

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DOS PROCESSOS LOGÍSTICOS DO PORTO DE ITAJAÍ UTILIZANDO SIMULAÇÃO E INDICADORES DA TEORIA DAS FILAS

PROPOSAL FOR THE OPTIMIZATION OF LOGISTICS PROCESSES AT THE PORT OF ITAJAÍ USING SIMULATION AND QUEUE THEORY INDICATORS

Maurício Randolfo Flores da Silva* E-mail: mauriciorandolfo@posgrad.ufsc.br

Fernanda Gobbi de Boer Garbin** E-mail: fernanda_boer@hotmail.com

Ivonir Petrarca dos Santos** E-mail: lvonir.psantos@gmail.com

Enzo Morosini Frazzon* E-mail: enzofrazzon@ufsc.br

*Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil

** Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Bagé, RS, Brasil

Resumo: O cenário de avanço econômico de países emergentes e a descentralização da economia global, vivenciado nas últimas décadas, aumentou o uso do modal aquaviário, já que este é o tipo de transporte mais eficiente para grandes cargas a longas distâncias, como acontece nas exportações e importações. Entretanto, esse aumento da demanda tem evidenciado aos terminais portuários a necessidade de um gerenciamento logístico eficiente para evitar o acúmulo de filas e um longo tempo de espera nos processos de carga e descarga de navios. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é elaborar uma proposta de atendimento de clientes e movimentação de cargas que minimize o tempo de espera dos navios no Porto de Itajaí. A partir de uma entrevista semiestruturada e do acompanhamento das operações no porto, foi construído um modelo conceitual, e, posteriormente, traduzido em um modelo computacional, que foi validado em relação ao modelo real de funcionamento do terminal. Também foi feita uma análise dos processos e levantamento de oportunidades de melhoria para as operações, que permitiu a construção de três modelos alternativos de atendimento, que foram simulados no *software* Arena® e os resultados foram comparados para identificar a melhor solução para a operação do Porto de Itajaí.

Palavras-chave: Movimentação de cargas. Modelagem computacional. Logística Portuária.

Abstract: The scenario of economic growth of emerging countries and a decentralization of the global economy, in the last decades, increased the use of waterway modal in transportation, since this is the most efficient type of transportation for large long-distance loads, as in exports and imports. However, this gradual increase in demand has shown to the port terminals the need of efficient logistical management to avoid the accumulation of queues and a long waiting time in the ship loading and unloading processes. In this context, the objective of this study was to elaborate a proposal of customer service and cargo handling that minimizes the waiting time of ships in the Port of Itajaí. Based on a semi-structured interview and the monitoring of operations at the port, a conceptual model was built, and later translated into a computational model, which was validated against the actual model of the terminal's operation. Also, an analysis of the processes and the survey of opportunities for improvement for the operations were carried out, which allowed the construction of three alternative service models, which were simulated in the Arena® software and the results were compared to identify the best solution for the operation model in the Port of Itajaí.

Keywords: Cargo handling. Computational modeling. Port logistics.

1 INTRODUÇÃO

A desconcentração da economia mundial com o surgimento de novas relações comerciais entre países vem sendo evidenciada no último século com a globalização e o aumento do investimento em comércio internacional (CURADO, 2011). Segundo dados do Ministério das Relações Exteriores (2018), os países do bloco econômico formado por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (BRICS), tiveram um crescimento de 6500% no número de exportação nos últimos 16 anos, saindo de US\$ 49 bilhões em 2001 para US\$ 3,22 trilhões em 2017.

Esse cenário de avanço econômico acarretou na necessidade de desenvolvimento de modais de transporte que comportem a exportação de grandes cargas, passando a aumentar o uso do transporte aquaviário (SILVA, 2015). No Brasil, essa mudança é evidenciada por um aumento significativo da movimentação de produtos nos portos, passando de 840 milhões de toneladas (t) em 2010, para 1,09 bilhão de (t) em 2017 (AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO, 2017).

Apesar do crescimento da exportação e do desenvolvimento do transporte aquaviário brasileiro, a gestão da logística dos portos não tem acompanhado esse crescimento e tem acarretado tempos de espera cada vez maiores para as embarcações (RIBEIRO; CLARKSON; FRAGA, 2015). Um exemplo desse aumento no tempo de espera é evidenciado no terminal portuário de cargas containerizadas de Itajaí, que teve um aumento de 7h em apenas dois anos, passando de 4h em 2016 para 11h em 2018 (AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO, 2016, 2018). O cenário apresentado pode ser analisado com o auxílio de indicadores da Teoria das Filas, como a taxa média de chegadas, tempo médio de espera na fila, tempo de atendimento e tempo total que o cliente fica no sistema (CAMELO *et al.*, 2010).

No caso de investimentos altos em expansão da capacidade portuária, Bertaglia (2017) afirma que os por ser uma grande responsabilidade para os gestores, é necessário o emprego de testes que comprovem a eficiência do novo modelo a ser implementado antes de colocá-lo em prática, sendo a Simulação uma ferramenta de apoio. Pegden, Shannon e Sadowski (1990) definem a Simulação como o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e

conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação.

Portanto, analisando-se o atual contexto vivenciado pelos terminais portuários brasileiros, o objetivo deste trabalho é elaborar uma proposta de atendimento de clientes e movimentação de cargas que minimize o tempo de espera dos navios de contêineres no Porto de Itajaí. Além disso, também visa-se apresentar um modelo conceitual para as operações logísticas do terminal objetivando a otimização de tempo; e, analisar, por meio de um *software* de Simulação, o impacto gerado pelo modelo computacional proposto na melhoria do tempo de movimentação das cargas.

A estrutura deste trabalho está dividida em cinco capítulos, sendo o primeiro referente a introdução; o segundo apresenta o referencial teórico que suporta o trabalho; o terceiro capítulo esclarece a metodologia de pesquisa adotada; o quarto capítulo exhibe e discute os resultados do trabalho; e, por fim, o quinto capítulo sintetiza as considerações obtidas com a realização do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico deste trabalho está dividido em: Gestão da Logística Portuária, Indicadores da Teoria das Filas e Simulação Computacional.

2.1 Gestão da Logística Portuária

De acordo com a Confederação Nacional de Transporte - CNT (2018) o transporte marítimo é o principal modal para as comercializações internacionais e possui como características a capacidade de movimentar grandes cargas, o baixo custo de transporte para grandes distâncias e a possibilidade de transportar diversos tipos de cargas. O Ministério da Infraestrutura (2018) explicita que o transporte marítimo é utilizado para transportar produtos como grãos líquidos, produtos químicos, carvão, cereais e bens diversificados e/ou de alto valor em contêineres.

A importância deste modal gera uma necessidade de planejamento e gestão da logística dos terminais portuários para atender os serviços com a qualidade esperada. Nesse contexto, Barros (2013) define que:

Gestão operacional portuária é a união de esforços do gestor do porto, objetivando que seja o mais eficiente possível, com menor tempo de espera dos navios, com maior rapidez no embarque e desembarque de cargas, buscando a satisfação dos clientes (BARROS, 2013, p. 29).

Silva *et al.* (2020) sintetizam que o escopo da gestão da logística portuária envolve majoritariamente o fluxo de cargas dentro do porto, a partir da execução de operações preocupadas em satisfazer as exigências contratadas, com serviços eficientes e rápidos. Reconhecendo as funções cabíveis à gerência dos portos, Gonzalez e Trujillo (2008) explicam que a eficiência da logística portuária tem grande impacto na competitividade do país, tendo em vista que uma alta eficiência portuária reduz as tarifas de exportações, favorecendo a competitividade dos produtos nacionais frente ao mercado internacional.

Em contrapartida, Almeida (2011) detectou em seu trabalho que os principais problemas que afetam a eficiência dos portos brasileiros estão relacionados a aspectos gerenciais e que estes provocam prejuízos como alto tempo de espera dos navios. A consequência do crescimento da movimentação de embarcações no transporte marítimo e das deficiências presenciadas na infraestrutura dos portos motivaram um alto investimento no setor, que segundo dados do Ministério da Infraestrutura (2018), até o final de 2017 ultrapassaram R\$ 15,8 bilhões de investimento nos portos brasileiros.

Entre as mercadorias que mais tem crescido e gerado transações comerciais nos portos brasileiros, destacam-se as cargas containerizadas, que conforme informações divulgadas pela ANTAQ (2017) obtiveram um incremento de 6,1% na movimentação de toneladas de contêineres de 2016 para 2017. Esse progresso pode ser explicado porque a utilização do contêiner permite uma maior racionalização econômica com a simplificação do processo de manuseio e transporte de cargas de diferentes tamanhos, pesos e volumes (CUOCO, 2008). O tópico a seguir apresenta os principais indicadores da Teoria das Filas que podem ser utilizados para otimizar serviços logísticos.

2.2 Indicadores da Teoria das Filas

O estudo da Teoria das Filas tem como objetivo principal minimizar o tempo de espera em filas (FOGLIATTI; MATTOS, 2007; DOILE, 2010). Bronson (1985) e

Andrade (2015) destacam cinco componentes básicos de um sistema de filas, como sendo:

- modelo de chegada dos usuários: É usualmente especificado pelo tempo entre chegadas sucessivas de usuários ao estabelecimento de prestação de serviços;
- modelo de serviço: No estudo de um sistema de filas é importante também realizar amostragens do número de clientes atendidos por unidade de tempo ou, equivalentemente, medir o tempo gasto em cada atendimento;
- número de canais disponíveis: O número de canais disponíveis refere-se ao número de atendentes que efetuam simultaneamente o atendimento aos usuários;
- capacidade para atendimento dos usuários: A capacidade do sistema é o número máximo permitido no estabelecimento ao mesmo tempo, tanto aqueles que estão sendo atendidos como os que estão na fila à espera;
- disciplina da fila: A disciplina da fila é um conjunto de regras que determinam a ordem em que os clientes serão atendidos. Essa ordem pode ocorrer conforme os seguintes critérios:
 - a) FIFO (*first in first out*): o primeiro a entrar na fila é o primeiro a ser atendido;
 - b) LIFO (*last in first out*): o último a entrar na fila é o primeiro a ser atendido;
 - c) SIRO (*served in random order*): a ordem no atendimento é escolhida de maneira aleatória;
 - d) PRI (*priority*): estipula-se uma prioridade de atendimento.

Na prática, a avaliação de desempenho tem como objetivo conhecer a situação ou estado do sistema atual, mediante análise de situações passadas e atuais para obter um melhor entendimento do comportamento do sistema, além de possibilitar a previsão e o planejamento de situações futuras (ANDRADE, 2015; DOILE, 2010). O Quadro 1 apresenta os indicadores utilizados pela Teoria das Fila para estudo de um sistema.

Quadro 1 – Principais medidas de desempenho do modelo M/M/c

Variável	Descrição
λ	Taxa de chegada
μ	Taxa de atendimento
C	Número de atendentes/servidores
ρ	Taxa de utilização do sistema
Lq	Número médio de clientes na fila
L	Número médio de clientes no sistema
Wq	Tempo médio que o cliente fica na fila
W	Tempo médio que o cliente fica no sistema

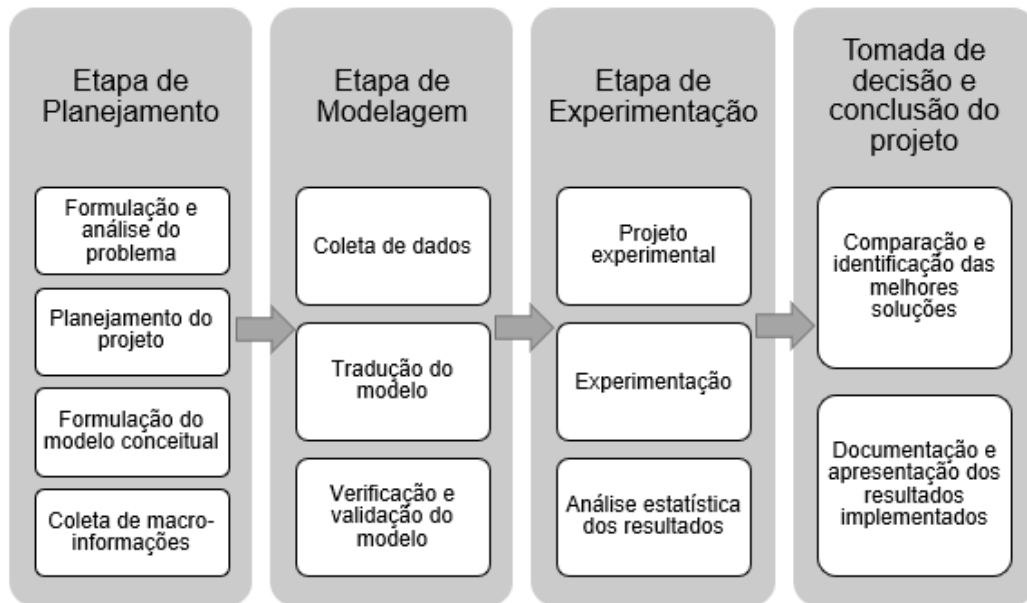
Fonte: Adaptado de Hillier e Liebermann (2013).

2.3 Simulação Computacional

Simulação é a técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital (PRADO, 2009). Schriben (1974) *apud* Freitas Filho (2008) conceitua que a Simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo.

A partir desse conceito, Shannon (1992) destaca que a Simulação tem como objetivo usar modelos para descrever comportamento de sistemas; construir teorias ou hipóteses a partir de comportamentos observados; e, inferir efeitos produzidos por mudanças na estrutura ou no método de operação do sistema. Freitas Filho (2008) propõe a execução de uma sequência de passos para solucionar um problema usando o processo de modelagem e Simulação. A Figura 1 apresenta a sequência proposta pelo autor.

Figura 1 - Etapas de um estudo envolvendo modelagem e Simulação



Fonte: Adaptado de Freitas Filho (2008).

A primeira etapa sugerida pelo autor tem início com a formulação e análise do problema, que consiste em definir os objetivos do estudo a ser realizado. Na sequência, o planejamento do projeto envolve uma pesquisa para assegurar que os recursos necessários para a realização do trabalho estão disponíveis, assim como a elaboração dos cenários que serão investigados e um cronograma temporal das atividades que serão desenvolvidas. O terceiro passo proposto é a formulação do modelo conceitual, a partir da montagem de um esboço do sistema, definindo componentes, descrevendo as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema. Por fim, a coleta de macroinformações serve para conduzir os futuros esforços de coleta de dados voltados à alimentação de parâmetros do sistema modelado.

A etapa de modelagem é iniciada com a coleta de dados relativos ao estudo. A partir da coleta de dados, é possível realizar a tradução do modelo, codificando-o em uma linguagem de Simulação apropriada para a realidade do sistema. Logo após a execução do passo anterior, deve ser feita uma verificação e validação com o intuito de confirmar que o modelo opera de acordo com a intenção do analista e que os resultados por ele fornecidos possuem crédito e são representativos do modelo real.

O projeto experimental é o primeiro passo da terceira etapa e consiste em projetar um conjunto de experimentos que produza a informação desejada, determinando como cada um dos testes deve ser realizado. Na sequência, a experimentação serve para executar as simulações para a geração dos dados desejados. A conclusão dessa etapa acontece com a análise estatística dos resultados, que ocorre traçando inferências sobre os resultados alcançados pela Simulação e efetuando estimativas para as medidas de desempenho nos cenários planejados.

A quarta e última etapa é composta pela comparação de sistemas e identificação das melhores soluções, e documentação e apresentação dos resultados implementados. De acordo com o princípio da Simulação, que é identificar as diferenças existentes entre diversas alternativas de sistemas, a comparação busca reconhecer, entre as propostas alternativas, a que mais se encaixa no sistema estudado. A partir da escolha da melhor solução, a documentação do modelo faz-se necessária para servir como um guia para uso do modelo e dos resultados produzidos. Por fim, a apresentação dos resultados e implementação deve ser realizada pela equipe participante.

3 METODOLOGIA

O conteúdo desta seção tem como finalidade apresentar a metodologia empregada para execução do mesmo. Dessa forma, o capítulo está dividido em: método de pesquisa e método de trabalho.

3.1 Método de Pesquisa

Na concepção de Silva e Menezes (2005) e Gil (2010) existem múltiplos sistemas de classificação de pesquisas, e a mais usual dessas abordagens é classificar a pesquisa quanto à sua finalidade, à abordagem do problema, o objetivo da pesquisa e quanto aos métodos empregados. Quanto à finalidade, este trabalho está classificado como Pesquisa Aplicada, que, segundo Silva e Menezes (2000), tem como objetivo gerar conhecimentos com o intuito de aplica-los na prática, direcionando-os para solucionar um problema específico.

A abordagem e tratamento dos dados deste trabalho ocorre por meio de Pesquisa Qualitativa e Pesquisa Quantitativa. De acordo com o conceito proposto por Godoy (1995), a Pesquisa Qualitativa envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos participantes da situação em estudo. Paralelo a isso, a Pesquisa Quantitativa é definida por Godoy (1995) como um estudo onde o pesquisador conduz seu trabalho a partir de um plano estabelecido a priori, com hipóteses claramente especificadas e variáveis operacionalmente definidas, preocupando-se com a medição objetiva e quantificação dos resultados.

O objetivo da execução desta pesquisa é de caráter exploratório, que de acordo com Gil (2010), têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. O método de pesquisa adotado neste trabalho trata-se de um estudo de caso, que na concepção de Yin (2001) pode ser definido como um estudo de caráter empírico que investiga um fenômeno atual no contexto da vida real, geralmente considerando que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto onde se insere não são claramente definidas.

Além dos critérios apresentados, este trabalho faz uso de Entrevista Semiestruturada para alcançar os objetivos traçados. Em relação à Entrevista Semiestruturada, Boni e Quaresma (2005) afirmam que esta combina perguntas abertas e fechadas, onde o informante tem a possibilidade de discorrer sobre o tema proposto.

3.2 Método de Trabalho

A metodologia de trabalho prática empregada neste estudo segue o fluxograma apresentado na Figura 1, disponibilizada no tópico 2.3 deste trabalho, com algumas adaptações devido a características do local de estudo. Entre as adaptações realizadas, destaca-se a substituição da etapa de Projeto Experimental por um Levantamento de oportunidades de melhoria e a simplificação da etapa de Experimentação, que recebe o nome de Simulação neste trabalho.

A substituição da etapa de Projeto Experimental ocorre por não haver a necessidade de projetar um número maior de experimentos para o problema estudado, sendo uma análise da situação atual do local e um levantamento de oportunidades de melhoria suficiente para identificar alternativas de atendimento ao modelo estudado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O conteúdo desta seção apresenta uma análise das etapas de construção deste trabalho, abordando as atividades realizadas no procedimento de coleta, análise e tratamento de dados, construção do modelo computacional, bem como sua verificação e validação, um levantamento de oportunidades de melhoria e análise das propostas de melhoria elaboradas, e, por fim, uma comparação entre as propostas e identificação da melhor solução.

4.1 Coleta, análise e tratamento de dados

A coleta de dados e informações necessárias para o desenvolvimento deste trabalho segue duas linhas de obtenção, tendo em vista o caráter qualitativo e quantitativo da abordagem do problema estudado. Os dados qualitativos referem-se às informações relacionadas à forma de execução dos processos logísticos do terminal, e os dados quantitativos são relativos aos tempos dispendidos nos serviços prestados no terminal, a quantidade de funcionários envolvidos e equipamentos utilizados nos atendimentos. Os dados qualitativos foram obtidos por meio de contato direto com os responsáveis pelo terminal portuário, com a realização de uma visita técnica para conhecimento dos processos e procedimentos realizados no local.

Paralelamente à obtenção de dados qualitativos, os dados referentes aos tempos, divididos em data de chegada dos navios, data de atracação, data de início da operação, data de término da operação e data de desatracação foram retirados do Anuário Estatístico disponibilizado no site da ANTAQ, onde o usuário do sistema pode consultar os dados, de forma personalizada, de acordo com suas necessidades. O período analisado de dados é referente aos seis primeiros meses de 2019.

Após a coleta das informações, os dados quantitativos foram analisados no *Microsoft Excel 2016*®, calculando as médias individualmente para cada uma das divisões de tempo obtidas e agrupados de acordo com a quantidade de cargas movimentadas por navio. A análise dos valores encontrados na verificação estatística da amostra não contém resultados apresentando incoerência com os demais. Todavia, o cálculo dos quartis foi realizado com o intuito de verificar informações mais aprofundadas da amostra e investigar a existência de *outliers*. A Tabela 1 exibe os resultados obtidos no cálculo dos quartis da amostra analisada.

Tabela 1 - Cálculo dos quartis da amostra analisada

	Intervalo entre chegadas	Tempo de atracação	Tempo para início de operação	Tempo de operação	Tempo de desatracação
Mínimo	0,00	0,20	0,00	2,00	0,00
Quartil 1 (Q1)	5,02	2,40	0,75	6,48	1,26
Quartil 2 (Q2)	13,85	5,70	1,22	8,68	2,68
Quartil 3 (Q3)	24,48	14,35	2,77	11,05	6,72
Máximo	73,00	83,70	11,60	28,50	13,90
Amplitude interquartil (A)	19,46	11,95	2,05	4,57	5,46
Q1-3*A	-53,36	-33,45	-5,32	-7,23	-15,12
Q1+3*A	63,40	38,25	6,82	20,19	17,63

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O uso da ferramenta de análise de correlação do *Microsoft Excel 2016*® para os dados possibilitou a identificação dos valores do coeficiente de correlação de Pearson para as amostras, indicando os valores de aproximadamente -0,14 para os dados referentes ao intervalo entre chegadas dos navios no terminal, 0,04 para o tempo de atracação, -0,01 para o tempo para início de operação, 0,18 para o tempo de operação e 0,03 para o tempo de desatracação, comprovando, portanto, a independência dos dados da amostra.

Ao finalizar a análise dos dados, os elementos da amostra, incluindo os valores do intervalo entre chegadas, tempo de atracação, tempo para início de operação, tempo de operação e tempo de desatracação, foram transferidos do

Microsoft Excel 2016® para o arquivo Bloco de Notas, visando tornar os dados compatíveis com a ferramenta *Input Analyzer* do *software Arena*®. Essa ferramenta identifica a distribuição de probabilidade mais adequada para os valores analisados, e as equações e os erros quadráticos obtidos com ela são revelados na Tabela 2.

Tabela 2 - Informações das distribuições obtidas com a ferramenta *Input Analyzer*

Índice	Distribuição	Expressão	Erro Quadrático
Intervalo entre chegadas	Exponencial	-0.001 + EXPO(16.8)	0,005894
Tempo de atracação	Exponencial	EXPO(10.2)	0,013247
Tempo para início de operação	Exponencial	-0.001 + EXPO(2.14)	0,038329
Tempo de operação	Normal	NORM(9.23, 3.93)	0,011136
Tempo de desatracação	Exponencial	-0.001 + EXPO(4.16)	0,005795

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

4.2 Construção do modelo computacional

Para fazer a montagem do modelo atual de operações no Porto de Itajaí no *software Arena*®, a estrutura existente para o atendimento aos navios foi dividida, de acordo com as informações quantitativas obtidas na coleta de dados, em: chegada do navio, atracação do navio, operação e desatracação do navio. A construção foi realizada utilizando as expressões identificadas na ferramenta *Input Analyzer*, disponível no próprio *Arena*®, e os elementos de construção de modelos disponibilizados na barra de projeto da tela inicial do *software*.

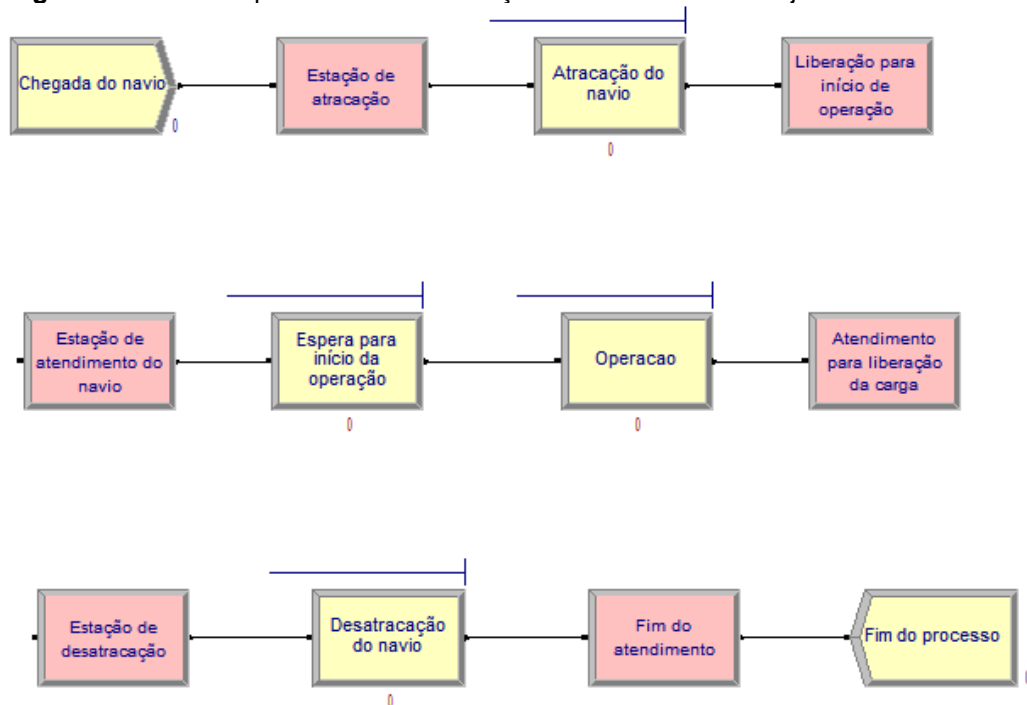
Internamente, para o sistema ter um correto funcionamento, foram definidas estações de trabalho, recursos e algumas restrições limitantes do processo. Assim, o primeiro passo foi a criação da estação de atracação do navio, contendo três recursos, denominados ilustrativamente como manobristas, sendo que estes possuem a responsabilidade de realizar a rebocação do navio desde sua chegada à área próxima do terminal até a atracação no berço definido. A ação desta estação foi estipulada como sendo de apreensão, espera e liberação, e como restrição devido à existência de três berços em operação no terminal no período analisado foi determinado um número de três manobristas como recursos da estação.

Na sequência, após executar as ações definidas na estação de atracação, o navio estará alocado no berço, e conforme foi verificado na coleta de dados, existe um tempo de espera que normalmente ocorre até o início da operação dos navios. Portanto, foi criado um processo que representa o comportamento do tempo de espera dos navios, seguindo a expressão encontrada para o tempo de início de operação, apresentada na Tabela 2.

Posteriormente, o sistema inicia o processo de atendimento aos navios na estação de trabalho nomeada operação, que assim como a estação de atracação, utiliza a ação lógica de apreensão, espera e liberação. A função relacionada a esta estação é referente aos processos de descarga e carga dos navios, fazendo uso de guindastes e de equipes com diversos operadores. Também foi relacionada à restrição de número de berços, ou seja, três equipes, definindo assim, que essa é a capacidade de atendimento da estação.

Finalmente, a última etapa do modelo computacional é representada pela estação de desatracação dos navios, que compartilha os três recursos com a estação de atracação, denominados manobristas. A *Figura 2* ilustra o modelo construído no *software* Arena®.

Figura 2 - Modelo representativo da situação atual do Porto de Itajaí



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Antes de colocar o modelo em funcionamento, devem ser definidos os parâmetros que se deseja analisar e configurações básicas de operação do sistema. Assim, na aba de parâmetros de replicação do modelo construído, foi definido que o sistema realizará dez replicações, a fim de coletar dados mais precisos; também será realizado um período de aquecimento de sete dias, tendo como objetivo considerar a existência da curva de aprendizagem do sistema; e por fim, foi estabelecido que a operação é infinita e ocorre 24 horas por dia, já que o terminal opera dessa forma. Ao final da execução das dez replicações definidas, o software apresenta o relatório com as informações selecionadas para a análise, individualmente para cada uma das replicações realizadas e um resumo, apresentando o comportamento padrão verificado nas dez replicações.

4.3 Verificação e validação do modelo

A realização desta etapa é necessária para garantir que o modelo construído represente o comportamento real do sistema. Embora integrem a mesma etapa, elas devem ser realizadas em momentos diferentes, sendo a verificação utilizada para identificar se os modelos conceituais fornecem uma visão clara e precisa da realidade encontrada no local; e a validação é utilizada para identificar se o modelo computacional e os dados obtidos no relatório estão de acordo com a rotina do terminal.

Tendo em vista que foi realizada uma entrevista semiestruturada e após, um acompanhamento da rotina de operações da *APM Terminals* para coleta de dados, a etapa de verificação aconteceu por meio da observação no local de estudo, onde foi possível visualizar os processos e atividades descritos na entrevista ocorrendo no local durante o trabalho dos funcionários e, dessa forma, foi possível verificar que o modelo conceitual construído com base nas informações fornecidas durante a entrevista realmente representa a realidade do local.

Após a tradução do modelo conceitual em um modelo computacional construído no *software Arena®*, a etapa de validação foi executada. Para realizar esse procedimento, os dados obtidos na coleta no site da ANTAQ foram comparados com os valores encontrados no relatório da Simulação do *software*. A Tabela 3 apresenta a comparação entre os valores.

Tabela 3 - Comparativo entre dados coletados e dados simulados

Indicador	Dados coletados	Dados simulados	Diferença entre os dados coletados e os simulados
Tempo de atracação	10,20h	10,53h	0,33h
Tempo para início de operação	2,30h	2,46h	0,16h
Tempo de operação	8,4h	9,19h	0,79h
Tempo de desatracação	4,4h	4,30h	0,10h

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A comparação entre os valores permite perceber um resultado próximo entre a simulação e os dados coletados, com uma diferença que pode ser considerada normal devido ao ajuste da ferramenta *Input Analyzer* para as expressões, gerando assim um pequeno desvio em relação aos dados coletados. Entre as possíveis justificativas para as diferenças encontradas para o modelo real e o modelo simulado, destaca-se a variabilidade dos intervalos analisados, ou seja, quanto maior for a variabilidade dos dados representativos do modelo real, mais difícil será encontrar uma expressão enquadrando todos os pontos existentes.

4.4 Análise dos processos e levantamento de oportunidades de melhoria

A visita para conhecimento dos processos internos do terminal, a entrevista com um responsável da empresa gerenciadora do terminal e a análise dos resultados obtidos no relatório do *software* Arena®, em conjunto, proporcionaram uma visão sistêmica do funcionamento do local e possibilitaram a identificação de oportunidades de melhorias nos procedimentos. Os aspectos observados foram separados em dois grupos: melhorias com impacto direto no tempo de operação dos navios e melhorias dos procedimentos logísticos com impacto no tempo para início de operação dos navios.

O primeiro grupo representa as alterações que afetam a forma como as atividades realizadas durante os processos de carga e descarga dos navios ocorrem, afetando o tempo de operação; já o segundo grupo envolve atividades com impacto nos procedimentos logísticos do terminal que influenciam para a existência

de tempo inoperante e ociosidade, com o seu resultado apresentado na forma de tempo para início de operação. O Quadro 2 apresenta as melhorias levantadas.

Quadro 2 - Problemas identificados e oportunidades de melhoria

Problema	Oportunidade de melhoria	Impacto nos processos de carga e descarga
Manutenção de equipamentos utilizados para movimentação de contêineres ocorre de forma corretiva e gera atrasos devido à sobrecarga de equipamentos.	Proposta de programação de parada para manutenção dos equipamentos de forma preventiva, intercalando a parada dos equipamentos.	Direto
Um número limitado de operadores tem conhecimento para operar os guindastes do modelo <i>Mobile Harbour Crane</i> (MHC), gerando problemas quando o modelo <i>Ship-To-Shore</i> (STS) não está operando.	Treinamento de operação do guindaste MHC para todos os operadores de guindaste contratados.	Direto
A utilização de um guindaste para cada berço acarreta tempos de operação maiores, pois essa é a forma direta de alocação dos contêineres dentro dos navios.	Aumento do número de guindastes utilizado em cada berço.	Direto
O atual modelo de inspeção no prédio da Polícia Federal, sem agendamento prévio à chegada das cargas, ocasiona tempos de espera, e os contêineres ocupam espaço no pátio do terminal enquanto aguardam.	Agendamento prévio de cargas que serão enviadas para inspeção da Polícia Federal.	Indireto
Atualmente as empresas não possuem um prazo máximo para deixar um contêiner do terminal após a sua chegada.	Definição de prazo máximo de sete dias para retirada de cargas no terminal.	Indireto
Após passar pelas cancelas de entrada no terminal, os motoristas são atendidos por funcionários que o encaminham para o local de descarga, gerando um desperdício de tempo e de mão-de-obra na realização de funções que poderiam ser realizadas por um sistema.	Substituição dos funcionários por um sistema automatizado, integrando o sistema de liberação de entrada dos caminhões com a identificação do código da carga e direcionamento do motorista para o local de descarga.	Indireto

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

4.5 Análise das propostas de melhoria

Com base nas oportunidades de melhoria para os processos logísticos do terminal, foram construídas hipóteses para medir quantitativamente os resultados que poderão ser alcançados com a aplicação prática das propostas apresentadas. Para a construção das hipóteses, o primeiro passo foi agrupar os fatores devido às suas características imediatas de abordagem, ou seja, se a solução proposta pode ser expressa quantitativamente ou qualitativamente.

A primeira hipótese engloba a proposta de solução quantitativa, que foi definida como a variação do número de berços utilizados aumentando a capacidade dos equipamentos. Para testar a efetividade dessa hipótese, o modelo computacional foi alterado no *software* Arena®, considerando a utilização fixa de dois guindastes do modelo STS no primeiro berço e no segundo berço do terminal dois guindastes, sendo um do modelo MHC e um do modelo STS. O desenvolvimento desta hipótese é apresentado no tópico 4.5.1.

Já em uma abordagem qualitativa, as propostas de mudança na metodologia de manutenção dos equipamentos do local, os treinamentos para operação do guindaste MHC e as alternativas que possuem um impacto indireto no tempo de operação, como o agendamento prévio da inspeção de cargas pela Polícia Federal, a definição de um prazo limite para a retirada de contêineres desembarcados no Porto e a integração do sistema de identificação na entrada, foram agrupadas formando o segundo experimento. O modelo estabelecido para análise dos resultados dessa hipótese e o teste no *software* Arena® são disponibilizados no tópico 4.5.2. Após a apresentação e simulação das duas propostas desenvolvidas, um terceiro cenário englobando a proposta quantitativa e a proposta qualitativa é apresentado no tópico 4.5.3.

4.5.1 Análise do modelo quantitativo

A primeira hipótese de alteração no atendimento do Porto de Itajaí visando reduzir o tempo de operação do terminal, consiste na análise dos tempos de operação caso fossem utilizados apenas dois dos três berços existentes no terminal e adquirindo um novo guindaste do modelo STS. Assim, um dos berços do terminal,

que seria utilizado com prioridade, ou seja, sempre que estiver disponível, os navios seriam atracados neste berço, teria dois guindastes do modelo STS para atendimento, e o segundo berço, utilizado apenas em períodos de maior demanda, passaria a ter a capacidade de atendimento dispondo de um guindaste STS e um guindaste MHC.

Para medir essa hipótese, a capacidade de atendimento do berço com prioridade maior foi definida como tendo um atendimento 40% menor do que a capacidade de atendimento do berço com a prioridade menor, tendo em vista que os guindastes do modelo STS são quatro vezes mais rápidos do que os guindastes do modelo MHC. Assim, no Microsoft Excel 2016® foi inserida uma fórmula que reduz em 40% os dados dos tempos de operação dos navios coletados e após esses dados foram levados para a ferramenta *Input Analyzer* do *software* Arena®, a fim de identificar uma expressão que represente o comportamento para o atendimento. A Tabela 4 apresenta a expressão característica do comportamento do berço com dois guindastes do modelo STS.

Tabela 4 - Expressão característica do tempo de operação do modelo quantitativo

Índice	Distribuição	Expressão	Erro Quadrático
Tempo de operação da hipótese proposta	Erlang	$1 + \text{ERLA}(1.14, 4)$	0,001451

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Após obter a expressão característica para o berço com dois guindastes STS, o modelo computacional foi modificado para atender as características da proposta sugerida. Inicialmente, a operação de atendimento aos navios foi dividida em dois processos, onde o berço 1 representa o berço com os dois guindastes de modelo STS e o berço 2 representa o berço com um guindaste STS e um guindaste MHC. Assim, a operação do berço 1 foi configurada para ocorrer conforme a expressão apresentada na Tabela 4 e a operação do berço 2 manteve as características da expressão do modelo atual, apresentada na Tabela 2.

A inserção do módulo *PickStation*, ferramenta disponibilizada pelo Arena® para determinar uma prioridade de atendimento, foi necessária para representar que sempre que o berço 1 estiver disponível, o navio deverá ser atendido nele. Dessa

forma, nas configurações do módulo, foi determinado que a prioridade será fornecida primeiro ao berço 1, de acordo com o número de recursos ocupados, ou seja, se o berço 1 estiver desocupado, o navio deverá ser atracado e atendimento por ele.

4.5.2 Análise do modelo qualitativo

A segunda alternativa construída engloba várias alterações que oferecem resultados qualitativos nos processos logísticos do terminal de Itajaí. Devido à falta de parâmetros que possibilitem uma análise explícita do impacto dessas implementações nos tempos de espera para início de operação, surge a necessidade de adoção de uma premissa que possibilite a mensuração dos resultados quantitativos gerados pelas alterações.

Portanto, foi definido como uma premissa que as propostas sugeridas aumentarão o potencial do processo, possibilitando uma redução nos tempos de espera para operação, já que as atividades logísticas do terminal estarão mais organizadas, e assim, a variabilidade do processo será reduzida. Nesse sentido, os dados de tempo de espera para início de operação do modelo atual foram analisados, e a amplitude interquartil, que é expressa com o limite superior três passos acima do valor do primeiro quartil e o limite superior três passos abaixo do índice do primeiro quartil, foi considerada como reduzida para dois passos acima e dois passos abaixo do primeiro quartil. A Tabela 5 apresenta um comparativo entre as expressões que representam os limites superior e inferior do processo com o modelo atual e o modelo sugerido, a fim de possibilitar uma visualização mais simples da premissa estabelecida.

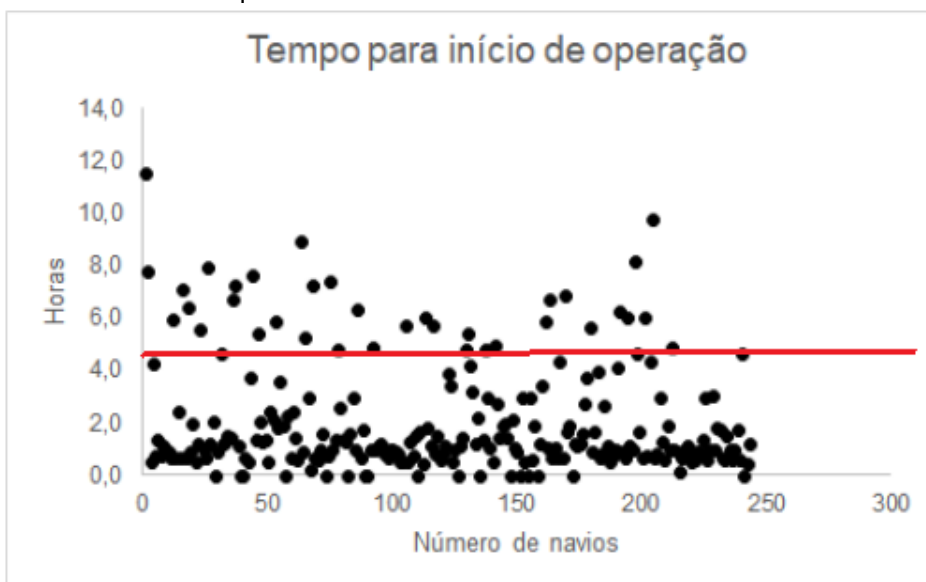
Tabela 5 - Comparação entre os limites do tempo para início de operação dos navios com o modelo atual e o modelo qualitativo

	Modelo atual	Modelo proposto
Quartil 1 (Q1)	0,75	0,75
Amplitude interquartil (A)	2,02	2,02
Limite inferior	$Q1-3*A = -5,32$	$Q1-2*A = -3,29$
Limite superior	$Q1+3*A = 6,82$	$Q1+2*A = 4,79$

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Com os dados apresentados na Tabela 5 pode-se perceber que o limite inferior não sofre alteração, já que não existe tempo negativo. Entretanto, quanto ao limite superior, há uma redução de 2h causado pela melhoria do potencial da operação, assim, os dados da amostra analisada com tempo superior a 4,79h, serão considerados *outliers* no modelo proposto, e, portanto, eliminados da amostra para uma nova análise do processo, objetivando identificar os ganhos de tempo no atendimento aos navios. A Figura 3 apresenta o gráfico com os tempos de espera para início da operação da amostra coletada, onde os pontos acima da linha do limite superior representam os *outliers*.

Figura 3 - Tempos para início da operação com a segregação dos outliers do modelo qualitativo



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Assim, a partir da identificação dos *outliers*, foram excluídos 35 dados da amostra e foi repetido o procedimento para identificação das expressões características do intervalo entre chegadas, tempo de atracação, tempo para início de operação, tempo de operação e tempo de desatracação que podem ser vistas na Tabela 6.

Tabela 6 - Informações das distribuições do modelo qualitativo

Indicador	Distribuição	Expressão	Erro Quadrático
Intervalo entre chegadas	Exponencial	-0.001 + EXPO(16.9)	0,007284
Tempo de atracação	Exponencial	EXPO (10.4)	0,011959
Tempo para início de operação	Exponencial	-0.001 + EXPO(1.39)	0,033290
Tempo de operação	Normal	NORM(9.41, 3.98)	0,009713
Tempo de desatracação	Exponencial	-0.001 + EXPO(4.29)	0,008838

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A partir das novas expressões obtidas, o modelo computacional apresentado no tópico 4.2, foi modificado com a inserção das expressões apresentadas na Tabela 6 e uma nova simulação foi realizada, buscando verificar o impacto gerado pela implementação das alterações sugeridas na hipótese qualitativa.

4.5.2 Análise da integração dos modelos quantitativo e qualitativo

Um terceiro cenário foi construído integrando as propostas, ou seja, a proposta que integra as alternativas quantitativa e qualitativa consiste na utilização de apenas dois berços do terminal, dispostos de maneira que um dos berços possua dois guindastes do modelo STS e o segundo berço possua um guindaste STS e um guindaste MHC para atendimento aos navios, conferindo prioridade ao berço com dois guindastes STS, que será utilizado sempre que estiver disponível, além de realizar a mudança na metodologia de manutenção dos equipamentos do local, os treinamentos para operação do guindaste MHC, agendamento prévio da inspeção de cargas pela Polícia Federal, a definição de um prazo limite para a retirada de contêineres desembarcados no Porto e a integração do sistema de identificação na entrada.

Dessa forma, objetivando visualizar os resultados para a proposta que une as alternativas apresentadas, utilizou-se a base de dados descrita no tópico 4.5.2, considerando os dados após a eliminação dos *outliers*. A partir desses dados, foi realizado o mesmo processo descrito no tópico 4.5.1, onde os valores representativos do tempo de operação dos navios foram separados, e o berço 1,

utilizando dois guindastes do modelo STS, foi determinado com eficiência 40% maior do que os valores do berço 2.

Após a separação dos índices quanto à eficiência da operação dos berços, os dados representativos do tempo de operação para o berço com maior eficiência operacional foram carregados para a ferramenta *Input Analyzer* e uma nova expressão característica do tempo de operação para este berço foi gerada. As expressões representativas do intervalo entre chegadas, tempo de atracação, tempo para início de operação, tempo de operação para o berço com eficiência equivalente a capacidade atual do terminal e o tempo de desatracação seguiram sendo utilizadas conforme a Tabela 6, considerando que os *outliers* já haviam sido retirados da base de dados para simulação do modelo qualitativo. A Tabela 7 apresenta a expressão para o tempo de operação do berço 1.

Tabela 7 - Informações da distribuição utilizada no modelo integrado

Índice	Distribuição	Expressão	Erro Quadrático
Tempo de operação do berço 1	Erlang	1 + ERLA(1.16, 4)	0,001407

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Baseado no modelo computacional construído para a proposta quantitativa, descrito no tópico 4.5.1, adicionando a expressão apresentada na Tabela 7, a proposta de atendimento do terminal de Itajaí que une as duas alternativas construídas foi simulada novamente no *software* Arena®, a fim de verificar os resultados para o cenário proposto.

4.6 Comparação e identificação da melhor solução

Com o intuito de comparar o resultado das propostas nos tempos de operação do terminal de cargas containerizadas de Itajaí, foi realizada uma análise do tempo total dispendido para atender 100 navios nas três propostas e com os dados representativos do modelo atual. Para realizar essa análise, os dados obtidos com a simulação do modelo atual, apresentados na Tabela 2 foram multiplicados por 100 para obter o valor de cada índice e o mesmo procedimento foi realizado para as

três propostas analisadas, considerando que a única alteração no modelo quantitativo ocorre no tempo de operação. Já para o modelo qualitativo foram considerados os dados da Tabela 6, e, por fim, no modelo integrado, os dados da Tabela 6 e o tempo de operação do berço 1 apresentado na Tabela 7 foram utilizados na multiplicação.

Ainda, para obter o tempo de operação no modelo quantitativo, multiplicou-se o tempo de operação do berço 1 de 5,78h por 79,3%, que é o percentual de atendimentos realizados no berço e somou-se ao resultado da multiplicação de 20,7% por 9,19h, que é o resultado dos atendimentos realizados no berço 2. Da mesma forma, os resultados do modelo integrado também seguem essa linha de cálculo, multiplicando-se 78,94% por 5,87h para representar o tempo de operação do berço 1 e somando ao resultado da multiplicação de 21,06% por 9,09h para representar o atendimento do berço 2.

Tabela 8 - Comparação entre os modelos de atendimento do terminal de Itajaí para 100 navios

Indicador	Modelo Atual	Modelo Quantitativo	Modelo Qualitativo	Modelo Integrado
Tempo de atracação	1053h	1053h	1034h	1034h
Tempo para início de operação	246h	246h	148h	148h
Tempo de operação	919h	655,73h	909h	654,80h
Tempo de desatracação	430h	430h	435h	4,35h
Tempo total para 100 atendimentos	2648h	2384,70h	2526h	2271,80h

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Conforme pode ser observado na Tabela 8, o modelo atual utiliza, em média, 2648h para realizar o atendimento de 100 navios, enquanto o modelo quantitativo construído reduziria essa média para 2384,70h, o modelo qualitativo dispenderia, em média, 2526h para atender o mesmo número de navios, e por fim, o modelo integrado das propostas quantitativa e qualitativa atingiria o tempo ótimo de 2271,80h para atender os 100 navios. A partir dos resultados, é possível concluir que o modelo integrado das duas propostas fornece um benefício maior na redução dos tempos do terminal.

Além disso, entre os modelos quantitativo e qualitativo, o modelo quantitativo fornece uma redução maior no tempo total, já que impacta diretamente na redução do tempo operação. Porém, o modelo qualitativo fornece uma redução no tempo inoperante do terminal, que atualmente é o principal gargalo do atendimento aos navios no terminal. Assim sendo, sugere-se que o modelo qualitativo é mais eficiente que o modelo quantitativo, considerando a realidade do local.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho permitiu uma análise da eficiência de ferramentas de Simulação Computacional aliadas a indicadores da Teoria das Filas para mensurar uma situação no contexto da logística portuária brasileira. E, a partir do estudo, foi possível visualizar uma redução no tempo de espera e no tempo de operação dos navios, seguindo os modelos propostos, demonstrando que a Simulação proporciona uma análise prévia de resultados, sem a necessidade de investimentos e mudanças precipitadas no modelo de operação. Ainda, o *software* Arena®, utilizado como ferramenta de simulação, em sua versão gratuita disponibilizado para estudantes, possibilitou uma modelagem computacional clara e simplificada, não exigindo conhecimento avançado de programação para a sua utilização e cumprindo com excelência os objetivos propostos para este trabalho.

Como oportunidade de trabalho futuro, foi identificado que não existe uma metodologia científica para a alocação dos contêineres nas praças do terminal de Itajaí, sendo a escolha realizada de forma empírica, buscando otimizar a movimentação interna no local. Portanto, a aplicação da Teoria dos Grafos, técnica de Pesquisa Operacional, que visa encontrar o caminho ótimo entre dois pontos, pode ser aplicada para solucionar o problema e minimizar as distâncias percorridas pelos contêineres no terminal.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO. **Anuário Estatístico Aquaviário**. Brasília, ANTAQ, 2016. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Anuario2016/>. Acesso em: 7 fev. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO. **Anuário Estatístico Aquaviário**. Brasília, ANTAQ, 2017. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Anuario2017/>. Acesso em: 7 fev. 2019.

ALMEIDA, Bruno. **Principais características e problemas dos portos do Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Construção Naval) – Universidade Estadual Da Zona Oeste, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.uezo.rj.gov.br/tccs/capi/BrunoAlmeida.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2019.

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à pesquisa operacional**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

BARROS, Patrick Heverton da Cruz. **Eficiência na operação do porto de Vila do Conde**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia e Gestão Portuária) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2013. Disponível em: <http://observatorioantaq.info/index.php/2016/07/20/eficiencia-naoperacao-do-porto-de-vila-do-conde-patrick-heverton-da-cruz-barros/>. Acesso em: 28 mar. 2019.

BERTAGLIA, Paulo Roberto. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

BONI, Valdete; QUARESMA, Silvia Jurema. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em ciências sociais. **Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 68-80, jan./jul. 2005. <https://doi.org/10.5007/%25x>.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Investimentos – Portuários**. Brasília, DF: Ministério da Infraestrutura, 2018. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/investimentos-portu%C3%A1rios.html>. Acesso em: 28 mar. 2019.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. Dados da exportação dos países do BRICS em 2018. Brasília, DF: Ministério das Relações Exteriores, 2018. Disponível em: <http://brics.itamaraty.gov.br/pt-br/sobre-o-brics/dados-economicos>. Acesso em: 20 fev. 2019.

BRONSON, Richard. **Pesquisa operacional**. 1. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1985.

CAMELO, Gustavo *et al.* Teoria das Filas e da Simulação aplicada ao embarque de minério de ferro e manganês no terminal marítimo de Ponta da Madeira. **Cadernos do IME – Série Estatística**, Rio de Janeiro, v. 29, p. 01–16, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/cadest.2010.15733>. Acesso em: 8 fev. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Plano CNT de transporte e logística**. Brasília, CNT, 2018. Disponível em: <http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Plano%20CNT%20de%20Transporte%20e%20Log%C3%ADstica%202018/plano-cnt-transporte-logistica2018.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

CUOCO, Marcello. **Otimização da seleção e alocação de cargas em navios de contêineres**. Dissertação (Programa de Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) - Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3148/tde-14112008-160720/>. Acesso em: 28 mar. 2019.

CURADO, Marcelo. Uma avaliação da economia brasileira no Governo Lula. **Revista Economia & Tecnologia**, Curitiba, ano 7, v. especial, 2011.
<https://doi.org/10.5380/ret.v7i0.26881>.

DOILE, Luiz Fernando. **Teoria das filas**: analisando o fluxo de atendimento e o número de atendentes em um supermercado. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/29741>. Acesso em: 13 abr. 2019.

FOGLIATTI, Maria Cristina; MATTOS, Néli Maria. **Teoria das filas**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2007.

FREITAS FILHO, Paulo José. **Introdução a modelagem e simulação de sistemas com aplicações em arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

GODOY, Arilda Schmidt. Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, mar./abr. 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-75901995000200008>. Acesso em: 22 abr. 2019.

GONZÁLEZ, Maria Manuela, TRUJILLO, Lourdes. Reforms and infrastructure efficiency in Spain's container ports. **World Bank Policy Research Working Paper**, v. 1, n. 3515, p. 243-257, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2007.08.006>. Acesso em: 28 mar. 2019..

HILLIER, Frederick; LIEBERMAN, Gerald. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2013.

PEGDEN, C. Dennis; SHANNON, Robert; SADOWSKI, Randall. **Introduction to Simulation Using SIMAN**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1990.

PRADO, Darci Santos do. **Teoria das Filas e da Simulação**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora de Gerenciamento Gerencial - Série Pesquisa Operacional, 2009.

RIBEIRO, Priscila Cristina Cabral; FERREIRA, Karine Araújo. Logística e Transportes: Uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., 2002, Curitiba. [Anais ...] Curitiba: ABEPRO, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228780462_LOGISTICA_E_TRANSPORTES_UM_A_DISCUSSAO_SOBRE_OS_MODALIS_DE_TRANSPORTE_EO_PANORAMA_BRASILEIRO. Acesso em: 28 mar. 2019.

SCHRIBER, Thomas. **Simulation using GPSS**. 1. ed. New York: Wiley, 1974.

SHANNON, Robert E. **Systems simulation**: The Art and Science. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1975.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em: www.posarq.ufsc.br/download/metPesq.pdf. Acesso em: 28 abr. 2019.

SILVA, Kalina Santos da. **Logística brasileira**: um estudo teórico do modal aquaviário (cabotagem). Monografia (Tecnólogo em Gestão Pública) – Universidade Federal da

Paraíba – UFPB, João Pessoa, 2015. Disponível em:
<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/1765>. Acesso em: 07 fev. 2019.

SILVA, Maurício Randolfo Flores da *et al.* Logística Portuária: Revisão Sistemática de Literatura utilizando o método PRISMA. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2020, Bauru. [Anais] Bauru: UNESP, 2020. Disponível em:
https://simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=15. Acesso em: 11 jan. 2021.

YIN, Robert. **Estudo de caso**: planejamento e método. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.



Artigo recebido em: 25/01/2021 e aceito para publicação em: 04/03/2021
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v21i1.4214>