prédio em concreto armado, e a naval contempla com o berço de atracação que é composto, por três (03) plataformas metálicas fixas, duas (02) rampas metálicas, três (03) torres de sustentação, um flutuante intermediário, um berço de sustentação e um flutuante principal.

As plataformas fixas totalizam 92 m de comprimento e são apoiadas sobre as torres de sustentação, por conseguinte temos a primeira rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros apoiada na plataforma e sobre o flutuante intermediário de 5,0 x 5,0 metros, que por sua vez tem seu deslocamento vertical limitado por um berço. Em seguida mais uma rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros que na sua extremidade final é apoiada no flutuante principal de 15,0 x 5,0 metros. Os flutuantes, principal e intermediário, são dotados de estacas para sua fixação e guia, onde as mesmas estão cravadas no solo do fundo do ri., figura 26.

**Figura 26** - Planta baixa do terminal de Faro

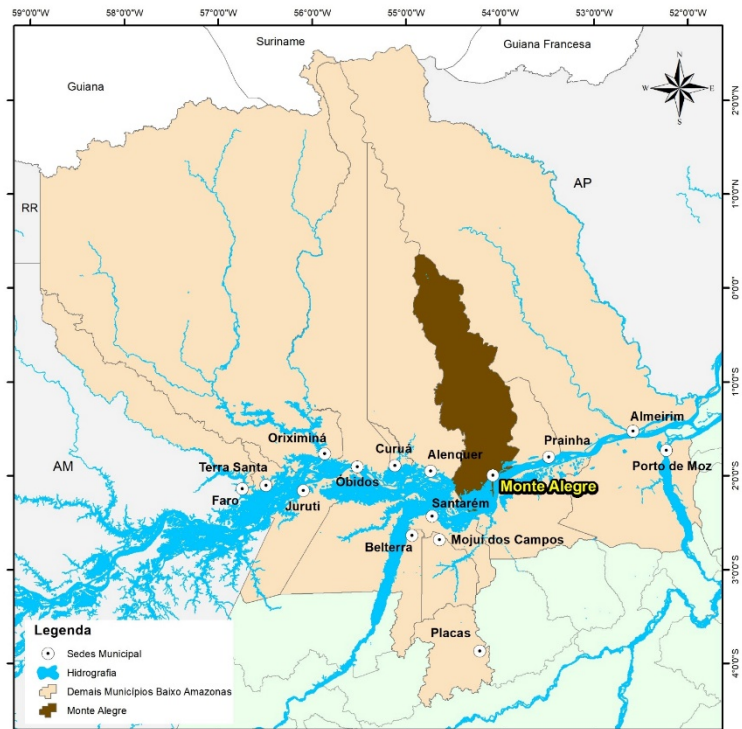


**Fonte:** CHP (2020)

### 3.1.4 Terminal Hidroviário de Monte Alegre

Segundo dados do IBGE (2022), o município detém uma área de 18.152,55 km<sup>2</sup>, contando com uma população de 60.016 habitantes aproximadamente, ver figura 27. Os setores de destaque da economia do município estão inclusos à agropecuária, ao comércio e nas atividades de administração pública.

Figura 27 - Município de Monte Alegre



Fonte: Autor (2023)

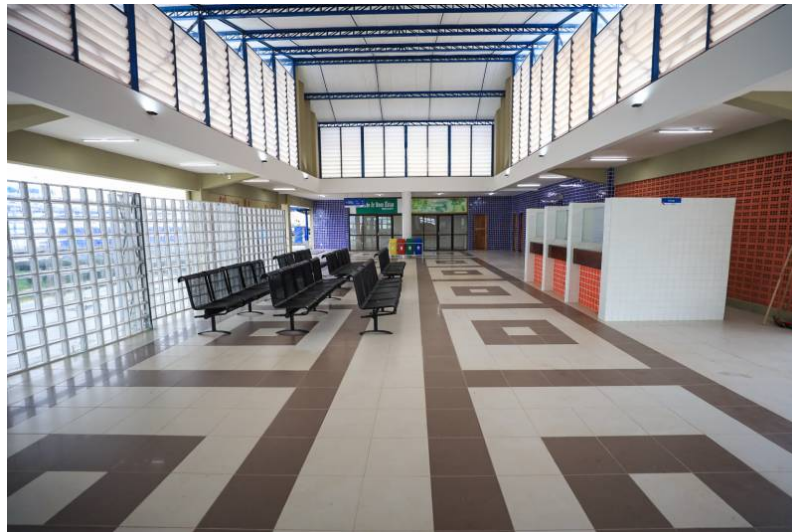
Nas figuras 28 e 29 o terminal de Monte Alegre, com vista da fachada posterior e o hall principal com equipamentos de uso público

Figura 28 – Imagem da vista superior do terminal



Fonte: Agencia Pará 2022

**Figura 29** - Vista interna do hall de embarque e desembarque



**Fonte:** Agencia Pará 2022

O terminal executa suas atividades em um local fixo conforme figura 30, fazendo uso de uma edificação completamente acessível. Este terminal em questão possui uma área segregada de embarque e desembarque de passageiros totalizando 450,00 m<sup>2</sup>, juntamente com um comprimento de berço de atracação de 15,00 metros. Ao longo do mês, são realizadas 120 viagens, resultando em uma movimentação mensal de 4.800 passageiros, conforme detalhado na Tabela 5.

**Tabela 5** – Output e Inputs do terminal hidroviário de Monte Alegre

<b>TERMINAL HIDROVIÁRIO DE MONTE ALEGRE</b>		
<b>Itens</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quant./Ano 2023</b>
<b>1.</b>	Movimentação do terminal (mês) (output)	4.800
<b>2.</b>	Quantidade de viagens (mês) (input)	120
<b>3.</b>	Comprimento do berço de atracação (m) (input)	15
<b>4.</b>	Área terminal de passageiros (m <sup>2</sup> ) (input)	450

**Fonte:** Autor (2023)

**Figura 30** - Imagem de localização

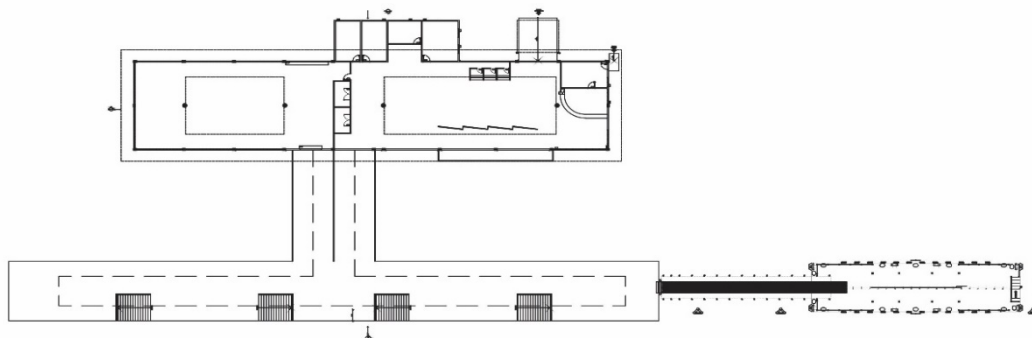


**Fonte:** Autor (2023)

A infraestrutura é dividida em Civil e Naval, onde a parte civil dispõem de um prédio em concreto armado, e a naval contempla com o berço de atracação que é composto por uma (01) rampa metálica, um flutuante principal.

A rampa metálica possui 25,00 x 3,00 metros de comprimento apoiada sobre o o berço de concreto do terminal e o flutuante principal de 15,0x5,0 metros, através do sistema de roletes que permitirá suave deslizamento no sentido longitudinal de movimento sobre o convés do flutuante, a medida que ocorre a variação do nível d'água ao anual de acordo com ciclo hidrológico do rio. Figura 31.

**Figura 31** - Planta Baixa do terminal de Monet Alegre



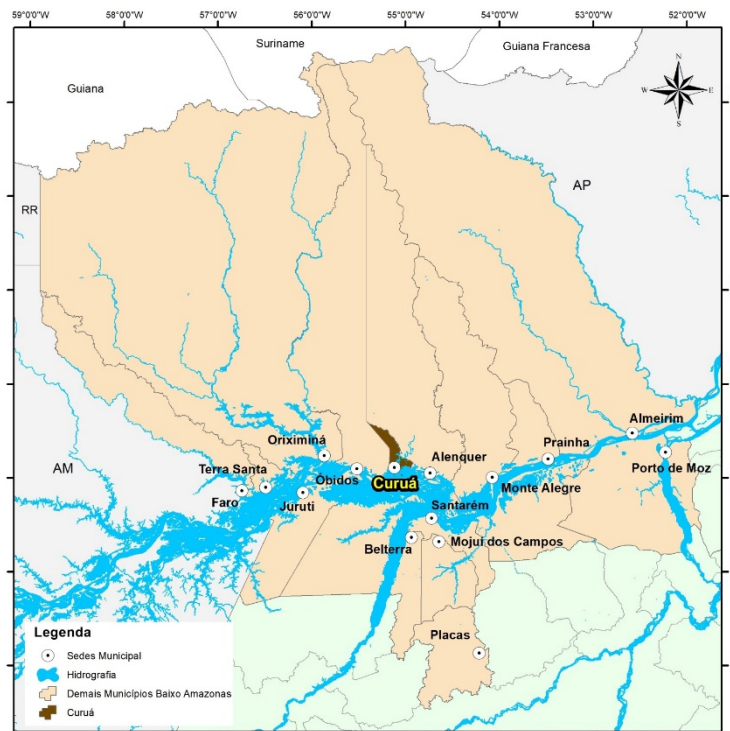
**Fonte:** CHP (2020)



### 3.1.5 Terminal Hidroviário de Curuá

Conforme dados do IBGE (2022), o município detém uma área de 1.431,134 km<sup>2</sup>, contando com uma população de 14.117 habitantes aproximadamente, ver figura 32. Os setores de destaque da economia do município estão inclusos à agropecuária, ao comércio e nas atividades de administração pública.

**Figura 32 - Município de Curuá**



**Fonte:** Autora (2023)

As figuras 33 e 34 mostram a fachada posterior com o berço de atracação compreendido de um flutuante e rampa metálica

**Figura 33 - Fachada posterior e berço de atracação**



**Fonte:** Agencia Pará (2020)

**Figura 34** - Rampa metálica articulada de acesso ao terminal



**Fonte:** Agencia Pará (2020)

O terminal está situado em um lugar fixo ver figura 35, valendo-se de uma edificação plenamente acessível. Possui uma área segregada de embarque e desembarque de carga e de 266,80m<sup>2</sup>, além de um comprimento de berço de atracação de 25,00 metros. Realiza um total de 90 viagens, com uma movimentação mensal de passageiros atingindo a marca de 2.700, conforme detalhado na Tabela 6

**Tabela 6** - Output e Inputs do terminal hidroviário de Curuá

<b>TERMINAL HIDROVIÁRIO DE MONTE CURUÁ</b>		
<b>Itens</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quant./Ano 2023</b>
<b>1.</b>	Movimentação do terminal (mês) (output)	2.700
<b>2.</b>	Quantidade de viagens (mês) (input)	90
<b>3.</b>	Comprimento do berço de atracação (m) (input)	25
<b>4.</b>	Área terminal de passageiros (m <sup>2</sup> ) (input)	266,80

**Fonte:** Autora (2023)

**Figura 35 - Imagem de localização**

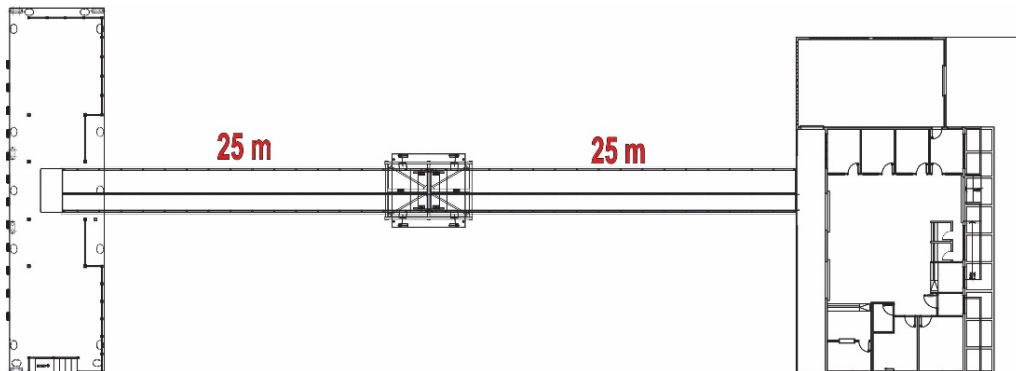


**Fonte:** Autora (2023)

A infraestrutura é dividida em Civil e Naval, onde a parte civil dispõem de um prédio em concreto armado, e a naval contempla com o berço de atracação que é composto por duas (04) rampas metálicas, (02) flutuante intermediário, um berço de sustentação e um flutuante principal.

As rampas metálicas totalizam 50 m de comprimento e são apoiadas sobre torre de sustentação, a primeira rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros apoiada no prédio em concreto armado e sobre o flutuante intermediário de 5,0 x 5,0 metros, que por sua vez tem seu deslocamento vertical limitado por um berço. Em seguida mais uma rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros que na sua extremidade final é apoiada no flutuante principal 25,0 X 6,5 metros. Os flutuantes, principal e intermediário, são dotados de estacas para sua fixação e guia, onde as mesmas estão cravadas no solo do fundo do rio, figura 36.

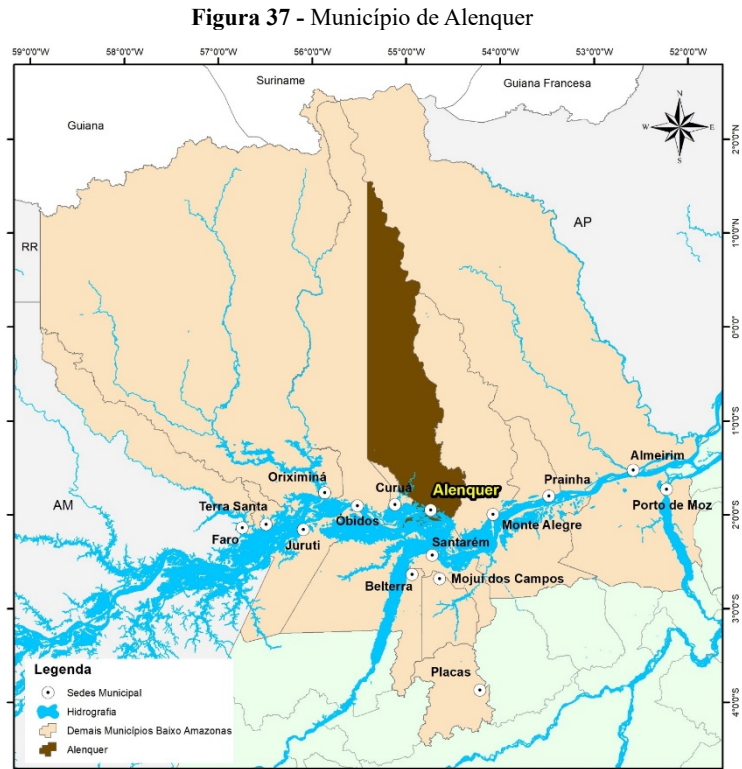
**Figura 36 – Planta baixa do terminal hidroviário de Curuá**



**Fonte:** CPH (2020)

### 3.1.6 Terminal Hidroviário de Alenquer

Conforme dados do IBGE (2022), o município detém uma área de 23.645,45 km<sup>2</sup>, contando com uma população de 69.377 habitantes aproximadamente, ver figura 37. Os setores de destaque da economia do município estão inclusos à agropecuária, ao comércio e nas atividades de administração pública.



Fonte: Autora (2022)

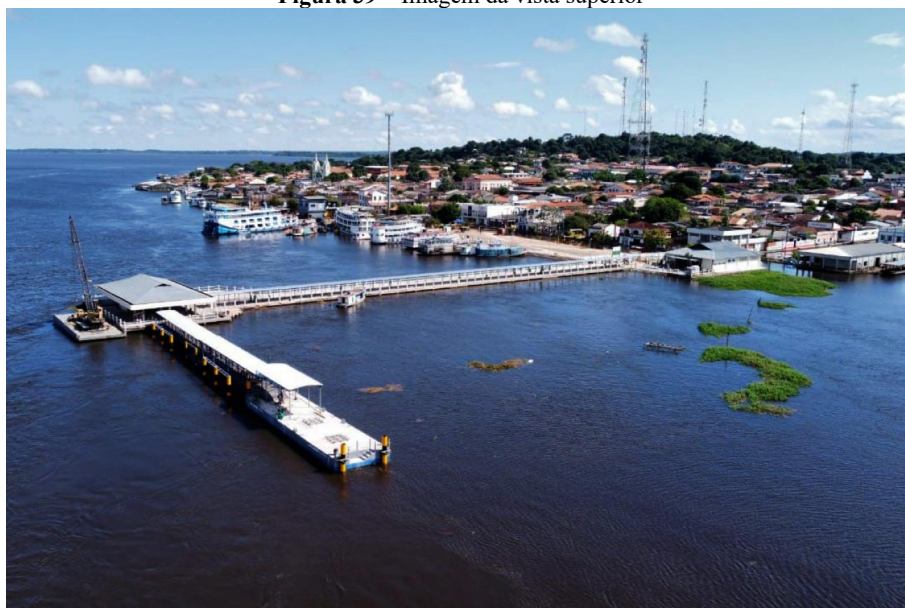
Como mostram as figuras 38 e 39, passarela em concreto de embarque e desembarque de passageiros e uma vista superior do terminal

**Figura 38 - Passarela de concreto**



Fonte: Agência Pará 2022

**Figura 39** – Imagem da vista superior



**Fonte:** Agência Pará 2022

O Terminal está operando em local fixo pode-se ver na figura 40, utilizando de uma edificação totalmente acessível, detendo 770,00 m<sup>2</sup> de área segregada de embarque e desembarque de carga passageiros e um comprimento de berço de atracação de 15 metros, executa 150 viagens tendo uma movimentação de 3.000 passageiros mensal, conforme a Tabela 6.

**Tabela 7** - Output e Inputs do terminal hidroviário de Alenquer

<b>TERMINAL HIDROVIÁRIO DE MONTE ALENQUER</b>		
<b>Itens</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quant./Ano 2023</b>
<b>1.</b>	Movimentação do terminal (mês) (output)	3.000
<b>2.</b>	Quantidade de viagens (mês) (input)	150
<b>3.</b>	Comprimento do berço de atracação (m) (input)	15
<b>4.</b>	Área terminal de passageiros (m <sup>2</sup> ) (input)	770

**Fonte:** Autora (2023)

**Figura 40** - Imagem de localização

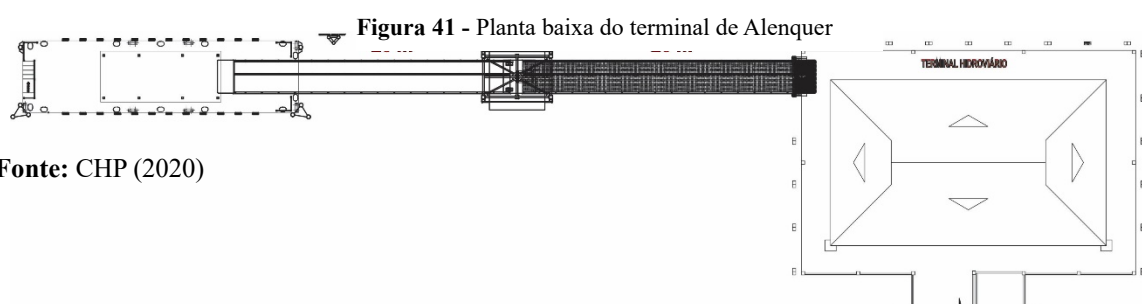


**Fonte:** Autora (2023)

O município de Alenquer possui um Terminal Hidroviário, localizado às margens do Rio Baixo Amazonas.

O Terminal Hidroviário SÁBATO ANTONIO VALLINOTO consiste em estrutura de concreto abrangendo aproximadamente 1.236,00 m<sup>2</sup>. O Projeto é dividido em civil e naval, onde a parte civil é a construção de um prédio em concreto armado, e a naval e posse duas (02) rampas metálicas, um flutuante intermediário, um berço de sustentação e um flutuante principal.

As rampas metálicas totalizam 50 m de comprimento e são apoiadas sobre torre de sustentação, a primeira rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros apoiada no prédio em concreto armado e sobre o flutuante intermediário de 5,0 x 5,0 metros, que por sua vez tem seu deslocamento vertical limitado por um berço. Em seguida mais uma rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros que na sua extremidade final é apoiada no flutuante principal de 15,0 X 5,0 metros. Os flutuantes, principal e intermediário, são dotados de estacas para sua fixação e guia, onde as mesmas estão cravadas no solo do fundo do rio. Figura 41.

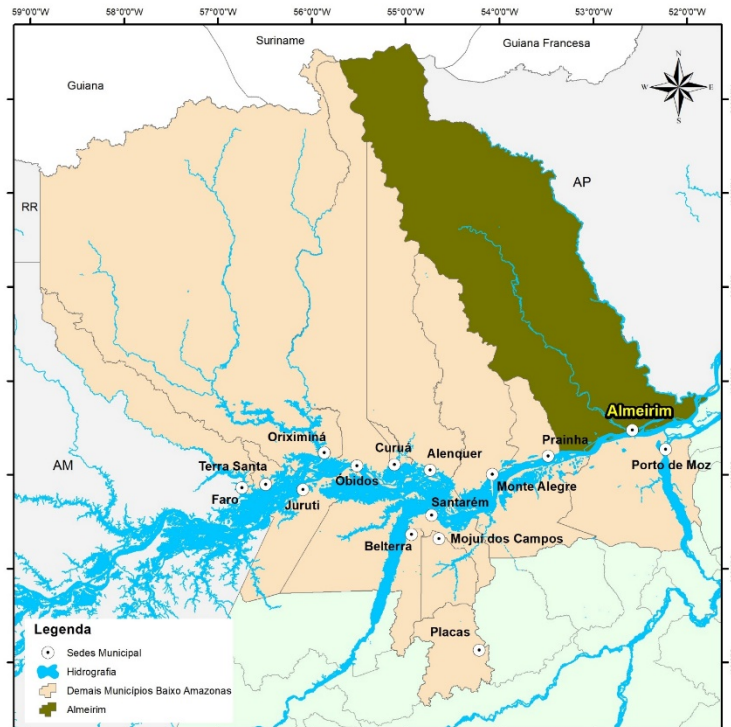


**Fonte:** CHP (2020)

### 3.1.7 Terminal Hidroviário de Almeirim

Segundo dados do IBGE (2022), o município detém uma área de 72.954,79 km<sup>2</sup>, contando com uma população de 34.280 habitantes aproximadamente, ver figura 42. Os setores de destaque da economia do município estão inclusos à agropecuária, ao comércio e nas atividades de administração pública.

**Figura 42 - Município de Almeirim**



Fonte: Autor (2023)

Nas figuras 43 e 44 mostram respectivamente o conjunto naval e fachada posterior.

**Figura 43 – Imagem do conjunto naval**



Fonte: Agência Pará 2021

**Figura 44** – Imagem da fachada posterior



**Fonte:** Agência Pará 2021

A infraestrutura portuária faz uso de uma edificação completamente acessível conforme mostra figura 45 com uma área segregada de embarque e desembarque de carga e passageiros totalizando 770,00 m<sup>2</sup>. Além disso, detém de um berço de atracação com o comprimento de 15,00 metros. No decorrer do período, são realizadas 150 viagens, culminando em uma movimentação mensal de 3.000 passageiros, conforme evidenciado na Tabela 8.

**Tabela 8** - Output e Input do terminal hidroviário de Almeirim

<b>TERMINAL HIDROVIÁRIO DE ALMEIRIM</b>		
<b>Itens</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quant./Ano 2023</b>
<b>1.</b>	Movimentação do terminal (mês) (output)	3.000
<b>2.</b>	Quantidade de viagens (mês) (input)	150
<b>3.</b>	Comprimento do berço de atracação (m) (input)	15
<b>4.</b>	Área terminal de passageiros (m <sup>2</sup> ) (input)	770

**Fonte:** Autora (2023)



**Figura 45 - Imagem de localização**



**Fonte:** Autora (2023)

Determinado como facilitador no embarque e desembarque de passageiro carga, o terminal opera em lugar fixo.

A obra Naval é composta por uma (01) plataforma fixa, duas (02) rampas, uma (01) torre de sustentação, um flutuante intermediário, um berço de sustentação e um flutuante principal.

A plataforma fixa possui 25 m de comprimento sendo apoiadas sobre a torre de sustentação, por conseguinte temos a primeira rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros apoiada na plataforma e sobre o flutuante intermediário de 5,0 x 5,0 metros, que por sua vez tem seu deslocamento vertical limitado por um berço. Em seguida mais uma rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros que na sua extremidade final é apoiada no flutuante principal de 15,0 x 5,0 metros. Os flutuantes, principal e intermediário, possuirão um sistema de amarração e fundeio para sua fixação.

A plataforma fixa está conectada de forma rígida ao cais deixando-a ao mesmo nível do piso. Ao longo da plataforma fixa teremos 01 torre para sua sustentação e apoio. A torre é formada por estacas que serão cravadas no solo do fundo do rio.

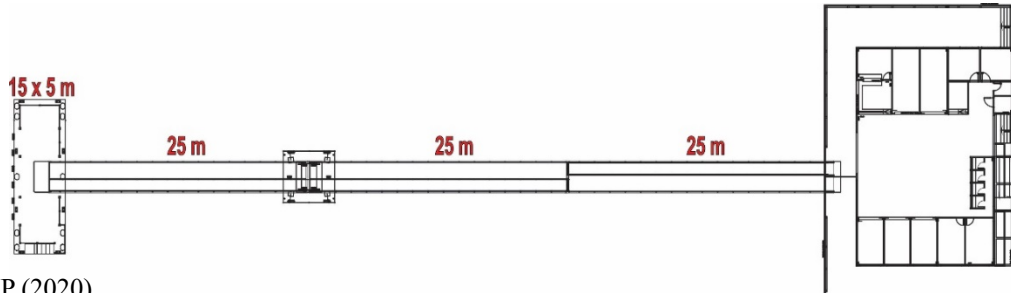
A primeira rampa é apoiada na extremidade da plataforma, ao passo que a outra extremidade é apoiada no flutuante intermediário, ambas as extremidades utilizarão um sistema de mancais de articulação e suporte. Além disso, no flutuante intermediário terá o sistema de olhais e cabos de aço de segurança.

O flutuante intermediário dará suporte às rampas com uma estrutura composta por mancais de sustentação/articulação a partir de olhais e pinos. Para menores lâminas de

água, o berço limita o deslocamento do flutuante intermediário, permitindo até 11% de declividade nas rampas.

A terceira rampa é apoiada no flutuante principal através do sistema de roletes que permitirá suave deslizamento no sentido longitudinal de movimento sobre o convés do flutuante, a medida que ocorre a variação do nível d'água ao anual de acordo com ciclo hidrológico do rio. Figura 46.

**Figura 46** - Vista superior do terminal hidroviário de Almeirim

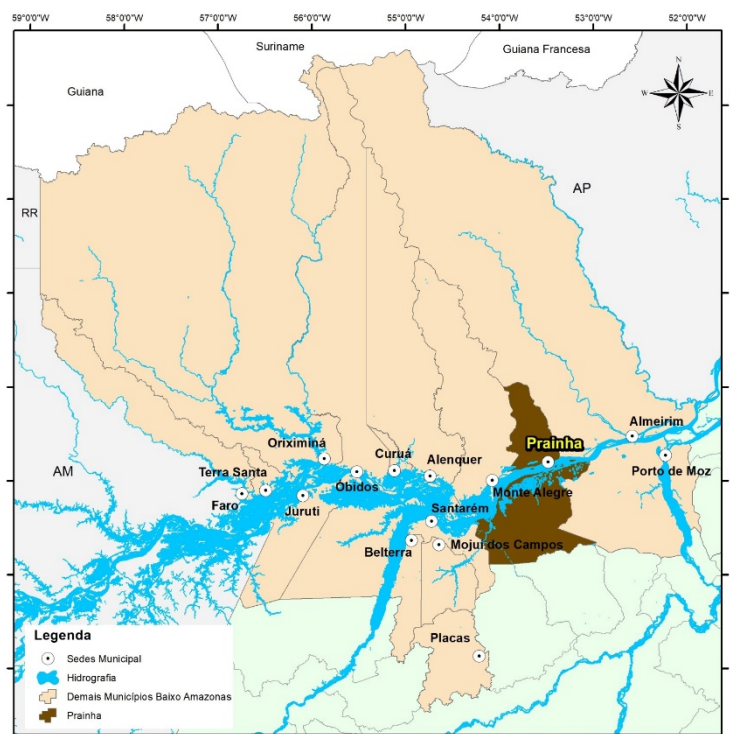


**Fonte:** CHP (2020)

### 3.1.8 Terminal Hidroviário de Prainha

Conforme dados do IBGE (2022), o município detém uma área de 14.786,95 km<sup>2</sup>, contando com uma população de 35.577 habitantes aproximadamente, ver figura 47. Os setores de destaque da economia do município estão inclusos à agropecuária, ao comércio e nas atividades de administração pública.

**Figura 47 - município de Prainha**



**Fonte:** Autora (2023)

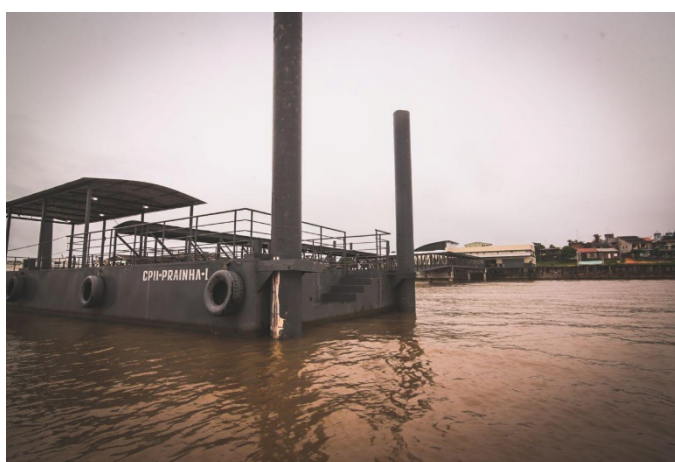
Nas figuras 48 e 49 nota-se a vista do conjunto naval e a fachada posterior, contemplando o berço de atracação.

**Figura 48** - Vista do conjunto naval



Fonte: Agência Pará 2020

**Figura 49** - conjunto naval e vista posterior



Fonte: Agência Pará 2020

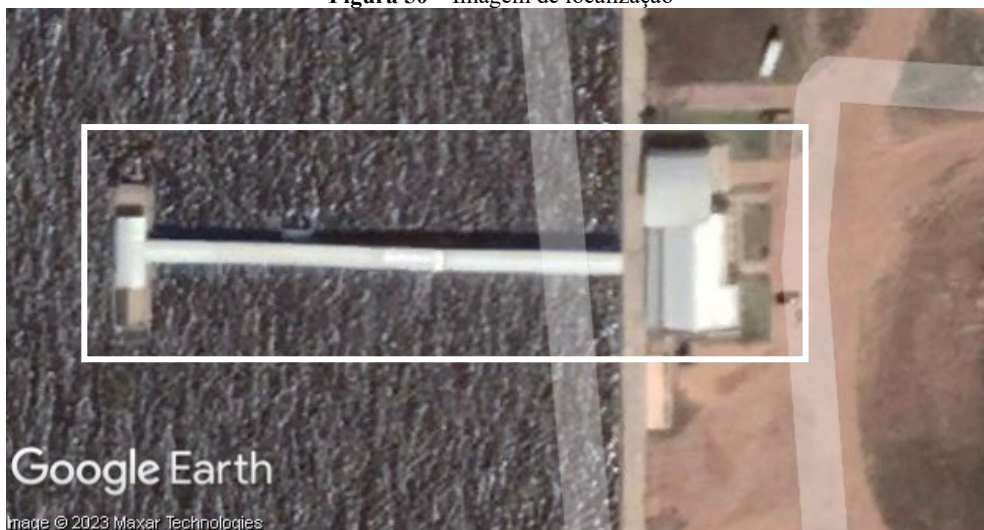
O terminal faz uso de uma edificação completamente acessível ver figura 50, possuindo uma área segregada de embarque e desembarque de carga e passageiros com dimensões totais de 305,00 m<sup>2</sup>. Adicionalmente, apresenta um comprimento de berço de atracação de 15,00 metros. Mensalmente, são realizadas 120 viagens, culminando em uma movimentação de 3.600 passageiros, conforme detalhado na Tabela 9.

**Tabela 9** - Output e Inputs do terminal hidroviário de Prainha

<b>TERMINAL HIDROVIÁRIO DE MONTE PRAINHA</b>		
<b>Itens</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quant./Ano 2023</b>
1.	Movimentação do terminal (mês) (output)	3.600
2.	Quantidade de viagens (mês) (input)	120
3.	Comprimento do berço de atracação (m) (input)	15
4.	Área terminal de passageiros (m <sup>2</sup> ) (input)	305

Fonte: Autora (2023)

**Figura 50** – Imagem de localização



**Fonte:** Autora (2023)

A obra Naval do terminal é composta por uma (01) plataforma fixa, duas (02) rampas, uma (01) torre de sustentação, um flutuante intermediário, um berço de sustentação e um flutuante principal.

As plataforma fixa possui 30 m de comprimento sendo apoiadas sobre a torre de sustentação, por conseguinte temos a primeira rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros apoiada na plataforma e sobre o flutuante intermediário de 6,0 x 5,0 metros, que por sua vez tem seu deslocamento vertical limitado por um berço. Em seguida mais uma rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros que na sua extremidade final é apoiada no flutuante principal de 15,0 x 5,0 metros. Os flutuantes, principal e intermediário, possuirão um sistema de amarração e fundeio para sua fixação.

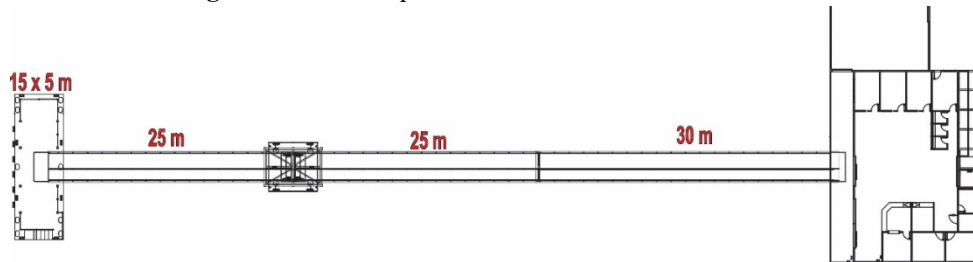
A plataforma fixa é engastada no cais ficando esta ao mesmo nível do piso. Ao longo da plataforma fixa teremos 01 torre para sua sustentação e apoio. A torre é formada por estacas que serão cravadas no solo do fundo do rio.

A primeira rampa é apoiada na extremidade da plataforma, ao passo que a outra extremidade é apoiada no flutuante intermediário, ambas as extremidades utilizarão um sistema de mancais de articulação e suporte. Além disso, no flutuante intermediário terá o sistema de olhais e cabos de aço de segurança.

O flutuante intermediário dará suporte às rampas com uma estrutura composta por mancais de sustentação/articulação a partir de olhais e pinos. Para menores lâminas de água, o berço limita o deslocamento do flutuante intermediário, permitindo até 11% de declividade nas rampas.

A terceira rampa é apoiada no flutuante principal através do sistema de roletes que permitirá suave deslizamento no sentido longitudinal de movimento sobre o convés do flutuante, a medida que ocorre a variação do nível d'água ao anual de acordo com ciclo hidrológico do rio. Figura 51

**Figura 51** - Vista superior do terminal hidroviário de Prainha



**Fonte:** CHP (2020).

### 3.1.9 Terminal Hidroviário de Terra Santa

Segundo dados do IBGE (2022), o município detém uma área de 1.892,88 km<sup>2</sup>, contando com uma população de 18.782 habitantes aproximadamente, ver figura 52. Os setores de destaque da economia do município estão inclusos à agropecuária, ao comércio e nas atividades de administração pública.

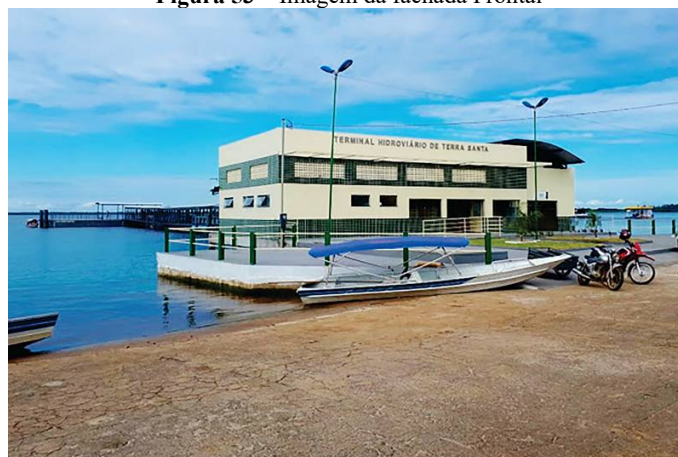
**Figura 52 - município de Terra Santa**



Fonte: Autora (2023)

As figuras 53 e 54 mostram respectivamente as fachadas frontal e posterior do referido terminal.

**Figura 53 – Imagem da fachada Frontal**



Fonte: Agência Pará 2020

**Figura 54** – Imagem da fachada posterior



**Fonte:** Agência Pará 2020

Realizando aproximadamente 150 viagens e uma movimentação mensal de 4.500 passageiros, o terminal dispõe de uma edificação totalmente acessível detendo 266,80 m<sup>2</sup> de área segregada de embarque e desembarque de carga e passageiros e um comprimento de atracação de 15,00 m, conforme tabela 10. E está localizado em lugar fixo conforme figura 55

**Tabela 10** - Output e Inputs do terminal hidroviário de Terra Santa

<b>TERMINAL HIDROVIÁRIO DE TERRA SANTA</b>		
<b>Itens</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quant./Ano 2023</b>
<b>1.</b>	Movimentação do terminal (mês) (output)	4.500
<b>2.</b>	Quantidade de viagens (mês) (input)	150
<b>3.</b>	Comprimento do berço de atracação (m) (input)	15
<b>4.</b>	Área terminal de passageiros (m <sup>2</sup> ) (input)	266,80

**Fonte:** Autora (2023)



**Figura 55** - Imagem de localização



**Fonte:** Autora (2023)

A obra Naval do terminal possui uma (01) plataforma fixa, duas (02) rampas, uma (01) torre de sustentação, um flutuante intermediário, um berço de sustentação e um flutuante principal.

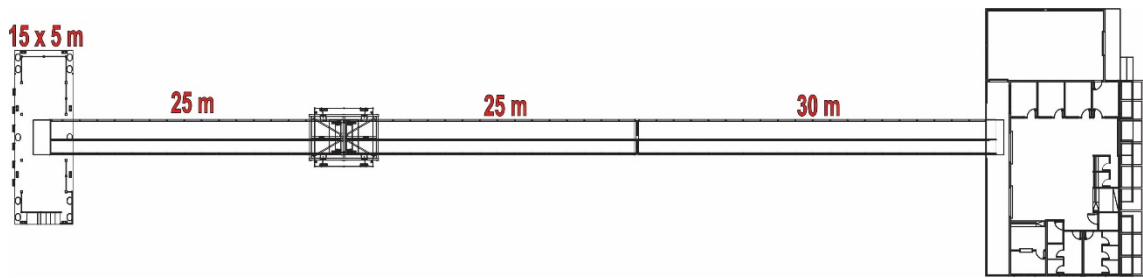
A plataforma fixa possui 30,00 m de comprimento sendo apoiadas sobre a torre de sustentação, por conseguinte temos a primeira rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros apoiada na plataforma e sobre o flutuante intermediário de 6,0 x 5,0 metros, que por sua vez tem seu deslocamento vertical limitado por um berço. Em seguida mais uma rampa metálica de 25,0 x 3,0 metros que na sua extremidade final é apoiada no flutuante principal de 15,0 x 5,0 metros. Os flutuantes, principal e intermediário, possuirão um sistema de amarração e fundeio para sua fixação.

A plataforma fixa é engastada no cais ficando esta ao mesmo nível do piso. Ao longo da plataforma fixa teremos 01 torre para sua sustentação e apoio. A torre é formada por estacas que serão cravadas no solo do fundo do rio.

O flutuante intermediário dará suporte às rampas com uma estrutura composta por mancais de sustentação/articulação a partir de olhais e pinos. Para menores lâminas de água, o berço limita o deslocamento do flutuante intermediário, permitindo até 6% de declividade nas rampas.

A terceira rampa é apoiada no flutuante principal através do sistema de roletes que permitirá suave deslizamento no sentido longitudinal de movimento sobre o convés do flutuante, à medida que ocorre a variação do nível d'água ao anual de acordo com ciclo hidrológico do rio , Figura 56,.

**Figura 56-** Planta baixa do terminal de Terra Santa

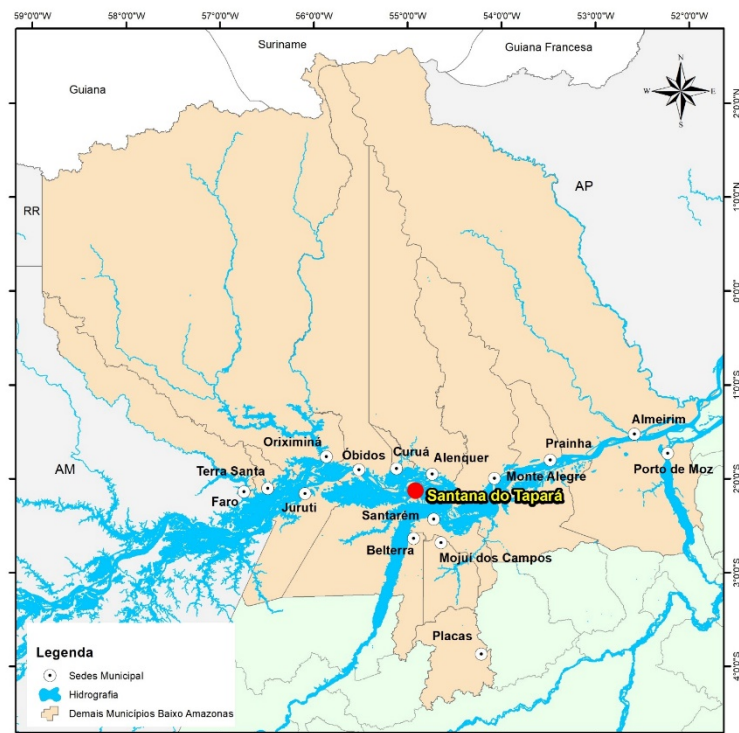


**Fonte:** CHP 2020

### 3.1.10 Terminal Hidroviário de Santana do Tapará

A localidade de Santana do Tapará, no município de Santarém, encontra-se situada às margens do Rio Tapará, na bacia hidrográfica do Rio Amazonas, e seu território pertence à mesorregião do Baixo Amazonas e a microrregião de Santarém, ver figura 57. O município de Santarém abrange uma área de 17.898,38 km<sup>2</sup> e uma populao de 294.447 habitantes, segundo dados do IBGE (estimativa do Censo 2010 para o ano de 2022)

Figura 57 - Localidade de Santana do Tapará



Fonte: Autor (2023)

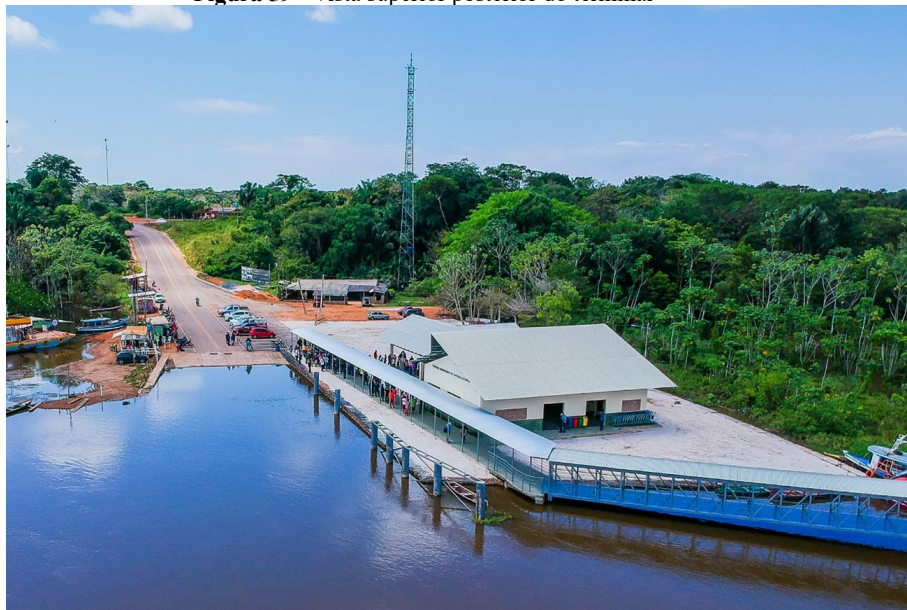
As figuras 58 e 59 mostram respectivamente a vista superior frontal e vista superior posterior do terminal hidroviário de Santana do Tapará

**Figura 58 –Vista superior frontal**



**Fonte:** Agência Pará 2021

**Figura 59 - Vista superior posterior do terminal**



**Fonte:** Agência Pará 2021

Utilizando de uma edificação totalmente acessível, ver figura 60, com 150 viagens e uma movimentação mensal de 4.500 de passageiros. O terminal possui 266,80 m<sup>2</sup> de área segregada de embarque e desembarque de carga e passageiros e um comprimento de berço de atracação de 162,50 m<sup>2</sup>, conforme tabela 11.

**Tabela 11** - Output e Inputs do terminal hidroviário de Santana do Tapará

TERMINAL HIDROVIÁRIO DE SANTANA DO TAPARÁ		
Itens	Descrição	Quant./Ano 2023
1.	Movimentação do terminal (mês) (output)	4.500
2.	Quantidade de viagens (mês) (input)	150
3.	Comprimento do berço de atracação (m) (input)	15
4.	Área terminal de passageiros (m <sup>2</sup> ) (input)	266,80

Fonte: Autora (2023)

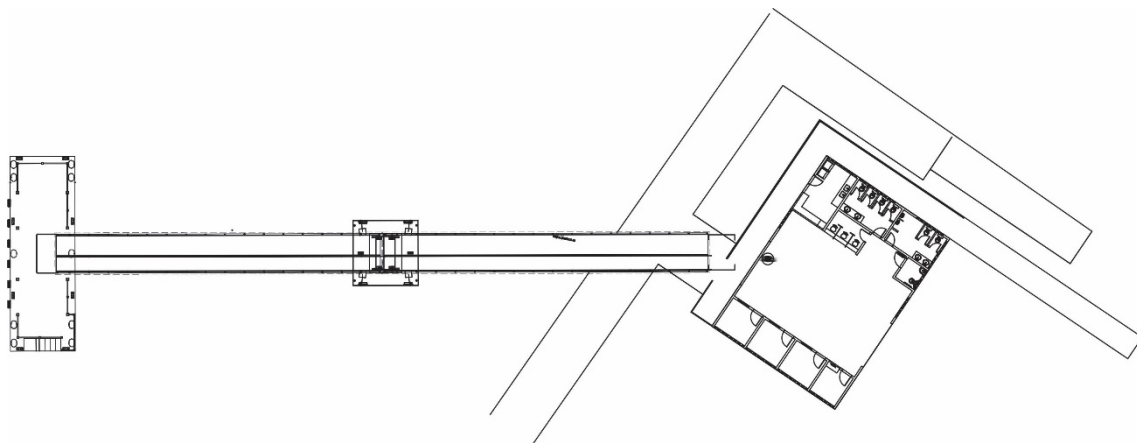
**Figura 60** – Imagem de localização



Fonte: Autora (2023)

Construído às margens do rio Amazonas o terminal tem por um comprimento de aproximadamente 18,00 metros de extensão ao longo da orla existente, e 55,00 metros sobre o rio, compreendendo: construção de um Terminal Hidroviário de Passageiros com rampa metálica articulada e Flutuante, no Km 0 da Rod. PA255. Na edificação em questão estão construídos: um terminal de embarque e desembarque de passageiros com área de 266,80 m<sup>2</sup>; duas rampas metálicas articuladas de 25x3m; um flutuante principal de 15x5x1,5m; um flutuante intermediário de 5x5x1,2m; um berço metálico de sustentação Figura 61.

**Figura 61** - Planta baixa do terminal de Santana do tapará



**Fonte:** CHP (2020)

## 4 METODOLOGIA

A escolha da DEA como metodologia para avaliação da eficiência dos terminais na Região de Integração do Baixo Amazonas foi deliberada e fundamentada por diversas razões estratégicas:

- ✓ **Comparação Relativa:** Em cenários onde a comparação relativa entre unidades é crucial, a DEA destaca-se, pois avalia a eficiência de cada terminal em relação aos demais, proporcionando uma visão mais realista do desempenho relativo.
- ✓ **Eficiência Global:** A DEA permite a análise da eficiência global, considerando todas as variáveis relevantes, em vez de focar em métricas isoladas. Isso é essencial para compreender o panorama completo dos terminais.
- ✓ **Flexibilidade de Dados:** Pela capacidade de lidar com diferentes tipos e formatos de dados, a DEA é uma escolha flexível, adequando-se à diversidade de informações presentes nos terminais hidroviários.
- ✓ **Identificação de Pontos Fortes e Fracos:** Além de avaliar o desempenho, a DEA identifica as áreas específicas em que cada terminal pode melhorar, fornecendo informações valiosas para estratégias de otimização;
- ✓ **Tomada de Decisão Baseada em Dados:** A análise quantitativa proporcionada pela DEA é uma ferramenta eficaz para a tomada de decisões informadas, permitindo que gestores e tomadores de decisão fundamentem suas escolhas em dados concretos;
- ✓ **Adaptação a Diferentes Contextos:** A DEA é uma metodologia versátil que pode ser aplicada em diversos setores e contextos, garantindo sua aplicabilidade no cenário específico dos terminais hidroviários.

Portanto, a escolha da DEA foi estrategicamente feita para aproveitar suas vantagens na análise eficiente e abrangente dos terminais, considerando as características únicas do transporte hidroviário na Região de Integração do Baixo Amazonas

Para calcular a eficiência dos terminais aplicando a metodologia usou-se o software RStudio e o modelo escolhido para calcular a eficiência foi o Modelo DEA CCR (Charnes, Cooper, Rhodes). Nesse modelo, as unidades de decisão são classificadas como eficientes ou ineficientes com base nos valores de eficiência calculados. Unidades eficientes são aquelas com eficiência igual a 1, enquanto as unidades ineficientes apresentam eficiência inferior a 1.

A partir da utilização desta ferramenta, realizou-se o pré-processamento da Análise Envoltória de Dados, técnica multifatorial que permite avaliar a eficiência de unidades produtivas. Os dados utilizados para a análise foram coletados a partir da pesquisa realizada em campo. Nos quais variáveis de entrada (inputs) foram:

- ✓ Números de viagens.
- ✓ Comprimento do berço de atracação;
- ✓ Área total do terminal de passageiros;

Após o pré-processamento dos dados, os resultados da análise foram obtidos a partir do cálculo do índice de eficiência de cada terminal, que é um valor representado por um número entre 0 e 1, sendo que um valor de 1 indica que o porto está operando de forma eficiente.

Ademais, é esperado delinear de modo claro os insumos de maior contribuição para a eficiência técnica, com foco na localização, profundidade do rio e arranjo do conjunto naval que determina sua capacidade de atracação, ratificando a importância de análise prévia de tais variáveis. O desenvolvimento da presente pesquisa e a elaboração e aplicação dos métodos acarretarão em possíveis melhorias e esmiuçarão as etapas seguintes para identificação de cada parte do trabalho em função da eficiência técnica dos terminais selecionados.

Deve-se destacar que tal pesquisa está fundamentada nas informações de domínio público disponibilizadas pela Companhia de Portos e Hidrovias do Estado do Pará (CPH), órgão responsável pela licitação, fiscalização e acompanhamento de todo projeto e processo construtivo dos Terminais Hidroviários da região de Integração do baixo Amazonas. Dados importantes, como localização, capacidade de atracação, fluxo hidroviário, tempo operacional, capacidade de usuários, porte das embarcações, dentre outros, sustentam e indicam a validade das informações e dos consequentes resultados desta pesquisa, contribuindo para sua viabilidade teórica e para confiabilidade dos dados de entrada aplicados aos métodos descritos.

O intuito primordial deste estudo está atrelado à demonstração da aplicabilidade do método de Análise Envoltória de Dados para cálculo da eficiência técnica dos Terminais Hidroviários dos Municípios da região de Integração do Baixo Amazonas. Deste modo, estruturando-se em todas as informações obtidas e na base teórica apresentada, serão determinadas as condições de contorno, ou ainda, as restrições de pesos para avaliação da eficiência pelo DEA, assim, em prosseguimento, os dados de entrada ou insumos serão



discriminados, com base nos critérios de maior influência sobre a operação e a atividade dos terminais.

As variáveis de entrada e saída nessa pesquisa foram selecionadas a partir dos dados coletados nos terminais em estudo. Inicialmente foram selecionados dez terminais públicos como unidades tomadoras de decisão (DMU); para aproximar os resultados à realidade operacional do terminal.

Os insumos que exercem influência na movimentação de passageiros nos portos e terminais, e que forem possíveis de serem avaliados, como número de viagens, comprimento do berço de atracação e área do terminal de passageiros, serão atribuídos para o método.

Entre as características pertinentes da DEA, destacam-se a capacidade de avaliar múltiplos fatores simultaneamente, proporcionando uma visão abrangente das operações dos terminais. Além disso, a flexibilidade da DEA em se adaptar a diferentes setores e cenários contribui para uma análise mais contextualizada e aplicável às nuances específicas dos terminais hidroviários.

A DEA revela uma série de características, conforme detalhadas na Tabela 12, que se mostram particularmente relevantes para a análise de eficiência dos terminais em questão. Essas características fornecem uma base sólida para avaliar e comparar o desempenho relativo de cada terminal, destacando aspectos-chave que merecem atenção durante o processo de otimização.

**Tabela 12** - Característica do DEA

<b>Análise Envoltória de Dados - DEA</b>
Metodologia não paramétrica
Metodologia determinística
Não permite que a hipótese estatística seja comparada
Não realiza suposições na distribuição do termo ineficiência
Não inclui o erro como termo
Não exige a especificação de uma função
Pequeno número de variável
Método: Programação linear

**Fonte:** Adaptado de Gonzalez & Trujillo (2012).

## 5 RESULTADOS OBTIDOS

Fundamentando-se nos dados obtidos dos terminais hidroviários da região de integração do baixo amazonas, caracterizados como critérios e definidos como insumos, ou ainda, inputs presentes nos modelos de superfície linear e nos pesos atribuídos a cada um destes, foram encontrados valores de eficiência técnica superiores, no mínimo, a 50%, obtidos por meio da DEA, assim como, dentro dos mesmos parâmetros e de condições semelhantes com a mesma quantidade de dados, demonstrar a proximidade entre as eficiências obtidas por cada um dos métodos aplicados, corroborando a validade de todo processo e também do resultado encontrado.

A Tabela 13 verifica-se os terminais hidroviários e seus municípios da presente pesquisa.

**Tabela 13 - Municípios de estudos**

Nº	Municípios
01	Terminal Hidroviário de Santarém
02	Terminal Hidroviário de Óbidos
03	Terminal Hidroviário de Faro
04	Terminal Hidroviário de Monte Alegre
05	Terminal Hidroviário de Curuá
06	Terminal Hidroviário de Alenquer
07	Terminal Hidroviário de Almeirim
08	Terminal Hidroviário de Prainha
09	Terminal Hidroviário de Terra Santa
10	Terminal Hidroviário de Santana do Tapará

**Fonte:** Autora (2023).

A fim de iniciar a análise dos cenários futuros e obter resultados significativos, procedeu-se à coleta de dados em campo durante a pesquisa. Foram analisados três variáveis de saída incluindo número de viagens, comprimento do berço de atracação e a área do terminal de passageiros, conforme detalhado na Tabela 14.

**Tabela 14** - Resumo de output e inputs dos municípios.

nº	Municípios	Movimentação do terminal mensal (OUTPUT)	X1 - Número de viagens (mês)	X2 - comprimento do berço de atracação (m)	X3 - área do terminal de passageiros (m²)
01	Santarém	31.116	420	200	3600
02	Óbidos	3.600	120	25,00	595
03	Faro	2.250	90	15,00	266,8
04	Monte Alegre	4.800	120	15,00	450
05	Curuá	2.700	90	25,00	266,80
06	Alenquer	4.800	120	15,00	770,00
07	Almeirim	5.400	180	15,00	387,00
08	Prainha	3.600	120	15,00	305,00
09	Terra Santa	4.500	150	15,00	266,80
10	Santana do Tapará	4.500	150	15,00	266,80

Fonte: Autora (2023).

No entanto, é fundamental compreender que os métodos utilizados delimitam quais fatores são considerados na análise e quais aspectos estão sendo avaliados na obtenção das eficiências. Após a inclusão dos dados de saída no software, foram obtidos os seguintes resultados na constantes de retorno como apresentado na Tabela 15.

**Tabela 15** - Resultados obtidos

Nº	MUNICÍPIOS	crs_i
01	SANTARÉM	1,0000000
02	ÓBIDOS	0,6238545
03	FARO	0,6632035
04	MONTE ALEGRE	1,0000000
05	CURUÁ	0,7958442
06	ALENQUER	0,5882353
07	ALMEIRIM	1,0000000
08	PRAINHA	0,8726220
09	TERRA SANTA	0,8823529
10	SANTANA DO TAPARÁ	1,0000000

Fonte: Autora (2023)

Quando os resultados exibem valores iguais a 1, é essencial esclarecer que essa pontuação não sugere que o terminal atingiu seu limite máximo de eficiência. Pelo contrário, esse resultado denota que o terminal está operando com notável eficiência em comparação aos demais terminais incluídos na análise. A pontuação de 1 reflete uma performance destacada em termos de eficiência relativa, indicando que, em relação ao grupo de terminais considerados, este terminal está operando de maneira particularmente eficaz e otimizada. Essa métrica não apenas evidencia o desempenho positivo, mas também posiciona o terminal como uma referência de eficiência dentro do conjunto de terminais analisados.

Para obter soluções consideráveis, multiplicou-se a constante  $CRS_i$ , pelos valores de  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$  de cada terminal, o que resultou em melhorias significativas para alcançar uma resposta positiva.

Os resultados obtidos revelaram respostas consideráveis como evidenciado na tabela 16.

**Tabela 16** - Resultados obtidos

<b>Municípios</b>	<b>Movimentação do terminal mensal (OUTPUT)</b>	<b>X1 - Número de viagens</b>	<b>X2 - comprimento do berço de atracação (m)</b>	<b>X3 - área do terminal de passageiros (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Santarém</b>	31.116	420	200,00	3.600
<b>Óbidos</b>	3.600	75	15,60	371
<b>Faro</b>	2.250	60	9,95	177
<b>Monte Alegre</b>	4.800	120	15,00	450
<b>Curuá</b>	2.700	72	19,90	212
<b>Alenquer</b>	3.000	71	8,82	453
<b>Almeirim</b>	5.400	180	15,00	387
<b>Prainha</b>	3.600	105	13,09	266
<b>Terra Santa</b>	4.500	132	13,24	235
<b>Santana do Tapará</b>	4.500	150	15,00	266,80

Fonte: Autora (2023).

Ao realizar uma comparação entre a tabela 14 e a tabela 16 é possível identificar um cenário onde os terminais que estão operando com eficiência máxima e os terminais abaixo da média.

No contexto dos Terminais Hidroviários de Santarém, Monte Alegre Almeirim e Santana do Tapará estão operando no seu limite de eficiência das três variáveis de saída, com seus terminais eficientes, conforme Tabela 17.

**Tabela 17** - Dados da pesquisa e resultados obtidos

<b>Municípios</b>	<b>Movimentação do terminal mensal (OUTPUT)</b>	<b>X1 - Número de viagens</b>	<b>X2 - comprimento do berço de atracação (m)</b>	<b>X3 - área do terminal de passageiros (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Santarém</b>	31.116	420	200,00	3.600
<b>Monte Alegre</b>	4.800	120	15,00	450
<b>Almeirim</b>	5.400	180	15,00	387
<b>Santana do Tapará</b>	4.500	150	15,00	266,80

Fonte: Autora (2023).

Por fim, destacam-se os Terminais Hidroviários de Óbidos, Faro, Curuá, Alenquer, Prainha e Terra Santa notoriamente os resultados obtidos para cada terminal tem soluções distintas para alcançar a eficiência. Operando com uma capacidade inferior a 100%, ou seja, ainda existe margem para utilizar a infraestrutura sem risco de falhas, como mostra Tabela 18.

**Tabela 18** - Dados da pesquisa e resultados obtidos

<b>Municípios</b>	<b>Movimentação do terminal mensal (OUTPUT)</b>	<b>X1 - Número de viagens</b>	<b>X2 - comprimento do berço de atracação (m)</b>	<b>X3 - área do terminal de passageiros (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Óbidos</b>	3.600	75	15,60	371
<b>Faro</b>	2.250	60	9,95	177
<b>Curuá</b>	2.700	72	19,90	212
<b>Alenquer</b>	3.000	71	8,82	453
<b>Prainha</b>	3.600	105	13,09	266
<b>Terra Santa</b>	4.500	132	13,24	235

Fonte: Autora (2023).

Posteriormente procedeu-se com a análise individual de cada terminal, explorando os resultados obtidos. Esta etapa permitirá uma investigação mais detalhada do desempenho de cada terminal, identificando padrões, áreas de destaque e possíveis oportunidades de melhoria.

Durante essa análise, observou-se minuciosamente diversos aspectos, incluindo as variáveis de entrada e saída, fatores que contribuíram para a eficiência ou ineficiência, práticas notáveis e potenciais implicações ambientais ou contextuais.

Ao examinar cada terminal de maneira específica, pretende-se fornecer uma compreensão abrangente do cenário, possibilitando recomendações mais precisas e estratégias de otimização adaptadas a cada caso.

Este é uma etapa importante para a compreensão completa do panorama e para a elaboração de estratégias personalizadas que impulsionarão a eficiência de cada terminal.

Ao direcionar a atenção para os terminais que apresentaram valores inferiores a 1, começando pela análise do Terminal de Óbidos, os resultados indicam que para atingir eficiência em comparação aos demais, seriam necessárias apenas 75 viagens mensais, um berço de atracação com 16 metros de comprimento e uma área total do terminal de passageiros de 371 metros quadrados, conforme detalhado na tabela 19. Essas informações apontam para áreas específicas em que o Terminal de Óbidos pode otimizar suas operações e recursos, visando melhorias significativas em sua eficiência relativa.

**Tabela 19** - Resultados obtidos Terminal de Óbidos

Município	Movimentação do terminal mensal	Descrição	Número de viagens mensal	Comprimento do berço de atracação (m)	Área do terminal de passageiros (m <sup>2</sup> )
Óbidos	3.600	Dados da pesquisa	120	25,00	595,00
		Resultados	75	16	371

Fonte: Autora (2023).

Continuando a análise, o terminal localizado no município de Faro, revelou que para alcançar uma eficiência notável seriam necessárias 60 viagens por mês, utilizando apenas 10 metros de comprimento no berço de atracação e uma área do terminal de passageiros de 177 metros quadrados, conforme evidenciado na Tabela 20. Esses dados apontam áreas específicas em que o Terminal de Faro pode concentrar esforços para otimizar suas operações, promovendo uma significativa melhoria em sua eficiência relativa em relação aos demais terminais analisados.

**Tabela 20** - Resultados obtidos Terminal de Faro

Município	Movimentação do terminal mensal	Descrição	Número de viagens mensal	Comprimento do berço de atracação (m)	Área do terminal de passageiros (m <sup>2</sup> )
<b>Faro</b>	2.250	Dados da pesquisa	90	15,00	266,80
		Resultado	60	10	177

Fonte: Autora (2023).

O Terminal de Curuá revela um resultado bastante significativo, indicando que para alcançar eficiência em comparação aos demais terminais, seria necessário utilizar apenas 20 metros de comprimento no berço de atracação, ocupar uma área de 212 metros quadrados e realizar 72 viagens, conforme detalhado na Tabela 21. Esses dados indicam uma oportunidades específicas em que o Terminal pode focar para otimizar suas operações, promovendo uma melhoria notável em sua eficiência relativa dentro do contexto analisado.

**Tabela 21** - Resultados obtidos Terminal de Curuá

Município	Movimentação do terminal mensal	Descrição	Número de viagens mensal	Comprimento do berço de atracação (m)	Área do terminal de passageiros (m <sup>2</sup> )
<b>Curuá</b>	2.700	Dados da pesquisa	90	25,00	266,80
		Resultado	72	20	212

Fonte: Autora (2023).

Seguindo, tem-se o terminal situado no município de Alenquer, conforme destacado na Tabela 22. Para atingir eficiência em comparação aos demais terminais, seria necessário fazer uso de apenas 9 metros do berço de atracação, ocupar uma área de 453 metros quadrados e realizar 71 viagens mensais. Esses valores evidenciam as áreas específicas em que o Terminal de Alenquer pode concentrar esforços para otimizar suas operações, visando alcançar eficiência em relação aos outros terminais analisados.

**Tabela 22** - Resultados obtidos Terminal de Alenquer

Município	Movimentação do terminal mensal	Descrição	Número de viagens mensal	Comprimento do berço de atracação (m)	Área do terminal de passageiros (m <sup>2</sup> )
<b>Alenquer</b>	3.000	Dados da pesquisa	150	15,00	770,00
		Resultado	71	9	453

Fonte: Autora (2023).

Logo o Terminal de Prainha, os resultados, conforme detalhado na Tabela 23, indicam que seriam necessárias apenas 105 viagens por mês. Além disso, para atingir eficiência em comparação aos demais terminais, o uso de 103 metros do comprimento do berço de atracação e uma área total de 266 metros quadrados seria suficiente. Esses dados oferecem perspectiva específicas sobre as áreas em que o Terminal de Prainha pode concentrar esforços para otimizar suas operações, visando aprimorar sua eficiência relativa em relação aos demais terminais analisados.

**Tabela 23** - Resultados obtidos Terminal de Prainha

Município	Movimentação do terminal mensal	Descrição	Número de viagens mensal	Comprimento do berço de atracação (m)	Área do terminal de passageiros (m <sup>2</sup> )
<b>Prainha</b>	3.600	Dados da pesquisa	120	15,00	305,00
		Resultado	105	13	266

Fonte: Autora (2023).



E por fim, o Terminal de Terra Santa que apresenta um resultado significativo, conforme evidenciado na Tabela 24. Para alcançar uma notável eficiência em comparação aos demais terminais, seriam necessárias 132 viagens mensais, fazendo uso de apenas 13 metros do berço de atracação e ocupando uma área de 235 metros quadrados. Estes dados oferecem uma visão específica das áreas em que o Terminal de Terra Santa pode concentrar seus esforços para otimizar operações, visando melhorar sua eficiência relativa em relação aos demais terminais analisados.

**Tabela 24** - Resultados obtidos Terminal de Terra Santa

<b>Município</b>	<b>Movimentação do terminal mensal</b>	<b>Descrição</b>	<b>Número de viagens mensal</b>	<b>Comprimento do berço de atracação (m)</b>	<b>Área do terminal de passageiros (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Terra Santa</b>	4.500	Dados da pesquisa	150	15,00	266,80
		Resultado	132	13	235

## 6 CONCLUSÃO

O trabalho descreveu resultados obtidos que revelaram informações valiosas sobre a eficiência relativa dessas unidades, identificando aquelas que estão operando abaixo de seu potencial máximo e aquelas que servem como indicadores de eficiência.

Os Terminais Hidroviários de Santarém, Monte Alegre, Almeirim e Santana do Tapará, mostraram-se eficientes ao longo dos estudos realizados. Os resultados obtidos para os Terminais de Óbidos, Faro, Curuá, Alenquer, Prainha e Terra Santa indicam que essas unidades foram identificadas como ineficientes.

Primeiramente, a identificação desses terminais como ineficientes não deve ser interpretada como uma sentença definitiva de inadequação. Pelo contrário, essa constatação oferece uma oportunidade valiosa para a implementação de melhorias e otimizações em suas operações. O fato de esses terminais ainda operarem com uma folga considerável indica que há espaço para ajustes e aprimoramentos que podem resultar em ganhos significativos de eficiência. Pelo contrário, os terminais ainda estão operando com um espaço de uso considerável.

Além disso, este estudo ressaltou a flexibilidade e a adaptabilidade da DEA, mostrando como ela pode ser aplicada em uma variedade de setores e cenários, incluindo saúde, educação, serviços públicos e setor privado. Isso demonstra a relevância contínua da DEA como uma ferramenta de análise de desempenho.

A eficiência relativa desses terminais pode ser interpretada como uma oportunidade para implementar melhorias e otimizações nas operações, visando atingir um desempenho mais alinhado com as expectativas e padrões do setor. Essa análise oferece entendimentos valiosos para a gestão e tomada de decisões estratégicas, permitindo que medidas corretivas sejam aplicadas de maneira direcionada, aprimorando assim o desempenho dessas infraestruturas portuárias.

No entanto, é importante reconhecer que o DEA não é uma ferramenta isenta de desafios, e este estudo também destaca a necessidade de considerar cuidadosamente questões relacionadas à seleção de variáveis, escolha de inputs e outputs, bem como a interpretação dos resultados.

Em última análise, esta dissertação fornece uma contribuição significativa para a compreensão e importância das infraestruturas portuárias de passageiros na nossa região, que tem tido um crescimento significativo para nossa população, investimentos e economia. Espera-se que este estudo estimule pesquisas futuras na área e continue a influenciar práticas de gestão e políticas de alocação de recursos em diversos setores.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA PARÁ. Santarém ganha o maior e mais moderno terminal hidroviário do Brasil. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/36400/santarem-ganha-o-maior-e-mais-moderno-terminal-hidroviario-do-brasil>. Acesso em: 04 jun. 2023.

Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). Disponível em: <https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/index.html>. Acesso em: 23 jan. 2023.

Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). Dados quantitativos de transportes hidroviários na Amazônia. c2018. [Atualizado em 29 jun. 2021; citado em 29 jun. 2021]. Disponível em: <https://www.gov.br/antaq/pt-br>.

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BUTTON, K. J.; NIJKAMP, P. *Transport Economics*. Edward Elgar Publishing, 1997.

BUSATO, C.; BUSATO, J.; VENTURIN, A.; BUSATO, C.C. M. Representações sociais de Meio Ambiente em estudantes de ensino médio/técnico dos estados do Espírito Santo e Paraná. *Revista Engenharia Ambiental*, v. 9, n. 3, p. 352-369, jul./set. 2002. Disponível em:

<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=2314&article=774&mode=pdf>. Acesso em: 12 de jun. 2023.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CHARNES, A.; ROUSSEAU, J. J.; SEMPLE, J. H. Sensitivity and stability of efficiency classifications in data envelopment analysis. *Journal of productivity analysis*, v. 7, p. 5-18, 1996.

Companhia de Portos e Hidrovias do Estado do Pará (CPH-PA). Governo do Estado investe na infraestrutura da malha hidroviária do Pará. Disponível em: <http://cph.pa.gov.br/content/governo-do-estado-investe-na-infraestrutura-da-malha-hidrovi%C3%A1ria-do-par%C3%A1>. Acesso em: 04 jun. 2023.

DA SILVA, Ana Claudia dos Santos; ASSUMPÇÃO, Maria Rita Pontes. Análise da eficiência em terminais rodoviários de passageiros. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 37, p. 31-40.

FALCÃO, V. A.; CORREIA, A. R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. *Journal of Transport Literature*, v. 6, p. 133-146, 2012.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Produto Relatório Final da Caracterização e Diagnóstico Detalhados da Atividade Náutica, de Turismo Profissional, no Setor Cunhambebe da APAMLN. Condicionante Caracterização do Turismo Náutico na Área de Proteção

Ambiental Marinha do Litoral Norte de São Paulo (APAMLN) – licenciamento etapa 2 do pré-sal. São Paulo: Fundação Florestal. 2017.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Produto 3: Diagnóstico Participativo do Plano de Manejo da APA Marinha do Litoral Norte e ARIE de São Sebastião. São Paulo: Fundação Florestal, 2014.

GONZALEZ, M. M.; TRUJILLO, L. Efficiency measurement in the port industry: a survey of the empirical evidence. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, v. 43, n. 2, p. 157-192, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

LOPES, Juliana Monteiro. Eficiência técnica e financeira em terminais de contêineres brasileiros. 2015. 107 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2015.

LOVELL, C. K. Production frontiers and productive efficiency. The measurement of productive efficiency: techniques and applications, v. 3, p. 67, 1993.

NBR 15450: Acessibilidade de Passageiros no Sistema de Transporte Aquaviário. Rio de Janeiro, 2006. 15 p.

NEGRI, Nathane Ana Rosa; BORILLE, Giovanna Miceli Ronzani. Eficiência dos terminais aeroportuários brasileiros considerando a percepção de satisfação do passageiro. *Transportes*, v. 27, n. 1, p. 96-110, 2019.

NOVAES, A. G. N. Rapid-transit efficiency analysis with the assurance-region DEA method. *Pesquisa Operacional*, v. 21, p. 179-197, 2001.

ROLL, Y.; GOLANY, B. Alternate methods of treating factor weights in DEA. *Omega*, v. 21, n. 1, p. 99-109, 1993.

SEIFORD, L. M.; THRALL, R. M. Recent developments in DEA: the mathematical programming approach to frontier analysis. *Journal of econometrics*, v. 46, n. 1-2, p. 7-38, 1990.

PIRES, G. C.; SILVA, V. M. D. Análise da Eficiência Portuária usando a Metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA). *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, v. 10, p. 55-79, 2017.

PEARSON, K. Data Envelopment Analysis: an explanation. Working Paper n. 83, Bureau of Industry Economics, Canberra, 1993.

Plano Diretor Participativo do Município de Santarém – Lei nº 18.051/2006. Disponível em: [https://sapl.santarem.pa.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2006/43/43\\_texto\\_integral.pdf](https://sapl.santarem.pa.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2006/43/43_texto_integral.pdf). Acesso em: 04 jun. 2023.

Plano Diretor Participativo do Município de Santarém – Lei nº 19.883/2015. Disponível em: [https://sapl.santarem.pa.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2006/43/43\\_texto\\_integral.pdf](https://sapl.santarem.pa.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2006/43/43_texto_integral.pdf). Acesso em: 04 jun. 2023

Plano Diretor Participativo do Município de Santarém – Lei nº 5.229/2004. Disponível em: [https://sapl.santarem.pa.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2006/43/43\\_texto\\_integral.pdf](https://sapl.santarem.pa.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2006/43/43_texto_integral.pdf). Acesso em: 04 jun. 2023.

SARRIERA, J. M., SEREBRISKY, T., ARAYA, G., GARMENDIA, C. e SCHWARTZ, J. Benchmarking Container Port Technical Efficiency in Latin America and the Caribbean, IDB Working Paper, 2013, No. 474.

TISCOSKI, Juliana da Silva. Análise da eficiência operacional portuária, por meio da análise envoltória de dados: um estudo de caso dos complexos portuários públicos movimentadores de granéis sólidos agrícolas. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. 105 fls.

Transporta Brasil. Antaq divulga estudo sobre transporte fluvial de passageiros da região amazônica. Disponível em: <https://www.transportabrasil.com.br/2013/08/antaq-divulga-estudo-sobre-transporte-fluvial-de-passageiros-da-regiao-amazonica/>. Acesso em: 10 de SETEMBRO de 2023.

VITOI, Carlos Alberto Ayupe. Análise envoltória de dados como instrumento para avaliar a capacidade da infraestrutura portuária brasileira de atender à demanda futura de exportação de granéis vegetais. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/35005/1/2019\\_CarlosAlbertoAyupeVitoi.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/35005/1/2019_CarlosAlbertoAyupeVitoi.pdf). Acesso em: 20 jan. 2023.