

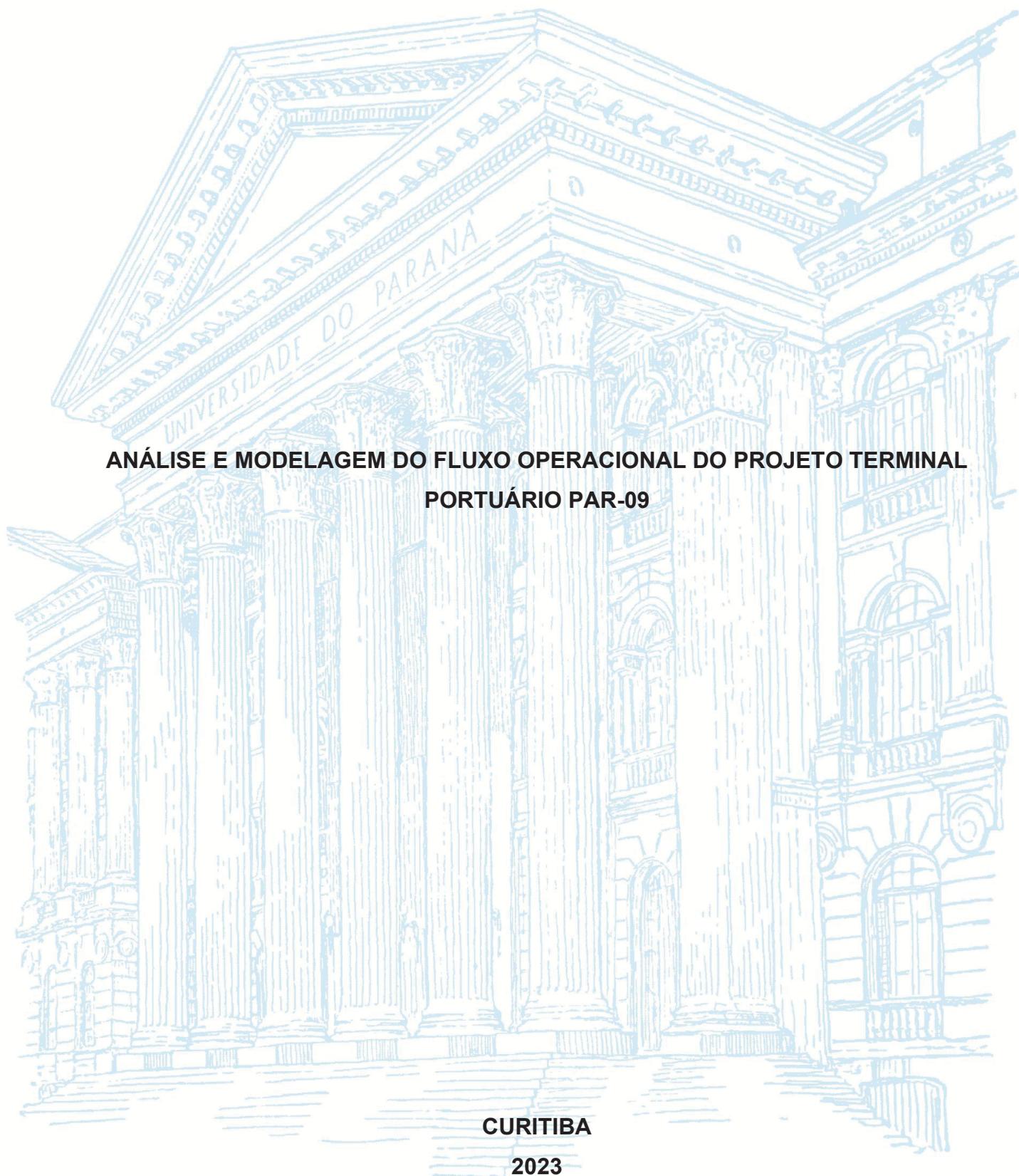
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RICARDO SAUTCHUK MALUCELLI

**ANÁLISE E MODELAGEM DO FLUXO OPERACIONAL DO PROJETO TERMINAL
PORTUÁRIO PAR-09**

CURITIBA

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RICARDO SAUTCHUK MALUCELLI

**ANÁLISE E MODELAGEM DO FLUXO OPERACIONAL DO PROJETO TERMINAL
PORTUÁRIO PAR-09**

TCC apresentado como requisito à obtenção do título de MBA em Gestão de Operações em 2023, na escola de administração da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Valentim Loch.

CURITIBA

2023

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma análise operacional do Terminal Portuário PAR-09, no Complexo de Paranaguá, por meio de modelagem e simulação discreta em ambiente Simul8. Foram coletados tempos mínimos, típicos e máximos de operações em terminal similar para alimentar o modelo, que simula um ano de atividade contínua com um e dois tombadores. Os resultados evidenciam utilização total dos equipamentos, mas não atingem o nível de segurança operacional de 60% da capacidade nominal, devido à formação de filas internas que demandam de 32 a 42 vagas para caminhões. A partir desses achados, propõem-se estratégias de fases de implantação, alocação gradual de capacidade estática e compartilhamento de lotes de embarque com terminais vizinhos para mitigar gargalos. O estudo reforça as vantagens da simulação para testar hipóteses sem interromper operações reais e sugere extensões futuras envolvendo simulação multimodal, análise de line up concorrente e avaliação do fluxo viário externo.

Palavras-chaves: Simulação computacional; Fluxo operacional portuário; Gargalos logísticos; Modelagem de processos; Terminal PAR-09.

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Os portos são importantes para o desenvolvimento de um país e seu crescimento econômico. Com o aumento da eficiência, redução dos custos e melhora do nível de serviços dos portos, a economia do país é beneficiada (Tovar e Ferreira, 2006).

Em especial, o desenvolvimento do comércio internacional está relacionado com as movimentações portuárias, sendo que a maioria das mercadorias comercializadas no mundo são transportadas por navios, logo participar do comércio internacional é um fator de enriquecimento para o país (Oliveira, 2000).

Em 2019 e 2020, entre as cargas relevantes, o Complexo Portuário de Paranaguá movimentou 24,3 milhões e 26,2 milhões de toneladas de grãos sólidos vegetais, respectivamente. Este grupo de produtos inclui as seguintes cargas: Açúcar, Grãos de Soja, Milho e Farelo de Soja.

Na comparação com os demais complexos portuários do Brasil, o Porto de Paranaguá e Antonina é o segundo porto exportador de soja, farelo de soja, e açúcar e o quinto no volume exportado de milho, respondendo por aproximadamente 17,81% das exportações de soja, 33,74% das de farelo de soja, 16,00% das de açúcar e 7,40% das de milho (ComexStat, 2020).

Sendo assim, favorecer o escoamento de cargas e mercadorias é papel relevante para os entes públicos e privados, sendo estes preponderantes para a economia dando significativa relevância a eficácia dos portos neste cenário extremamente globalizado.

O processo de análise de fluxos, bem como a modelagem de processos se faz cada vez mais necessária as organizações que buscam a excelência e a tomada de decisões baseadas em dados para amparar as a tomada de decisões de forma mais assertiva.

A partir da avaliação de viabilidade baseada em uma multiplicidade de variáveis, é possível obter projeções de comportamento do empreendimento frente ao mercado, possibilitando maior segurança e transparência nas decisões de investimento para os interessados na busca pela melhor performance do modelo operacional.

Existe um enorme interesse público para que os portos operem com eficiência e segurança e que os serviços sejam prestados de forma competitiva e ajudem no desenvolvimento econômico regional e nacional, considerando seu papel vital no comércio internacional

1.2 PROBLEMA DA PESQUISA

O presente trabalho tem por objetivo demonstrar a análise operacional da área a ser licitada pela união no porto de Paranaguá, denominada PAR-09, fluxos do processo de entrada e saída rodoviários através da análise de dados e modelagens do processo demonstrando a viabilidade operacional da nova área portuária e possíveis gargalos logísticos.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

O projeto PAR-09 atende as demandas logísticas previstas?

O sistema de descarga do projeto PAR-09 supre as demandas do sistema?

Quais os possíveis gargalos do projeto PAR-09?

Quais as melhorias possíveis no projeto PAR-09 no âmbito operacional?

1.4 HIPÓTESES PRÉVIAS

O estudo busca demonstrar se o dimensionamento das operações de descarga (entradas) está adequado aos fluxos de embarque (saída) de modo a prover o balanceamento do sistema suprindo as operações de embarque de forma puxada.

1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente trabalho tem por objetivo demonstrar e avaliar o fluxo de recebimento rodoviário proposto do projeto PAR-09 de modo a atender a demanda pretendida para as fases I e II, respectivamente para os próximos 5 e 10 anos, excluindo deste modelo o sistema de expedição devido dimensionamento a maior deste já nas fases II e III do presente projeto.

1.6 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo analisar, por meio de um modelo de simulação computacional, o processo de descarga rodoviária prevista no projeto PAR-09 nas fases I e II, visando validar as premissas do projeto e prover possíveis melhorias nas capacidades de descargas.

1.6.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar o projeto PAR-09;
2. Validar os dados operacionais do projeto PAR-09;
3. Construir um modelo para o recebimento de granéis para o projeto PAR09;
4. Avaliar o modelo de recepção de granéis propostos;
5. Propor melhorias operacionais através do modelo.

1.7 1.7 JUSTIFICATIVA

A simulação permite estudar em um ambiente virtual o comportamento estático e dinâmico que envolve determinado problema, assim ela permite avaliar as respostas do sistema diante de determinadas condições que irão ocorrer no mundo real (Loder; Bender, 2007).

A crescente demanda por serviços portuários requer cada vez melhores investimentos, capazes de prover a maximização dos ativos, neste contexto em pró da modernização e da maximização dos resultados a união apresenta o projeto PAR09, um novo terminal portuário com área a licitar que deverá contemplar a armazenagem e movimentação de granéis sólidos vegetais garantindo o atendimento a crescente demanda da comunidade portuária.

A modelagem do sistema é amplamente aplicável ao projeto de modo a realizar as simulações considerando as variáveis do processo de recebimento, armazenagem e embarque do projeto PAR09.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ESTRUTURA DA REVISÃO DA LITERATURA

A revisão bibliográfica apresentada consiste na consulta de artigos, livros, páginas especializadas da internet e outros trabalhos de pós-graduação. Essa revisão permitiu a realização de uma investigação das aplicações da simulação e modelagens em variadas áreas desde portos, aeroportos, transportes, das características envolvidas e dos conceitos e métodos na condução do processo de modelagem.

2.1.1 Simulação em operações portuárias

Paranhos e Brito (2022) demonstraram o uso da simulação computacional para o estudo das filas de um terminal portuário, os vários tipos de serviços e empresas que dependem do transporte para enviar e receber mercadorias, com segurança e qualidade os seus produtos e matérias primas, destacando o transporte de cargas no terminal portuário de Santos objetivando diminuir o tempo e custo de transportes do país através do estudo de filas e modelagem computacional.

Souza (2007) apresenta a simulação de uma operação de recebimento e armazenagem de milho utilizando se de softwares de simulação de modo a evidenciar gargalos operacionais.

Santos (2018) faz uma análise do comportamento de um sistema portuário utilizando se do software Arena para apoio a decisões no intuito de alterara capacidade de tempo de atendimento de alguns servidores de atendimento do porto e seus impactos nos processos.

2.1.2 simulação em transportes

Maligo (2005) em sua dissertação apresenta um estudo, baseado em modelo de simulação desenvolvido no ARENA, sobre a operação de carregamento de dos caminhões tanque, em uma base de combustíveis automotivos.

Ribeiro (2003) desenvolveu um modelo em ARENA para analisar por meio da simulação, o sistema de pátio do aeroporto de Congonhas.

Neto, 2019 apresenta em seu estudo a simulação através do software Arena aplicada a um sistema de filas em postos de gasolina.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PORTO DOM PEDRO II

3.1.1 definição

O Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina é composto pelo Porto Organizado de Paranaguá, pelo Porto Organizado de Antonina, pelo TUP Cattalini e pelo TPPP, doravante TUP Pontal do Paraná, este último ainda em projeto. Os portos de Paranaguá e Antonina são administrados pela mesma entidade, a Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), uma empresa pública instituída pela Lei Estadual nº17.895/2014, Decreto nº 11.562/2014.

Atualmente, a APPA é responsável por gerir os Portos Organizados paranaenses por meio do Convênio de Delegação nº 037/2001, celebrado em 11 de dezembro de 2001 entre o Estado do Paraná e a União, com validade de 25 anos, e que vigorará até 1º janeiro de 2027. Observa-se que o Convênio foi prorrogado em mais 25 anos pelo 1º Termo Aditivo, celebrado em 05/05/2020 com vigência até 1º de janeiro de 2052.

O Complexo Portuário de Paranaguá localiza-se na Baía de Paranaguá, no estado do Paraná, em uma baía natural que fornece segurança às embarcações. A figura 1 indica a localização dos portos (com suas respectivas poligonais demarcadas) e dos TUPs que fazem parte do complexo. A figura a seguir ilustra a localização e a poligonal que delimita a área do Complexo Portuário de Paranaguá.



Figura 1: localização do complexo portuário – fonte APPA

O porto dispõe de um cais público acostável, contínuo e com extensão de 3.131 m, com 14 berços para atendimento simultâneo de 12 a 14 navios, 1 berço de atracação para operações roll on-roll off com 220 m de extensão, o qual compreende 3 dolphins de atracação e 1 de amarração, totalizando aproximadamente 3.400 metros acostáveis de cais. A imagem a seguir demonstra a localização dos berços no Porto de Paranaguá.



Figura 2: Localização dos berços píers– fonte Appa 2019

3.1.2 Acesso aquaviário

Acesso Aquaviário O canal de acesso ao Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina é apresentado nas Cartas Náuticas DHN nº 1.820, 1.821 e 1.822 da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN) (BRASIL, 2013a). A Baía de Paranaguá pode ser demandada pelos canais da Galheta, Norte ou Sudeste. No entanto, de acordo com o Roteiro elaborado pela Marinha para a Costa Sul, o Canal Norte só pode ser navegado por pequenas embarcações (BRASIL, 2016c). Segundo Soares (2009), o Canal da Galheta foi dragado no início da década de 1970 como alternativa ao Canal Sueste. Este necessitava de um aprofundamento devido ao surgimento de navios maiores, porém apresentava rochas em seu leito, requerendo, assim, a execução de derrocagens. Desde então, o Canal da Galheta vem sendo utilizado como principal acesso ao Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina.

3.1.3 Acesso ferroviário

Acesso Ferroviário A hinterlândia ferroviária do Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina é composta por uma malha de ferrovias de bitola métrica, concessionada à empresa Rumo Logística. Os terminais ferroviários D. Pedro II e Km 5, localizados na linha Paranaguá–Uvaranas, atendem ao Porto de Paranaguá e ao TUP Cattalini.

3.1.4 Acesso rodoviário

Acesso Rodoviário Para acessar o Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina, a principal via de ligação com a hinterlândia é a BR-277, concentrando, portanto, todo o transporte rodoviário de cargas relacionado às instalações portuárias compreendidas no Complexo Portuário. A BR-277 estende-se até as proximidades do Porto de Paranaguá e do TUP Cattalini, onde recebe o nome de Av. Senador Atílio Fontana. Próximo à cidade de Curitiba, essa rodovia interliga-se à BR-376 e à BR-116. Por outro lado, para acessar o Porto de Antonina, a BR-277 conecta-se com a PR-408, e, para acessar o TUP Pontal do Paraná, interliga-se à PR-407.

3.2 MOVIMENTAÇÕES ATUAIS E PREVISÕES

Os principais produtos exportados pelo porto de Paranaguá no setor de granéis sólidos vegetais para fins de análise pelo PNL - Plano Nacional de Logística Portuária são classificados em: Açúcar, Farelo de soja, Milho, Soja, Trigo e Outros. A imagem a seguir ilustra a representatividade dos produtos que compõem o grupo de granel sólido vegetal nas movimentações observadas no ano de 2018.

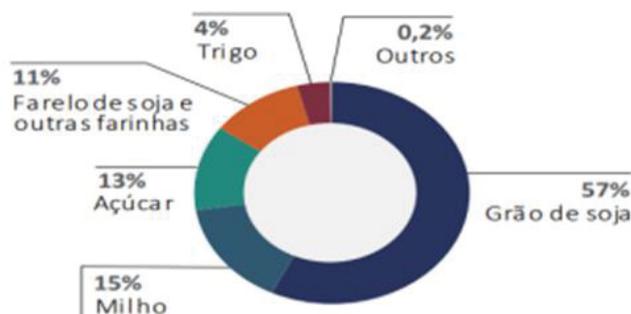


Figura 3: Produtos que compõem o grupo de granel vegetal – Fonte PNLP 2019

Conforme os dados apresentados pela Autoridade Portuária de Paranaguá, em 2020, o Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina movimentou 26,6 milhões de toneladas de granéis sólidos vegetais e, em 2019, 24,6 milhões de toneladas, sendo que os granéis sólidos vegetais de exportação (soja, farelo de soja, milho e açúcar) representaram 99,95% do total movimentado em 2020 e 99,93% em 2019.

Para a área de arrendamento PAR09, a demanda majoritária são os granéis sólidos vegetais de exportação. O principal sentido de movimentação é o embarque na navegação de longo, tendo em vista que os volumes exportados de soja, farelo de soja, milho e açúcar representaram 99,95% do total movimentado em 2020 e 99,93% em 2019. O trigo opera no sentido desembarque na navegação de longo curso.



Figura 4 – Produtos movimentados no complexo portuário de Paranaguá
Fonte Plano mestre 2018

O Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina é o segundo porto exportador de soja, farelo de soja, e açúcar e o quinto no volume exportado de milho, respondendo por aproximadamente 17,81% das exportações de soja, 33,74% das de farelo de soja, 16,00% das de açúcar e 7,40% das de milho (ComexStat, 2020).

Respondendo por aproximadamente 16,0% dos embarques ao exterior. Na safra 2019/20, foram exportados 4,8 milhões de toneladas e para a safra 2020/21 a previsão é manter os volumes de exportação da safra 2019/20

A área denominada PAR09, situada no Porto Organizado de Paranaguá, encontra-se alocada no “Cluster de Paraná – São Francisco do Sul”. Segundo dados apresentados no relatório “Projeção de Demanda e Carregamento da Malha” (Ano Base de 2018), publicado em 2019, a demanda total prevista para soja, farelo de soja e milho para o horizonte de 2020 a 2060 possui taxa média de crescimento da ordem de 1,71%, conforme tabela a seguir.

Ainda de acordo com o PNLP, a demanda prevista para soja, farelo de soja e milho deve atingir em torno de 59,2 milhões de toneladas no ano de 2060. O gráfico a seguir demonstra a evolução da movimentação projetada. Gráfico 1: Projeção tendencial de movimentação de soja, farelo e milho no Cluster Paraná – São Francisco do Sul (em t). Fonte: Elaboração própria, a partir do PNLP (2019). Com relação à demanda total prevista de açúcar para o horizonte de 2020 a 2060, o PNLP estima que a taxa média de crescimento seja da ordem de 2,25%, conforme tabela a seguir.

CLUSTER SÃO PAULO	
ANO	EVOLUÇÃO (%)
2018 – 2025	5,02%
2025 – 2035	1,59%
2035 – 2045	1,15%
2045 – 2055	1,11%
2055 – 2060	1,04%
2020 - 2060	1,71%

Figura 5 – Projeção da demanda para soja, farelo e milho – fonte PNLP 2019

Ainda de acordo com o PNLP, a demanda prevista para soja, farelo de soja e milho deve atingir em torno de 59,2 milhões de toneladas no ano de 2060. A figura a seguir apresenta o gráfico que demonstra a evolução da movimentação projetada. Projeção tendencial de movimentação de soja, farelo e milho no Cluster Paraná – São Francisco do Sul (em t). Fonte: Elaboração própria, a partir do PNLP (2019).

Com relação à demanda total prevista de açúcar para o horizonte de 2020 a 2060, o PNLP estima que a taxa média de crescimento seja da ordem de 2,25%, conforme tabela a seguir.

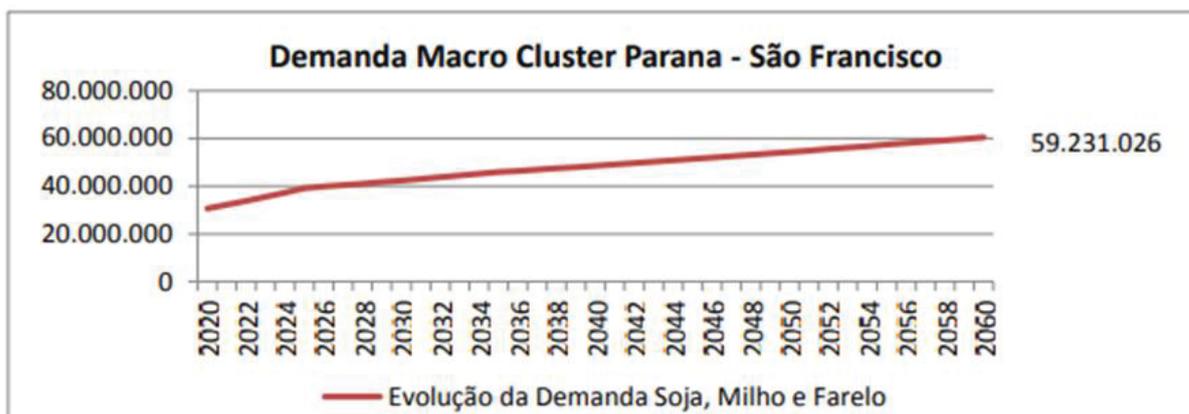


Figura 6 – Projeção para soja, f tendencial de movimentação de soja, farelo e milho – fonte PNLP 2019

Com relação à demanda total prevista de açúcar para o horizonte de 2020 a 2060, o PNLP estima que a taxa média de crescimento seja da ordem de 2,25%, conforme tabela a seguir:

CLUSTER SÃO PAULO	
ANO	EVOLUÇÃO (%)
2018 – 2025	5,35%
2025 – 2035	2,31%
2035 – 2045	1,80%
2045 – 2055	1,55%
2055 – 2060	1,39%
2020 - 2060	2,25%

Figura 7 – Projeção da demanda para açúcar – fonte PNLP 2019

Ainda de acordo com o PNLP, a demanda prevista para deve atingir em torno de 7,9 milhões de toneladas de açúcar no ano de 2060. O gráfico a seguir demonstra a evolução da movimentação projetada.

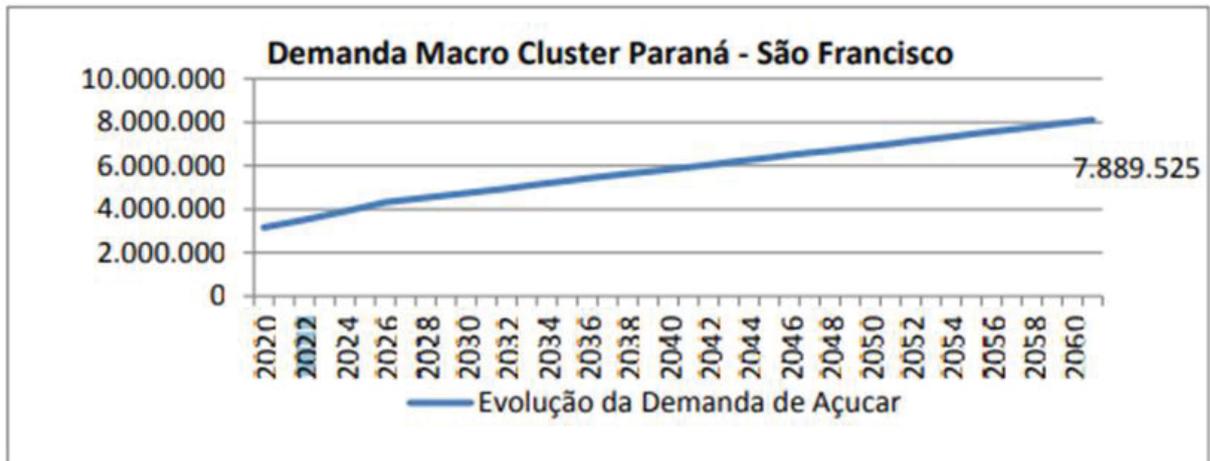


Figura 8 – Projeção tendencial de movimentação de açúcar – fonte PNL 2019

3.3 APRESENTAÇÃO DO PROJETO PAR-09

Este tópico discorrerá sobre as áreas pertencentes ao arrendamento, estrutura operacional, armazenagem e sistema de expedição.

3.3.1 Delimitação da área

A área de Arrendamento PAR09 está localizada dentro da poligonal do Complexo Portuário de Paranaguá, e conta com uma área de aproximadamente 24.016 m² e faz parte do plano de arrendamentos da união, conforme demonstrado na figura abaixo:



Figura 9 – Apresentação áreas a licitar – fonte APPA 2019

A área é caracterizada como brownfield, possuindo uma área atual com estrutura de operação. A figura a seguir apresenta imagem aérea da área atual:



Figura 10 – Delimitação da área PAR09 – fonte APPA 2019

3.3.2 Estrutura operacional

A área de arrendamento PAR09 será utilizada para armazenagem e movimentação portuária de cargas granéis, pelos tipos de navegação longo curso e cabotagem. A superfície total da área disponibilizada ao futuro arrendatário é de 24.016 m² (vinte e quatro mil e dezesseis metros quadrados). O Terminal terá conexões rodoviária e ferroviária para a recepção da carga e conexão por correias transportadoras para expedição junto ao cais berço de atracação 201 e novo píer corredor de exportação oeste, píer F.

O futuro arrendatário deverá realizar investimentos em instalações e equipamentos necessários para operação, que incluem no mínimo o sistema de embarque com capacidade nominal de 4.000 t/h, construção de um novo Píer, sistemas transportadores equivalentes a 4.000 t/h, capacidade estática mínima total de 162 mil toneladas, estruturação de área para apoio logístico da APPA e sistema de

recepção (rodoviária e ferroviária) equivalente a 3,5 milhões de toneladas ano. Portanto, para efeito de modelagem, o futuro arrendatário realizará investimentos que incluem, no mínimo: I. Investimentos área do terminal, obras de demolição de edificações incluindo armazém; aquisição e instalação de sistema de combate a incêndio; aquisição e instalação de trilhos ferroviários para adequação de ramais ferroviários internos; pavimentação para o sistema de recepção rodoviário do terminal; construção de novos silos com capacidade estática total mínima de 162.000 toneladas; construção de edificações operacionais/administrativas; aquisição de conjunto de equipamentos para transporte de granéis entre o cais, moegas e silos com capacidade nominal mínima de 800 t/h para recepção (ferroviária e rodoviária) e 4.000 t/h para expedição.

O projeto da APPA tem a premissa de que os transportadores de correia do novo corredor serão alimentados por distintos transportadores vindos de diversos terminais de operadores portuários, assim os granéis seriam transportados por correias na região do Cais Oeste, seguindo pela ponte de acesso, interligadas por torres de transferência, que possibilitam a mudança de sentido de encaminhamento da carga de granel sólido, e descarregam em navios por torres pescante. O projeto Píer "F" é constituído por Píer de Atracação e uma Ponte de Acesso com ligação do cais existente, próximo ao berço 201. O novo Píer será composto por 4 (quatro) berços de atracação para navios Handy Size (33.000 TPB) até navios Cape Size (140.000 TPB). A figura a seguir representa o projeto conceitual da interligação do terminal ao píer "F"

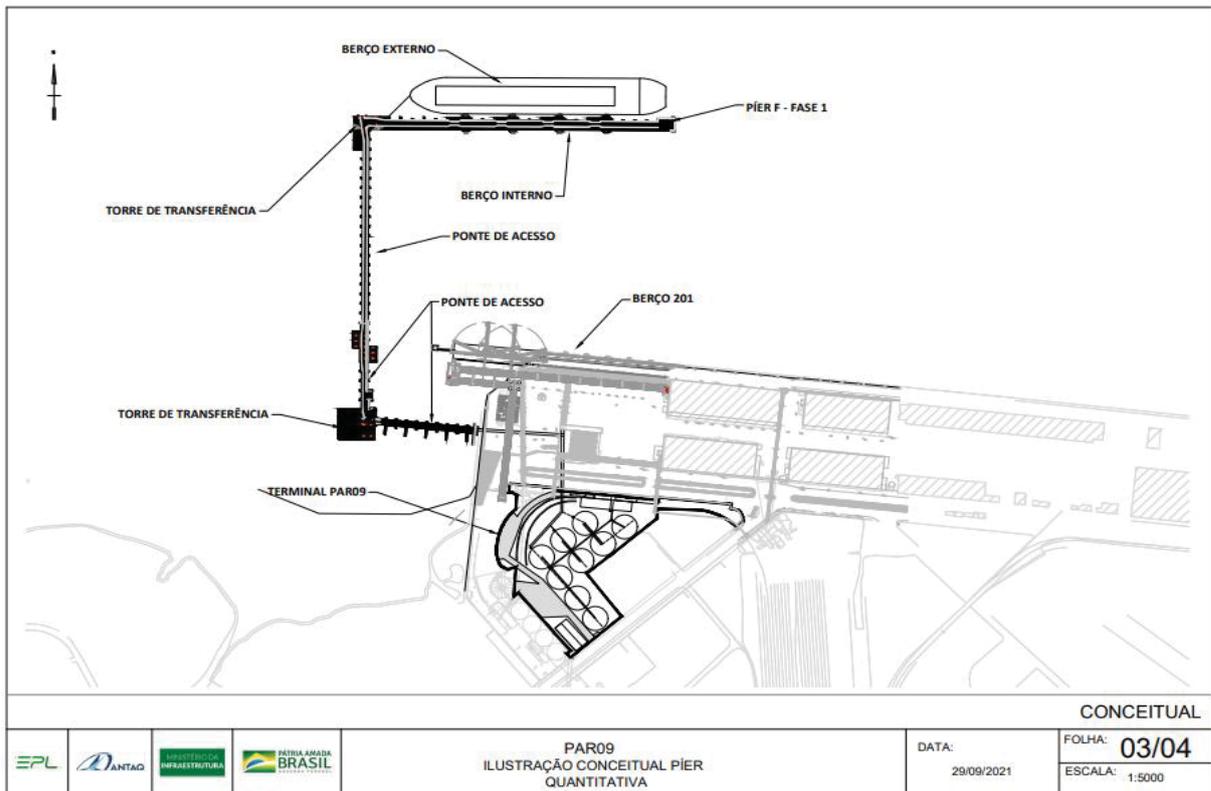


Figura 11 – Ilustração conceitual pier – fonte EPL 2019

Entretanto, para a modelagem do estudo PAR09, o futuro arrendatário realizará obras para instalação da do projeto Píer F, executando apenas a fase 1, estrutura próxima ao cais do berço 201. O Píer (fase 1) será constituído de um único píer com dois berços e ponte de acesso interligando o berço 201

O sistema de carregamento dos navios a ser instalado pelo futuro arrendatário contemplará apenas um berço do píer F (fase 1), berço externo, tornando operacional e atendendo a demanda do futuro PAR09. Não será de responsabilidade do futuro arrendatário a aquisição e instalação do sistema de carregamento para o berço interno do Píer. Registra-se que o berço externo em questão será de uso prioritário do futuro arrendatário PAR09, e a estrutura do píer será do Porto Organizado, a ser gerida e mantida pela APPA. A projeção da estrutura está ilustrada conforme a figura a seguir.

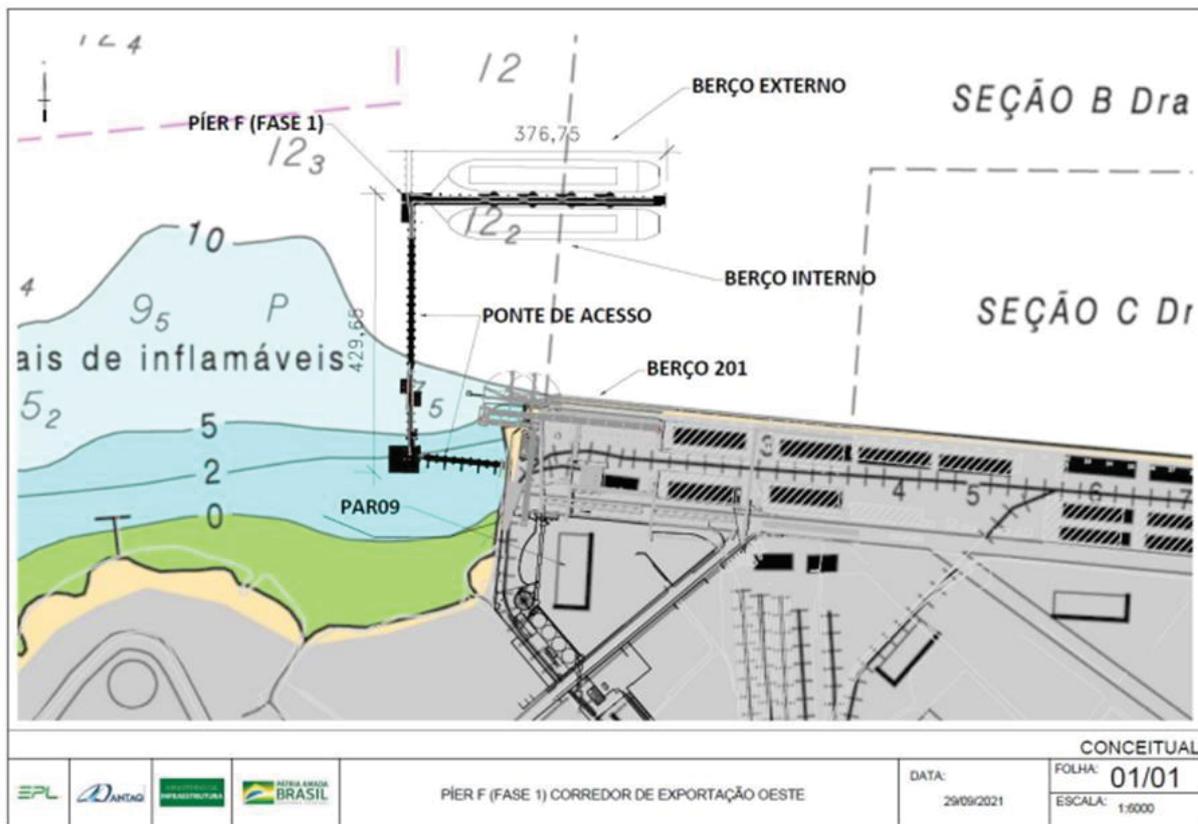


Figura 11 – Projeção do Pier F fase 1 – fonte EPL 2019

Por fim, considerando os dados informados de berço, taxa de ocupação, tempo de alocação da infraestrutura e prancha média geral, a capacidade dinâmica do sistema de embarque anual do Terminal foi calculada com 3,3 milhões de toneladas.

3.3.3 Armazenagem

A futura área PAR09 possui estrutura de armazenagem horizontal de 30.000 toneladas de capacidade estática, instalada em área de aproximadamente 4.147 m², podendo ser dividido em células conforme necessidade. Para a modelagem foi definida a demolição e ampliação da capacidade estática do terminal e instalação de novos equipamentos., caberá ao futuro Arrendatário realizar as obras de demolição das edificações e armazéns existentes que afetam a futura área de arrendamento PAR09, incluindo novos sistemas de recepção e expedição da carga. Para o armazenamento e movimentação de granéis vegetais, será necessário que o futuro arrendatário realize investimentos para a construção de novos sistemas de

armazenagem com capacidade estática total mínima de 162.000 toneladas, além da instalação de equipamentos e sistemas necessários à operação do Terminal.

A figura abaixo demonstra o layout conceitual do projeto do terminal:

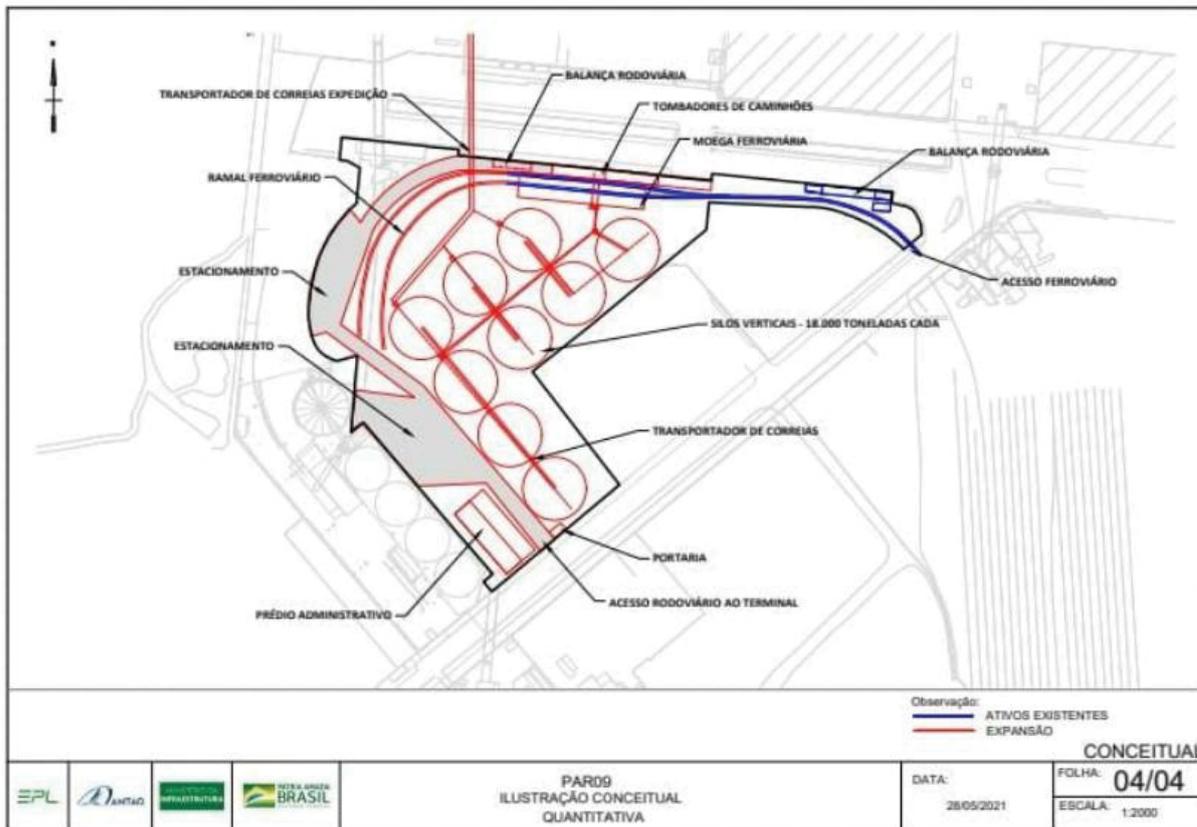


Figura 12 – Ilustração conceitual – fonte EPL 2020

3.3.4 Recepção terrestre

O acesso ao terminal PAR09 será realizado por meio rodoviário e ferroviário. Acredita-se que a recepção da carga ocorrerá majoritariamente por rodovia, justificada pela capacidade limitada da recepção ferroviária no terminal. No presente Estudo foi considerada cerca de 36% da recepção pelo sistema ferroviário e 64% pelo sistema rodoviário.

3.3.5 Recepção rodoviária

O acesso rodoviário ao sistema de armazenagem, para recepção da carga, ocorrerá pelo novo acesso ao terminal, contemplando novas vias internas do PAR09. Para a saída dos veículos, será mantida a infraestrutura existente do portão

de acesso, localizado na extremidade leste do terminal. É prerrogativa do futuro arrendatário estabelecer o quantitativo e a localização dos acessos, respeitado os arruamentos previstos nas áreas comum do Porto . Caberá ao futuro arrendatário à aquisição de dois tombadores de caminhões para o de recepção rodoviária, contemplando três novas balanças rodoviárias e uma existente, equipamentos transportadores de correia com capacidade mínima de 800 t/h e um elevador de canecas. Os equipamentos deverão atender quantidade e especificações compatíveis para a capacidade projetada para o Terminal estudado. Para o cálculo de capacidade do sistema de recepção rodoviária, foi estimado a operação de 24 horas por dia, em 7 dias por semana, carga média de 35 toneladas por caminhão, tempo de descarregamento de 10 minutos por caminhão e tempo pesagem e recepção final de 6 minutos por caminhão. De forma cautelar, foi estabelecido que a taxa de segurança operacional do sistema de recepção rodoviária de aproximadamente 60%. Por fim, a capacidade dinâmica do sistema rodoviário anual do Terminal foi calculada com 2,2 milhões de toneladas, considerando 2 estações de descarregamento e 4 balanças rodoviárias operando simultaneamente.

3.3.6 Recepção ferroviária

O acesso ferroviário, caberá ao futuro arrendatário realizar adequações no ramal ferroviário interno do terminal PAR09, contendo linhas férreas para o descarregamento e recepção da carga. A adequação foi necessária para viabilizar o acesso rodoviário do terminal, assim sendo realocada. O arrendatário deverá realizar investimentos para implantar um sistema de descarregamento ferroviário que possibilite a recepção contínua e eficiente de forma a propiciar o descarregamento ferroviário de uma composição paramétrica, de 40 vagões com 60 toneladas cada, em no máximo 8,2 horas.

4 CONCEITOS SOBRE O METODO DE SIMULAÇÃO

4.1 SISTEMAS

Banks et al, (2005) definem sistema como um grupo de instrumentos e materiais que são utilizados por alguma interação ou interdependência, com a finalidade de alcançar um determinado objetivo, como por exemplo a produção de veículos, as máquinas, os componentes do veículo e os trabalhadores da linha de montagem produzem os veículos.

Um sistema pode ser afetado pelo meio externo, por este motivo é necessário criar limites entre o sistema e o ambiente para modelar, com estes variando de acordo com o objetivo do estudo (Banks et al. 2005)

4.2 COMPONENTES DO SISTEMA

Segundo Banks et al. (2005), para compreender e analisar um sistema alguns termos necessitam ser esclarecidos, sendo:

- Entidade: significa o objeto de interesse no sistema;
- Atividade: representa as atividades das entidades;
- Atributos: são as propriedades das entidades;
- Eventos: um momento na qual pode ocorrer uma mudança no sistema;
- Variáveis: o estado do sistema descrito por variáveis, relativas ao objeto do estudo.

4.3 TIPOS DE ESTUDOS DE SISTEMA

Conforme Law e Kelton (1991), é necessário que seja estudados os sistemas com o objetivo de se verificarem algumas hipóteses acerca das relações entre os diversos componentes em um sistema ou prever a performance deste em novas condições, Law e Kelton (1991) distinguiram algumas formas de estudar um sistema, que é apresentada na figura a seguir.

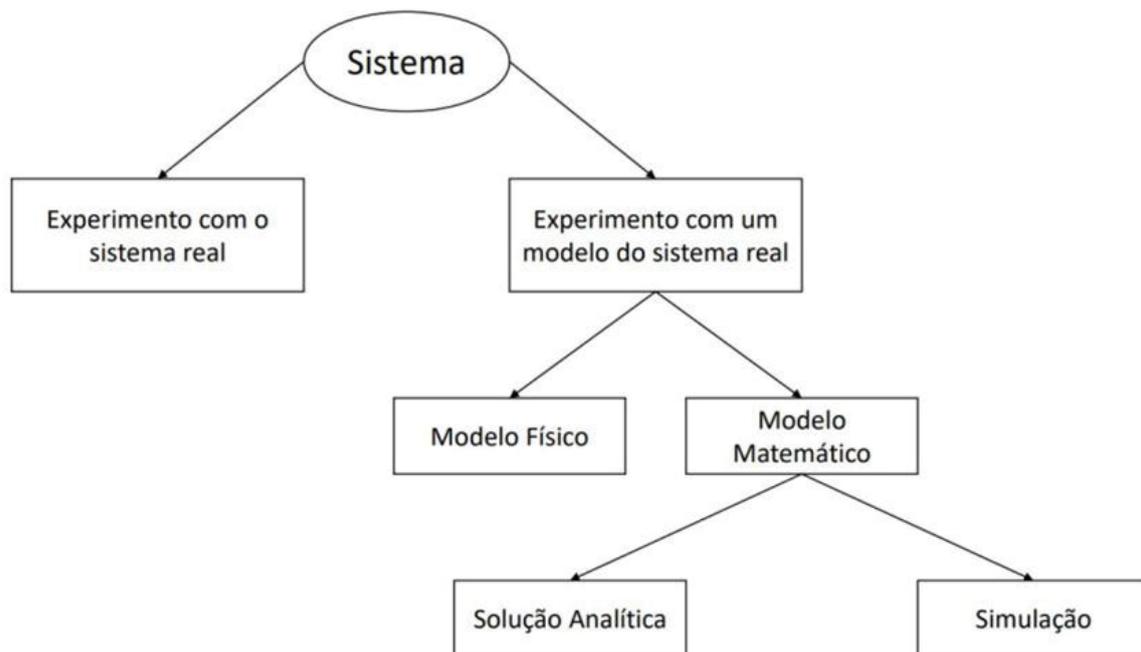


Figura 13 – Tipos de estudos– fonte Law e Kelton (1991)

- Sistema real ou com um modelo do sistema, só é possível se o custo for viável, extremamente raro, é dispendioso e difícil de se manter estável, em razão destes geralmente é construído um modelo que o represente, sendo o objetivo estudar as alternativas de mudança para escolha da melhor opção;
- Modelo físico ou matemático: modelos físicos ou matemáticos são réplicas com dimensões reduzidas, os modelos matemáticos utilizam símbolos no lugar de dispositivos físicos, e neles o sistema é representado por relacionamentos lógicos e quantitativos, sendo estes alterados de modo a representar e observar como o sistema responde.
- Solução analítica ou simulação: construído o modelo matemático, o passo seguinte é examiná-lo para verificar como pode ser utilizado para responder as hipóteses de interesse sobre o sistema, se o modelo for simples o suficiente para trabalhar com as relações e quantidades de forma exata, aplica-se a solução analítica, da mesma forma, se a solução analítica for viável e eficiente computacionalmente, ela torna-se a abordagem mais adequada, entretanto vários sistemas são complexos, dificultando a abordagem analítica, nesse caso opta-se pelo modelo de simulação, com a finalidade de entender como as entradas e as variáveis afetam as saídas e medidas de desempenho.

4.4 MODELO DO SISTEMA

O t3pico anterior abordou o funcionamento de um sistema, pela an3lise do sistema 3 poss3vel entender as rela33es entre seus componentes ou testar e validar hip3teses sobre ele, Para tanto, 3 criado um modelo que funciona como uma representa33o do sistema e utilizado como objeto do estudo, geralmente a maioria dos estudos somente 3 necess3rio considerar os aspectos do sistema que afetam diretamente o problema que esta sendo analisado, esses aspectos s3o representados no modelo, que 3 uma simplifica33o do sistema, mas esse modelo deve ser suficientemente detalhado para permitir a valida33o das conclus3es que s3o investigadas, por esse motivo, um sistema pode dispor de mais de uma modelo para testar cen3rios diferentes (Banks et Al., 2005).

4.5 MODELO DE SIMULA33O

Este trabalho utilizou se do modelo de simula33o discreta, sendo este o sistema na qual as vari3veis mudam somente em pontos determinados no tempo, estes modelos s3o analisados por meio de m3todos num3ricos, estes m3todos consistem em procedimentos computacionais para resolver o modelo matem3tico, neste caso a simula33o 3 rodada em vez de resolvidos, ou seja a bstra33o do sistema real 3 desenvolvida com base em hip3teses observa33es de dados coletados/ analisados e estimativas das medidas de desempenho (Banks et al., 2005).

4.6 M3TODO DE CONDU33O PARA O PROJETO DE SIMULA33O

Law e Kelton (1991) desenvolveram uma estrutura para administrar as etapas de um trabalho de simula33o computacional.

- a) Formula33o do problema e planejamento do estudo - tudo deve iniciar estabelecendo um objetivo claro e os pontos espec3ficos a serem considerados, definindo tamb3m as alternativas a serem testadas e os pressupostos a serem adotados.

- b) Coleta de dados e formulação do modelo – as informações e os dados coletados devem esclarecer os procedimentos do sistema e definir as distribuições de probabilidade para as variáveis do modelo.
- c) Validade – consiste em verificar se o modelo é válido tanto no modelo conceitual quanto nas coletas de dados.
- d) Construção e verificação de um modelo computacional – consiste em escolher um software de simulação e transformar o modelo conceitual em um programa computacional.
- e) Replicação – os ciclos de replicação são feitos para validar o programa na próxima fase.
- f) Validação – é adotada para verificar se as etapas das rodadas piloto têm como saída informações que refletem o sistema.
- g) Planejamento – como a simulação possui natureza estocástica, ela estima o comportamento do sistema para determinados parâmetros, sendo necessário planejar o experimento definitivo.
- h) Realização de rodadas produtivas – considera se os parâmetros definidos na etapa anterior, e seguem se rodadas para levantamento dos resultados referente aos cenários escolhidos.
- i) Análise dos dados de saída – técnicas estatísticas devem ser utilizadas para analisar os dados de saída, em casos de várias alternativas, opta se pela melhor opção.
- j) Documentação, implementação – Como os projetos de simulação são usados de maneira recorrente, é necessário documentar o projeto de modo a utilizá-lo novamente.

4.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SIMULAÇÃO

A simulação se comparada com outros métodos analíticos ou experimentais apresenta vantagens, Pegden et al. (1995) aponta as seguintes vantagens:

- Depois de elaborado o modelo, pode se utilizá-lo várias vezes.
- Hipótese sobre fenômenos podem ser testados para obter a confirmação.
- Permite análise de longos períodos em curto espaço de tempo.

- O desenvolvimento do modelo auxilia a distinguir parâmetros controláveis de não controláveis e estudar a influência destes sobre o sistema.

Law e Kelton (1991) apresentam as desvantagens para a simulação:

- Os modelos de simulação devem ser rodados várias vezes para prever a performance do sistema devido a natureza estocástica.
- A simulação é dependente da validade do modelo desenvolvido.
- A simulação não otimiza o sistema, ela testa as alternativas sugeridas pelo usuário.

5 MODELAGEM DO SISTEMA

Esta seção tem por objetivo apresentar o estudo de caso da pesquisa que será modelado, consiste no recebimento de grãos no terminal via modal rodoviário desde a chegada até a alimentação dos silos e expedição aos navios.



Figura 14 - Fluxo macro do processo

5.1 FLUXO DESCARGA

O sistema de descarga será composto de descarga rodoviária e ferroviária, dividido em fases respectivamente, Fase 2 com previsão para 2026-2028 descarga com um tombador, fase 3 descarga em dois tombadores e a inclusão da descarga ferroviária, previsto para 2028-2047.

5.2 SOFTWARE DE SIMULAÇÃO

O presente estudo considerará apenas o fluxo de descarga, referente à movimentação de grãos vegetais no sentido de exportação.

Para simplificar o modelo construído no software Simul8, serão desconsiderados fatores externos e internos que provocam paradas parciais ou totais nos portos, como intempéries, defeitos e manutenção de equipamentos.

A opção pelo Simul8 é justificada por ser amplamente difundido e devido à existência de estudos que apresentam o ambiente de trabalho do software, incluindo suas principais características e o método de construção de modelos de simulação, como pode ser visto em Chwif e Medina (2006).

5.3 PESQUISA DE CAMPO

Este tópico tem por objetivo caracterizar os eventos que possuem relevância ao modelo de simulação.

Os dados abaixo são premissas do projeto contidas no memorial “EPL” os quais o ente licitante deverá desenvolver o projeto executivo de modo a atingir e/ou superar as metas estabelecidas inicialmente.

	Unidade	Ano base	Fase 1	Fase 2	Fase 3
		2020	2023-2025	2026-2027	2028-2047
Sistema de Armazenagem					
Granéis vegetais					
Capacidade estática	t	30000	0	162000	162000
Giro do estoque / ano	#/ano	15	0	19,5	19,5
Capacidade anual	Kt	450	0	3200	3200
Capacidade anual de Armazenagem	Kt	450	0	3200	3200

Figura 15 – Tabela capacidade armazenagem – Fonte APPA 2020

	Unidade	Ano base	Fase 1	Fase 2	Fase 3
		2020	2023-2025	2026-2027	2028-2047
Sistema de recepção Terrestre					
Rodoviário					
Número de tombadores	unid	1	0	1	2
Tempo de descarregamento	min	30	0	10	10
Número de balanças	unid	1	0	2	4
Tempo de recepção por caminhão	min	6	0	6	6
Caminhões por hora	unid	2	0	6	6
Horas operação por dia	h	16	0	24	24
Carga por caminhão	t	35	0	35	35
Dias de trabalho por semanas	dias	7	0	7	7
Quantidade semanas	sem	52	0	52	52
Taxa de ocupação de segurança	%	60%	0%	60%	60%
Capacidade rodoviária	t	244.608	0	1.100.736	2.201.472

Figura 16 - Tabela capacidade rodoviária – Fonte APPA 2020

	Unidade	Ano base	Fase 1	Fase 2	Fase 3
		2020	2023-2025	2026-2027	2028-2047
Sistema de recepção Embarque					
Granéis vegetais					
Número de berços	unid	1	1	1	2
Ocupação do berço	%	51%	50%	50%	60%
Percentual de tempo de berço alocado	%	90%	0%	32%	18%
Prancha média Geral	t/h	325	0	1788	1788
Capacidade anual					
Capacidade total anual do berço	Kt	1.300		2.500	3.300

Figura 17 - Tabela capacidade de expedição – Fonte APPA 2020

Os dados apresentados a seguir referem-se à pesquisa realizada em terminal portuário de porte similar de modo a validar os dados para o processo de modelagem, considerando a coleta de dados a partir da observação das tarefas através de método quantitativo, considerando respectivamente os tempos mínimo, tempo típico e tempo máximo para execução das atividades relacionadas às operações de descarga:

	Tempo mínimo (s)	Tempo típico (s)	Tempo máximo (s)
Sistema de recepção Rodoviária			
Pesagem			
Cadastro	30	55	120
Inspeção	100	150	300
Pesagem Bruto			
Somatória tempos	130	205	420

Figura 18 – Coleta de dados operacionais

	Tempo mínimo (s)	Tempo típico (s)	Tempo máximo (s)
Sistema de recepção Rodoviária			
Descarga			
Posicionamento	30	45	90
Travamento	100	120	240
Descarga	160	180	240
Destravamento	90	105	200
Limpeza	120	150	240
Somatória tempos	500	600	1010

Figura 19 – Coleta de dados operacionais

5.4 MODELO DE SIMULAÇÃO

A figura a seguir representa a modelagem do processo de recepção, descarga, armazenagem e embarque com os dados obtidos na pesquisa operacional (figura20).

Considerando o longo tempo de simulação utilizado, 1 ano, em comparação ao tempo de ciclo de chegada e saída dos caminhões não se fez necessário o cálculo de intervalos de confiança para as variáveis analisadas.

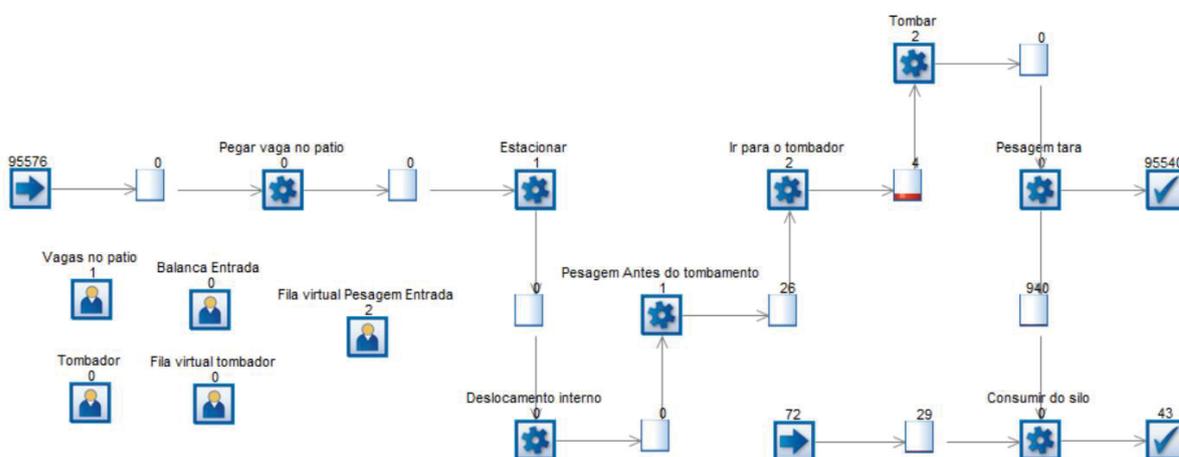


Figura 20 – Representação do modelo

6 RESULTADOS OBTIDOS

6.1 DESCARGA FASE 2

Os dados abaixo referem se a fase 2, operação de descarga com uma plataforma tombadora, demonstrando uma utilização do sistema requerendo 100% da capacidade do equipamento de descarga, para prover a movimentação 1.100kton por ano, número este acima da capacidade de segurança requerida para fins de cálculo de 60% conforme proposto no memorial da EPL.

Para este modelo o “gargalo” é evidenciado é na fila prévia para o tombador, requerendo espaço físico total de 32 vagas para caminhões.

Fase 2		
Ano base		
2026-2027	Unidade	Total
Número de tombadores	unid	1
Utilização	%	100
Tempo médio Ciclo	min	72,04
máximo tempo	min	89,71
Fila Tombador	unid	8
Utilização	%	18
Tempo médio Ciclo	min	1.315
máximo tempo	min	3.308
Silo uso médio	ton	32.640
Silos uso máximo	ton	66.000
Embarque	ton	1.386.000
Capacidade Embarque	ton	1.386.000

Figura 21 – Resultados Fase 2

Fase	Descarga simulada	Descarga 60%	Descarga requerida	Fila mínima	Fila média	Fila máxima
2	1.380.000	828.000	1.100.000	0	5,95	32

Figura 22 – Resultados Fase 2

6.2 DESCARGA FASE 3

Considerando a utilização de uma segunda plataforma de descarga o sistema utiliza se 100% da capacidade dos tombadores, porém não conseguindo atender a movimentação de 2.200 ktons devido a possíveis restrições com relação a capacidade de entrada de veículos na instalação portuária e consequentes formação de filas internas acima das esperadas.

Para este modelo o “gargalo” é evidenciado na fila prévia para o tombador, requerendo de espaço físico total de 42 vagas para caminhões.

Fase 3		
Ano base		
2028-2047	Unidade	Total
Número de tombadores	unid	2
Utilização	%	100
Tempo médio Ciclo	min	28,68
máximo tempo	min	40,18
Fila Tombador	unid	6
Utilização	%	36
Tempo médio Ciclo	min	695
máximo tempo	min	3.124
Silo uso médio	ton	32.820
Silos uso máximo	ton	66.000
Embarque	ton	2.838.000
Capacidade Embarque	ton	2.838.000

Figura 23 – Resultados Fase 3

Fase	Descarga simulada	Descarga 60%	Descarga requerida	Fila mínima	Fila média	Fila máxima
3	2.838.000	1.702.800	2.200.000	0	27	42

Figura 24 – Resultados Fase 3

6.3 RESULTADOS

Com base nas simulações realizadas considerando período de 1 ano, e as medições obtidas em terminal portuário de porte similar ao proposto, fica evidenciado que o resultado obtido nas fases 2 e 3 não atendem as premissas do memorial descritivo da EPL o qual demanda uma descarga de segurança de 60% da capacidade nominal, bem como uma excessiva demanda por vagas internas no

interior do terminal de modo a absorver as possíveis variações do sistema em descarga.

De modo a suprir a capacidade de embarque do terminal seguem hipóteses para equilibrar o sistema de descarga e embarque:

- Redistribuir as fases do projeto, considerar a construção de 50% da capacidade estática dedicada a armazenagem e um tombador, posteriormente a construção da capacidade plena de armazenagem e sistema de descarga;
- Considerar a utilização de terminais próximos para compor os lotes de embarque, maximizando o potencial de embarque, sem sobrecarregar o sistema de descarga e fluxo viário já conturbado na região.

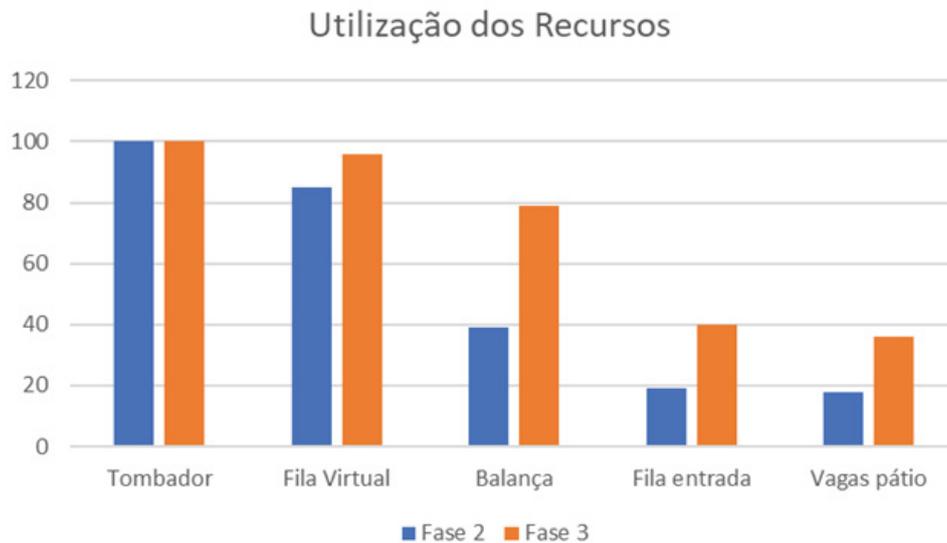


Figura 25 – Utilização dos recursos

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A simulação não é utilizada para encontrar a resposta para algum problema do sistema, mas sim para verificar as características comportamentais deste, entender os efeitos de mudanças e as relações entre os componentes. A simulação tem diversas vantagens, e a principal delas é permitir às empresas experimentar mudanças nas regras de decisão sem interrupção das operações do sistema real. Outra vantagem é a capacidade do modelo de simulação computacional para reduzir o tempo do experimento, permitindo aos tomadores de decisão prever as consequências a longo prazo das possíveis ações efetuadas. Além disso, a simulação traz uma visão sistêmica do efeito que alterações pontuais terão sobre o desempenho global do sistema, aumentando a eficiência deste na utilização de recursos. Diante do crescimento das empresas e da expansão de suas estruturas, conclui-se que a simulação computacional ajuda o planejador a tomar uma decisão, constituindo uma ferramenta muito útil para lidar com os novos desafios do mundo.

7.1 SUGESTÃO TRABALHOS FUTUROS

Para devida caracterização do projeto recomenda-se a análise e simulação do projeto com relação aos itens abaixo como proposta de análise de futuros projetos bem como a interação entre eles:

- Simulação das descargas rodoviárias e ferroviárias
- Simulação com line up concorrente dos demais terminais portuários
- Análise de viabilidade em modelo de parcerias com demais terminais
- Análise do fluxo viário externos

7.2 POSSÍVEIS ENTRAVES EXTERNALIDADES

Compatibilidade do fluxo viário externo: com o aumento da oferta de descarga para suprir a demanda de 02 tombadores o acesso a unidade poderá provocar

congestionamentos em frente a unidade, demandando desta forma pátio interno como “buffer” regulador para acesso;

Capacidade do pátio regulador da autoridade portuária: para atendimento a demanda seria necessário quantidade mínima de 300 cotas no pátio regulador de modo a prover a descarga diária e absorver possíveis variações no processo;

Line up: fase considerando a utilização do píer atual o sistema ficaria exposto as variações do line up concorrido entre demais players, incorrendo em risco de esgotamento da capacidade estática do sistema.

7.3 LIMITAÇÕES

- Restrição a informações reais, os dados utilizados foram compilados tendo por base terminal portuário de porte similar
- Falta de análise de fluxo viário e suas externalidades.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTAQ.(2019), Anuário 2017. Brasília, 2019. Obtido de <http://portal.antaq.gov.br>

APPA.(2022), Edital 2019. Paraná 2022. Obtido de <http://https://www.portosdoparana.pr.gov.br/>

Banks, J. Carson II., Nelson, B.L., e Nicol, D.M. (2005) Discrete – Event System Simulation. (4.ed) . Prentice Hall, New Jersey

Chwif, L., e Medina, A. (2014) Modelagem e simulação de eventos discretos. (4ª edição) Elsevier \brasil.

Oliveira, C. T. de. (2000) Modernização dos portos. (3 ed.) Aduaneira, São Paulo

Law, A.M., e Kelton, W.D. (1991) Simulation modeling e analysis. (McGraw-Hill, Ed) (3th ed). New York.

Loder, L. L., e Bender, F. A (2007) O uso de programas de simulação em cursos de engenharia. Obtido de <http://abenge.org.br>

Pegden, C. D., Shannon, R. E.,e Sadowski, R. P. (1995) Introduction to simulation using SIMAN. (McGraw-Hill, Ed) (2nd ed.). New York.

Paranhos, H. C. G., e Brito, A. F. (2022), O uso da modelagem computacional no estudo ds filas de um terminal portuário

Ribeiro, F. E. M (2020) Aplicação de um método de simulação em um terminal de granéis agrícolas

Tovar, A., Ferreira, G (2006) A infraestrutura portuária brasileira: o modelo atual e perspectivas para seu desenvolvimento sustentado. Revista do BNDES v13. Obtido de

http://bndespar.gov/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/galerias/arquivos/conhecimento/revista/rev2509.pdf