

Universidade do Estado do Pará  
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia  
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



ANA ELAJE AZEVEDO SIMÕES DA MOTA  
EDRA RESENDE DE CARVALHO

**INTEGRAÇÃO ENTRE SETORES DE SUPRIMENTOS E MANUTENÇÃO DE  
EQUIPAMENTOS PARA MELHORIA DA CAPACIDADE PRODUTIVA: UM  
ESTUDO DE CASO BASEADO EM CUSTOS EM UMA TRANSPORTADORA  
DE *COMMODITIES***

Belém  
2018

**INTEGRAÇÃO ENTRE SETORES DE SUPRIMENTOS E MANUTENÇÃO DE  
EQUIPAMENTOS PARA MELHORIA DA CAPACIDADE PRODUTIVA: UM  
ESTUDO DE CASO BASEADO EM CUSTOS EM UMA TRANSPORTADORA  
DE *COMMODITIES***

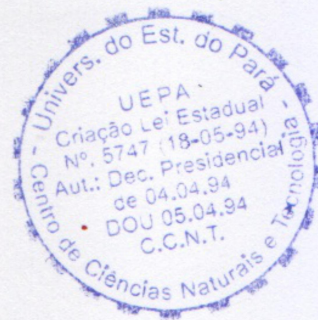
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará como requisito necessário para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. D.Sc. André Cristiano Silva Melo.

Belém  
2018



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



**"Integração entre Setores de Suprimentos e Manutenção de Equipamentos para melhoria da Capacidade Produtiva: Um Estudo de Caso baseado em Custos em uma Transportadora de *Commodities*".** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito necessário para obtenção do título de Engenheiro de Produção pelas alunas **Ana Elaje Azevedo Simões da Mota** e **Edra Resende de Carvalho**, em 07 de dezembro de 2018, no Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará - CCNT/UEPA, e aprovado pela Banca Examinadora, formada pelos seguintes membros:

**Dr. André Cristiano Silva Melo – UEPA**  
Orientador

**Dr. Léony Luis Lopes Negrão – UEPA**  
Avaliador 1

**MSc. Rodrigo Rangel Ribeiro Bezerra – UNIFESSPA**  
Avaliador 2

Belém/PA, 07 de dezembro de 2018.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado a vida, me amado infinitamente, e ter permitido que eu concluísse essa etapa da melhor maneira possível. Serei eternamente grata a Ele por todas as bênçãos sobre a minha família e por proporcionar saúde e amizade daqueles que acompanharam a minha trajetória acadêmica.

À minha família, por ter dado toda a educação, estrutura, suporte e amor necessários para que eu percorresse todas as etapas que me trouxeram até aqui hoje.

Aos professores, que compartilharam seus conhecimentos em sala de aula e acompanharam a minha jornada enquanto universitária, especialmente ao meu orientador e amigo, que se dedicou incansavelmente, desde meu primeiro ano de curso, à orientação de iniciação científica, grupos de pesquisa e, finalmente, deste Trabalho de Conclusão de Curso, além de algumas lições para a vida.

À Universidade do Estado do Pará, por proporcionar um ensino de qualidade e um ambiente saudável para todos os alunos, além de estimular a interação e a participação nas atividades acadêmicas. Sou grata a todo corpo docente, à direção e administração dessa instituição.

À minha parceira de TCC, Edra, por todo apoio, paciência, compreensão, coragem e amizade que nos fez finalmente concluir a nossa graduação da forma que gostaríamos.

Aos amigos e colegas, em especial Letícia e Edson, que me auxiliaram diretamente na realização e conclusão deste trabalho, e aos demais, que indiretamente apoiaram, deram força e torceram para que tudo desse certo, meu muito obrigada.

Ana Elaje Azevedo Simões da Mota

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu o dom da vida, e mais que isso, me dá a cada nova manhã uma nova chance de renascer e ser a melhor pessoa que eu puder ser.

A toda minha família, que consegue ser meu alicerce e ponto de paz, longe ou perto. À minha mãe, por ser também minha parceira, amiga, confidente e inspiração. À memória de meu pai, que sempre acreditou em mim, do seu jeito, mesmo quando nem eu acreditei. Pai, essa conquista é para você.

A todos os professores que fizeram parte da minha trajetória de estudante até então, da escola à faculdade. Todos são imensamente valorosos e, como um quebra-cabeça, contribuíram na construção da pessoa que sou hoje. Em especial, agradeço ao meu querido orientador e amigo, André Melo, que me acompanhou desde o início da graduação, em projetos de pesquisa e iniciação científica. Sem seus conhecimentos, apoio e confiança, eu não teria a motivação inicial necessária que fizesse eu me interessar e me apaixonar pela pesquisa.

À Ana, minha parceira de TCC e da vida. Obrigada pela paciência de escutar minhas dúvidas, pelas madrugadas que passamos acordadas, e pela agradável companhia ao longo de todos esses meses. Você é incrível e vai longe.

Aos amigos, Alberto, Renan e Tomohiro, e a todos que, de alguma forma, contribuíram para a execução desse trabalho com conversas que me deram ideias para iniciar, motivação para continuar e força para finalizar. Obrigada pela imensa ajuda.

Edra Resende de Carvalho

## RESUMO

MOTA, Ana Elaje Azevedo Simões da; CARVALHO, Edra Resende de. **INTEGRAÇÃO ENTRE SETORES DE SUPRIMENTOS E MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA MELHORIA DA CAPACIDADE PRODUTIVA: UM ESTUDO DE CASO BASEADO EM CUSTOS EM UMA TRANSPORTADORA DE COMMODITIES**. 2018. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Estado do Pará, 2018.

A manutenção como prática de gestão está cada vez mais presente no cotidiano das empresas. Sendo de fundamental importância para o funcionamento contínuo dos processos, ela impacta a empresa tanto em termos de custos como de disponibilidade. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo ressaltar a influência que decisões integradas entre suprimentos de peças de reposição e gestão da manutenção possuem dentro de um empreendimento, principalmente na potencialização da capacidade nas operações de movimentação portuária em uma transportadora de commodities, a fim de definir um cenário ótimo de manutenção e suprimentos. A metodologia utilizada foi o levantamento bibliográfico e documental, mapeamento de processos, coleta de dados e análise dos impactos em termos de custos relacionados aos processos, e análise de cenários de decisões estratégicas de manutenção e suprimentos. Como resultados, tem-se a proposição de um modelo para levantamento de custos relacionados à manutenção, não-manutenção e formação de estoques; a seleção pelo cenário que aplica a decisão de suprimentos de não estocagem unida à decisão de manutenção de não terceirização do serviço e predominância da manutenção preventiva. A partir da análise de sensibilidade, identificou-se a necessidade e impacto positivo que a integração entre manutenção e suprimento tem, concluindo que o objetivo de ressaltar a influência foi alcançado possibilitando, desse modo, o aumento da capacidade de movimentação portuária da empresa.

**Palavras Chave:** Gestão de Suprimentos; Logística Integrada; Gestão da Manutenção; Estoque de Peças de Reposição e Consumíveis.

## ABSTRACT

MOTA, Ana Elaje Azevedo Simões da; CARVALHO, Edra Resende de. ***INTEGRATION BETWEEN SUPPLY AND EQUIPMENT'S MAINTENANCE SECTORS TO IMPROVE CARGO HANDLING CAPACITY: A CASE STUDY BASED ON COSTS IN A COMMODITY CARRIER***. 2018. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Estado do Pará, 2018.

*Maintenance as a management practice is becoming part industries' routine. Being of fundamental importance for the processes' continuous operation, it impacts the company in terms of both costs and machine availability. In this context, this paper aims to highlight the influence that integrated decisions between spare parts supply and maintenance management have within an industry related with cargo handling capacity in a port commodity carrier, in order to define an optimal scenario on maintenance vs spare parts supply scenario. The methodology used was bibliographical study, a non-structured survey in the company, process mapping and data collection of costs related with those processes, and analysis of different strategic decisions scenarios on maintenance and spare parts supply. As results, it was proposed a cost structure model related to maintenance, non-maintenance and inventory formation. The scenario selected was non-stocking spare parts combined with non-outsourcing maintenance service and the predominance of preventive maintenance. It was performed a sensitivity analysis, from which we identified the high necessity and positive impact of maintenance decisions and spare parts supply integration, therefore reaching the research objectives, thus allowing the increase on cargo handling capacity of the port commodity carrier.*

**Keywords:** *Supply Management; Integrated Logistics; Maintenance Management; Spare parts replenishment.*

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1. OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS .....	13
1.2. JUSTIFICATIVA .....	14
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
2.1. GESTÃO DE SUPRIMENTOS .....	18
2.1.1. Gestão de Aquisições e Suprimentos .....	19
2.2. GESTÃO E ENGENHARIA DA MANUTENÇÃO .....	22
2.3. ESTOQUE DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO E CONSUMÍVEIS .....	24
2.4. CUSTOS ASSOCIADOS À MANUTENÇÃO E FORMAÇÃO DE ESTOQUES .....	25
2.5. CUSTEIO POR ABSORÇÃO.....	28
<b>3. METODOLOGIA DE PESQUISA .....</b>	<b>30</b>
3.1. CLASSIFICAÇÃO E DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	30
3.2. ETAPAS DE CONCEPÇÃO DO ESTUDO .....	31
3.3. PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS E INFORMAÇÕES .....	33
3.4. ORGANIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RESULTADOS .....	33
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>34</b>
4.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	34
4.2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA EM ANÁLISE .....	41
4.3. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	45
4.4. ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS .....	49
4.4.1. Modelos para cálculo dos cenários.....	52
4.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	57
4.6. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	59
4.6.1. Análise de Suprimentos.....	59
4.6.2. Análise de Manutenção .....	60
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Trade-off dos custos de manutenção e não-manutenção .....	28
Figura 02 - Localizações das operações da empresa. ....	34
Figura 03 - Fluxograma dos Processos Operacionais da Empresa.....	36
Figura 04 - Fluxograma dos Processos de Suprimentos da Empresa .....	40
Figura 05 - Etapas de movimentação de carga no porto.....	42
Figura 06 - Análise de Pareto das principais ocorrências de manutenção.....	46
Figura 07 - Análise de Pareto das ocorrências de manutenção corretiva. ....	47

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Principais autores que abordam custos relacionados à manutenção e estoques...	26
Quadro 02 - Equipamentos utilizados na movimentação de carga: grãos e fertilizante.....	43
Quadro 03 - Cenários de análise do estudo. ....	51
Quadro 04 - Estrutura de custos relacionados aos custos globais de manutenção e formação de estoques. ....	53
Quadro 05 - Abrangência dos utilizados nas análises. ....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Modais, representatividade e custos .....	15
Tabela 02 - Comparação de custos totais relativos ao cenário de menor custo.....	58
Tabela 03 - Representatividade dos componentes de custos nos custos globais.....	58
Tabela 04 - Comparação de custos relativos ao menor custo de suprimentos. ....	60
Tabela 05 - Comparação de custos totais de análise integrada sobre o custo total de análise apenas de suprimento.....	60
Tabela 06 - Comparação de custos relativos ao menor custo de manutenção.....	61
Tabela 07 - Comparação de custos totais de análise integrada sobre o custo total de análise apenas de manutenção. ....	61

## GLOSSÁRIO

<b>BARCAÇAS:</b>	Embarcação de fundo chato, reforçada, usada para transportar grandes quantidades de cargas.
<b>COMBOIO:</b>	Conjunto de barcas empurradas por um empurrador.
<b>DEMURRAGE:</b>	Quando os fretadores de navios não completam o carregamento (ou descarga) dentro do período acordado, recebendo multa por isso.
<b>DISPATCH:</b>	Cláusula de incentivo na carta de fretamento de navios, na qual, se o afretador concluir o carregamento e descarregar em um período menor do que o acordado poderá receber benefício de despacho.
<b>EMPURRADOR:</b>	Embarcação responsável por transportar barcas.
<b>GRAB:</b>	Equipamento responsável pelo transporte de materiais e cargas por meio da utilização de duas conchas que se fecham, içando o material.
<b>PORÃO:</b>	Amplo local do navio onde é armazenada a carga transportada, com capacidade para cerca de 50 a 60 mil toneladas.
<b>RECHEGO:</b>	Ponto de convergência de carga em local estratégico.
<b>REDLER:</b>	Grade de entrada para a correia transportadora.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como tema a gestão de suprimentos e gestão ou engenharia da manutenção, considerando a influência mútua entre eles. De forma mais específica, trata de como a gestão de suprimentos de itens de reposição ou consumíveis pode ser benéficamente apoiada por informações provenientes da gestão da manutenção e como esta, por sua vez, pode ser apoiada pela maior integração entre os setores de manutenção e suprimentos. Além disso, estão associados ao tema da pesquisa os custos relacionados a ambos os tipos de gestão e ao processo de movimentação de carga portuária.

Quando se fala sobre movimentação portuária, principalmente no que diz respeito a *commodities* cujo ganho logístico é por escala, se faz fundamental a análise das perdas na capacidade movimentação para identificar a causa da situação. Como o volume movimentado é geralmente muito grande, melhorias no processo podem gerar aumento da capacidade produtiva que são sinônimos de ganhos financeiros altamente representativos (ZANATTA *et al.*, 2017). Sendo assim, a perda de capacidade de movimentação portuária se configura como o problema central desse trabalho.

A capacidade produtiva, em diversos setores econômicos, é altamente influenciada pela gestão da manutenção das máquinas inseridas no processo. Essa questão é evidenciada no trabalho de Berssaneti (2006), que estuda o impacto da função de manutenção na disponibilidade operacional do sistema de telecomunicações de ensino à distância. A falta de manutenção, em particular, culminando na quebra das máquinas, é responsável pela redução da capacidade produtiva e elevação dos custos de produção, causando ruptura na produção e sobrecarga das outras máquinas inseridas no processo. Em outro contexto, Lima e Amantéa (2017) identificam oportunidades de aumento de produtividade por meio de simulação em uma área responsável pela reforma de componentes de equipamentos de mina.

O caso da produtividade portuária, medida em termos de movimentação de carga, não é diferente. A capacidade de movimentação em um porto é diretamente influenciada pela manutenção das máquinas responsáveis por movimentar a carga de um ponto a outro, seja em operações de carga ou descarga. A quebra dessas máquinas, principalmente em casos de manutenção não programada, acaba reduzindo a capacidade de movimentação e, por outro lado, sobrecarregando a capacidade de outras máquinas semelhantes que “cobrem” a produção da máquina com defeito (ZANATTA *et al.*, 2017).

A ocorrência de quebra de máquinas não programada pode ser atribuída a diversos fatores, entre os quais se destaca: falha no processo de suprimento de itens para a manutenção

que causam a indisponibilidade de peças de reposição e consumíveis no momento e nas quantidades necessárias que são demandadas para manutenção de máquinas. Essas “rupturas” nos estoques desses tipos de materiais, atribuídas geralmente à baixa integração entre a gestão do processo de suprimentos e as demandas da gestão da manutenção, causam a indisponibilidade de equipamentos, o que, por sua vez, culmina na redução da capacidade operacional, impactando em perdas de produtividade (ZANATTA *et al.*, 2017).

Outro impacto negativo é a questão dos elevados custos de manutenção, impactando nos custos totais do sistema logístico. Isso se deve predominantemente por uma inadequada gestão e engenharia da manutenção. Um exemplo de estudo aplicado que ressaltou a importância dessa análise específica para peças de reposição foi o de Santos (2018). Nele, a autora ressalta a complexidade do estudo de adequação do nível de estoque de peças sobressalentes. Para realizá-lo, pesquisou a melhor relação de custo-benefício entre o orçamento dos itens e a disponibilidade do sistema de uma empresa produtora de papel e celulose. Por meio da ferramenta *MS Excel*, foi feita uma análise marginal para definição do nível de estoque de cada item. Como resultado e destacando os benefícios do estudo, embora complexo, a autora obteve, a uma mesma disponibilidade, redução de custos em 29%, cerca de oito milhões e meio de reais.

Outro estudo que analisou o estoque de peças de reposição foi o de Silva (2009). Também destacando a complexidade do estudo, o autor desenvolveu uma metodologia para classificar e controlar peças de reposição a partir de demanda e *lead time* estocásticos. Para aplicá-la, foi utilizado o estudo de Krever *et al.* (2003) sobre demanda individual (*Single Demand Approach – SDA*), a fim de calcular o valor esperado e variância da demanda durante o *lead time* (LTD). Nesses modelos, otimizou-se o custo total e foram definidos pontos de ressuprimento, quantidade de pedido e estoque de segurança. Como resultado, a partir de dados reais, o autor identificou desempenho superior deste modelo em relação ao existente, quando em termos de nível de serviço, *fill rate* e custo de estoque, destacando os benefícios da otimização desses custos.

Dessa forma, o presente estudo buscou responder a seguinte questão de pesquisa: “Quais as decisões integradas de suprimentos e manutenção mais adequadas ao aumento de capacidade de equipamentos de movimentação portuária de uma transportadora de *commodities*, considerando uma análise de custos associados a tais processos?”.

### 1.1. OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O principal objetivo do estudo foi analisar e ressaltar a influência que decisões integradas entre suprimentos e manutenção possuem dentro de um empreendimento no que se

refere à potencialização de aumento da capacidade, nas operações de movimentação portuária em uma transportadora de *commodities*. Para alcançá-lo, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar levantamento na literatura acerca de estudos similares, que contribuam para o embasamento teórico da pesquisa;
- Mapear os impactos em redução de capacidade de movimentação causados pela indisponibilidade do equipamento estudado;
- Realizar levantamento dos custos associados à manutenção, falta de manutenção e suprimentos relacionados às peças de reposição;
- Comparar, em termos de custos, as diferentes alternativas de decisões de manutenção e de suprimento associadas, levando em consideração diversos cenários;
- Eleger o cenário de menor custo para a empresa, analisando as inferências e propondo melhorias.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

O estudo foi realizado em um contexto de movimentação de carga em um porto na Região Metropolitana de Belém, o qual movimenta em sua maioria cargas do tipo *commodities*. Considerando o cenário nacional econômico, é importante destacar a representatividade que esse tipo de atividade tem para a exportação de *commodities*, uma das responsáveis pela recuperação do país após anos de retração, quando se destaca a atividade agropecuária (NOTÍCIAS AO MINUTO, 2018). Das três atividades que compõem o PIB, a Agropecuária alcançou um aumento de 13%, enquanto que Serviços cresceu apenas 0,3% e o setor Industrial não apresentou crescimento. Esses avanços influenciaram um aumento de 1% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2017, atingindo o valor de R\$6,6 trilhões, após duas quedas consecutivas de 3,5% em 2015 e 2016 (IBGE, 2018). A representatividade do setor agropecuário nesse contexto destaca a relevância de estudos que abordem atividades relacionadas à exportação de *commodities*, pois impactam positivamente a economia do país.

Até meados de março de 2018, a exportação de *commodities* brasileiras, principalmente representada pela soja, atingiu 3,5 milhões de toneladas. Esse valor se equivale a 125% do volume exportado no mesmo período do ano anterior, conforme dados da Secretaria de Comércio Exterior (ZAFALON, 2018). Como tendência, uma pesquisa da Agroconsult (2018), com base em uma expedição que analisa o potencial e situação das lavouras em cada polo agrícola brasileiro, mostra a previsão positiva de 118,9 milhões de toneladas na safra de 2017/2018, superando em 4,3 milhões de toneladas a safra de 2016/2017.

Dados coletados em 2016 mostram a participação dos modais (%TKU) e os seus respectivos custos (R\$/Mil TKU), ressaltando o principal modal ser o de segundo maior custo (ILOS, 2017) e a necessidade de uma readaptação de modal viável para o tipo de produto transportado. Como sugestão, Oliveira e Silveira (2013) afirmam ser o transporte ferroviário e aquaviário os modais mais recomendados para esses produtos. O resumo das informações por modal está apresentado na Tabela 01.

Tabela 1 - Modais, representatividade e custos

2016		
Modal	% TKU	R\$/Mil TKU
<b>Rodoviário</b>	63%	R\$ 353
<b>Ferrovário</b>	21%	R\$ 62
<b>Aquaviário</b>	13%	R\$ 120
<b>Dutoviário</b>	4%	R\$ 103
<b>Aéreo</b>	0,1%	R\$ 2.154

Fonte: Adaptado de ILOS (2017).

Diante do aumento das exportações de *commodities*, destaca-se também a importância dos portos brasileiros para a recuperação da economia. Dados da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) mostram que em 2017 houve um crescimento de 8,3% na movimentação total de cargas nos portos do país, em comparação com o ano anterior, o que corresponde a 1,086 bilhões de toneladas transportadas. Os Terminais de Uso Privado (TUPs) foram responsáveis pela maior parte dessa movimentação, cerca de 721,6 milhões de toneladas, 9,3% a mais com relação ao mesmo período no ano anterior. Por outro lado, os postos públicos movimentaram 364,5 milhões de toneladas, um aumento de 6,3% sobre 2016. Esse é um crescimento que vem sendo observado ao longo dos anos: no período compreendido entre 2010 e 2017, a movimentação portuária geral cresceu 29,3%, considerando portos públicos e privados (CNT, 2018).

Quanto à composição da carga, 64,12% das movimentações foram de granel sólido (soja, farelo de soja, açúcar, milho trio, fertilizantes), 21,14% de granel líquido (óleos de soja, mamona, solventes, petróleo e derivados), 9,54% de *containers* e 5,20% de cargas soltas, como madeira, bobina de papel e aço (BRASIL, 2017). CNT (2018) destaca que o granel sólido teve uma alta de 10,3% em relação a 2016.

Diante do exposto, aumentos na exportação de *commodities* e da movimentação portuária caracterizam a realidade mais atual do contexto nacional brasileiro, representando

grande impacto na balança comercial. Esses crescimentos fomentam a necessidade por condições logísticas capazes de apoiar operações relacionadas, de forma a melhorar a capacidade de movimentação portuária. Segundo Lopes (2013), uma logística ineficaz se traduz em custos ao produtor brasileiro e, conseqüentemente, interfere na competitividade dos produtos produzidos no país. Assim, a dificuldade de escoar a produção pode ter efeitos negativos sobre o preço da soja brasileira, fator agravado pelas características das *commodities* de possuir baixo valor agregado, geralmente comercializadas em grandes volumes (OLIVEIRA; SILVEIRA, 2013).

A melhoria da capacidade portuária envolve aspectos como: área disponível para armazenamento de carga, capacidade dos acessos terrestres e marítimos, e a produtividade dos equipamentos de movimentação de carga (SPIEGEL *et al.*, 2011). No que diz respeito a este último aspecto, estudos para viabilizar alternativas que maximizem a utilização dos equipamentos e infraestrutura existentes são estratégicos para garantir redução de custos e aumento da produtividade da movimentação de carga.

Assim, em um contexto onde se busca excelência operacional por meio do aumento da capacidade de movimentação de carga, a gestão da manutenção exerce papel fundamental considerando as circunstâncias dos equipamentos envolvidos nos processos logísticos de movimentação, sendo decisiva também para garantir níveis de competitividade do porto (SILVA, 2014).

Sob a ótica da cadeia de suprimentos, o porto é visto como um ponto de integração entre modais terrestre e marítimo, com função de amortecer o impacto do fluxo de cargas no sistema. Spiegel *et al.* (2011) afirmam que a abordagem sob o ponto de vista da gestão da cadeia de suprimentos é fundamental para desenhar, gerir e integrar as diversas operações logísticas portuárias, a fim de atingir o objetivo principal: melhora do fluxo de cargas. A importância da gestão integrada da cadeia de suprimentos se faz ainda mais relevante tendo em vista que os custos de paralisação das atividades de extração, em função de falta de suprimentos e conseqüente falta de manutenção pode ser muito maior do que o custo das operações de embarcações de apoio marítimo.

Assim, as decisões referentes à gestão da manutenção dos equipamentos de movimentação portuária se apresentam fundamentais para melhor gerenciamento e aumento da capacidade total do processo. Por outro lado, a gestão de suprimentos de peças de reposição e consumíveis associados ao processo de manutenção desses equipamentos de movimentação visa evitar rupturas nesse processo, evitando assim que tais equipamentos permaneçam elevados tempos parados, reduzindo a capacidade de movimentação portuária,

consequentemente, elevando os custos logísticos e operacionais nos portos. Assim, a tomada de decisões no sistema portuário, buscando uma abordagem de gestão mais sistêmica dos recursos envolvidos na manutenção dos equipamentos de movimentação, por meio da integração de informações entre as áreas de suprimentos e manutenção, pode garantir benefícios para a empresa de um modo geral.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste tópico, destaca-se a revisão da literatura acerca dos tópicos que envolvem o tema da pesquisa, os quais são: gestão de suprimentos, gestão e engenharia da manutenção, estoque de peças de reposição e consumíveis, custos associados a gestão da manutenção e formação de estoques. Assim, foi criado um panorama com as principais definições, contendo uma densa base teórica e um cenário do estado atual das principais pesquisas relacionadas ao tema.

### 2.1. GESTÃO DE SUPRIMENTOS

Aqui estão contidas as principais definições da academia sobre Gestão de Suprimentos, alocando sua importância dentro de um cenário amplo, a cadeia de suprimentos, até chegar na gestão de aquisições e suprimentos, considerando as influências corporativas de suas decisões.

A Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS) é uma metodologia criada para alinhar todas as atividades de produção, armazenamento e transporte que envolvem a produção de um bem ou serviço de forma sincronizada, visando a redução de custos, minimização de ciclos e maximização do valor percebido pelo cliente final (BALLOU, 2006). Ela abrange todas as etapas e organizações envolvidas na cadeia de produção e na entrega de um produto desde seu início (matéria-prima) até o cliente final (consumidor).

Christopher (1997) afirma que a Cadeia de Suprimentos (CS) propõe uma rede de facilidades e opções de distribuição para garantir a obtenção de materiais, a transformação destes em produto intermediário ou final e a distribuição destes para os consumidores.

Seguindo a mesma linha, Lambert *et al.* (1998) afirmam que a CS é o futuro de qualquer organização que queira obter vantagem competitiva de mercado. A implantação da cadeia de suprimento e de um gerenciamento sem falhas permitem às organizações alcançarem lucro em um ambiente altamente concorrido.

Dentro da CS, a atividade de suprimentos fornece apoio fundamental ao sucesso do sistema logístico. É ela que supre o processo produtivo, com todas as necessidades de materiais e, além disso, contribui com uma parcela significativa na redução de custos da empresa, por meio de negociações de preços, na busca de materiais alternativos e do desenvolvimento de fornecedores. Além dessas funções básicas, a atividade de suprimentos, segundo a nova configuração da GCS, desempenha algumas ações que apoiam o processo de abastecimento da produção. De acordo com Christopher (1997), são o desenvolvimento de relacionamentos estratégicos com fornecedores e de novos materiais; qualificação e redução do número de fornecedores.

Logística é considerada uma parte integrante do processo da CS, responsável por planejar, programar e controlar eficazmente fluxo produtivo, escoar os bens, dimensionar serviços e informações relacionadas e transportar, mediante modais específicos, do ponto de origem ao ponto de consumo. A logística coordena todo o fluxo de material que leva o produto ou serviço final ao cliente, no tempo e local certo, em quantidades adequadas e via um preço justo, de modo a garantir sua satisfação (BALLOU, 2006). A logística revela-se cada vez mais como uma estratégia importante às organizações, atribuindo-lhes diferenciais competitivos e impactando ativamente nos lucros.

Em seus estudos, Ballou (2007) define o conceito de logística empresarial, o qual implica tanto no suprimento físico como na distribuição física:

A logística empresarial trata de todas atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável.

Ao longo dos anos, a percepção sobre a importância global da logística para uma organização aumentou e, por isso, esta evoluiu de um setor operacional, para configurar-se um departamento estratégico nas empresas, responsável por promover melhorias nos processos de compra, transporte, armazenagem e distribuição, contribuindo enormemente para alavancar os resultados do negócio. Surge, assim, a ideia de logística integrada, uma forma de realizar os processos logísticos de forma cada vez mais alinhada com as demandas e perspectivas do cliente (BALLOU, 2007; MENDES, 2017).

Os autores Guarnieri e Hatakeyama (2010) definem os componentes da logística integrada. Eles dividem a logística em 3 subgrupos: logística de suprimentos, de produção e de distribuição. A logística de suprimentos é responsável pelo processamento de pedidos, suprimentos e estoques. A logística de produção, como o nome já adianta, se responsabiliza pela produção em si; e, por fim, a logística de distribuição cuida do manuseio, embalagem, armazenagem e transportes dos produtos. As necessidades do cliente são importantes desde o início do processo, com o processamento de pedidos, até o fim, com a distribuição. Os autores destacam ainda um canal reverso, responsável por cuidar da logística dos resíduos de pós-consumo e de pós-venda. No presente trabalho, o foco se concentra sobre as questões relacionadas a logística e gestão de aquisições e suprimentos.

#### 2.1.1. Gestão de Aquisições e Suprimentos

Para Saranga e Moser (2010), o potencial da área de suprimentos se encontra na relação holística desse setor com os demais departamentos da empresa, seja finanças, impactado pelos

custos dos materiais adquiridos; seja o produto final, impactado pela qualidade da matéria prima, insumos e serviços; seja o operacional, que pode eventualmente sofrer interrupções ou atrasos, caso o material ou item não seja entregue no prazo acertado.

Assim, o setor em questão deve buscar integração com todas as áreas funcionais da empresa, para que as decisões sejam tomadas a nível estratégico, alinhando suas práticas com os requisitos corporativos internos, contribuindo para uma posição mais competitiva da empresa (FOERSTL *et al.*, 2013; SARANGA; MOSER, 2010). Alguns autores, como Foerstl *et al.* (2013) e Mentzer *et al.* (2008), destacam que as áreas de compras, suprimento, logística, produção, marketing, entre outras, possuem atividades independentes, ao mesmo tempo que dependem entre si para o bom gerenciamento de toda cadeia de suprimentos, tornando, portanto, a integração entre funções estrategicamente importante.

Ao longo das décadas, a importância do setor chamado *Purchasing and Supply Management* (PSM), ou Gestão de Aquisições e Suprimentos, vem se ampliando e seu impacto na performance corporativa vem recebendo cada vez mais atenção da alta gerência e da academia (SARANGA; MOSER, 2010).

Um dos principais objetivos da gestão de aquisições e suprimentos, na perspectiva gerencial, é otimizar a performance financeira da organização. Assim, não se pode negligenciar a necessidade de se alinhar estratégias de compras e estratégias corporativas, ainda mais em um cenário econômico no qual a pressão pela redução de custos é frequente (SARANGA; MOSER, 2010). Segundo CAPS Research (2012), o gasto com suprimentos, em média, representa cerca de 40% do faturamento das empresas. Dessa representatividade monetária e do impacto holístico do suprimento em toda a empresa, se justifica a necessidade de que o gerenciamento e a tomada de decisões de suprimentos sejam as mais acertadas possíveis, para que não hajam impactos negativos nas finanças da organização.

As atividades do setor de suprimento se iniciam com o recebimento da demanda que vem da produção, manutenção ou de outro setor da empresa. Tal demanda é formalizada por meio da requisição de compra, na qual são definidas as especificações do que deve ser comprado, a quantidade e o prazo em que o material deve ser entregue ou o serviço prestado (VIEIRA; LIMA; SANT'ANNA, 2015).

Heinritz e Farrel (1983) definem cinco principais objetivos do suprimento, os quais são: comprar com qualidade, na quantidade certa, no tempo certo e na fonte certa.

Mesmo que o suprimento possua alta responsabilidade na cadeia, este foi considerado, por muitos anos, uma atividade de caráter tático nas organizações, possuindo, assim, um perfil predominantemente reativo às decisões das demais áreas, sejam elas produção ou manutenção.

Braga (2006) afirma que a crise do petróleo (1973-1974) foi decisiva para a perspectiva do setor de suprimentos, uma vez que a escassez de matéria-prima a nível mundial demandou da função de suprimentos uma atitude mais ativa para ressuprir as atividades das organizações.

Em seu estudo, Braga (2006) define os diferentes estágios da evolução do setor de suprimentos, classificando-os de acordo com sua natureza tática ou estratégica na organização. De modo resumido, o primeiro estágio caracteriza-se por um suprimento Reativo, onde não há agregação de valor do setor no processo de aquisição, sendo responsável apenas pela operacionalização da transação de compra. Pela falta de planejamento, o suprimento é visto apenas para “apagar incêndios”. No segundo estágio, chamado de Mecânico, começa a existir comunicação entre outros departamentos para entender as necessidades dos clientes internos, porém o suprimento ainda é feito de forma mecânica, operacional, e independente das estratégias competitivas da empresa, abrangendo um horizonte de curto prazo.

O terceiro estágio, considerado o suprimento Proativo, caracteriza-se pela preocupação com questões mais abrangentes e de maior prazo, tendo como tema central a redução do custo do ciclo de vida, adição de valor para o cliente e envolvimento do fornecedor. Nessa fase, o cliente interno desempenha um papel importante no processo de aquisição de materiais, a fim de garantir que aspectos técnicos e do custo total de propriedade sejam considerados. No último estágio, chamado de Gerência estratégica de suprimentos, acontece ampla integração do setor com a estratégia competitiva organizacional, atuando em conjunto com as demais áreas da empresa (clientes, produção, manutenção) para formular planos estratégicos departamentais alinhados com a estratégia global.

Esse alto nível de integração é facilitado, entre outros fatores, pela configuração da estrutura organizacional. A integração, de forma a permitir a gestão estratégica de suprimentos, deve acontecer visando garantir a velocidade e integridade da troca de informações entre dois setores, em ambos os sentidos (BRAGA, 2006).

Tradicionalmente, as atividades tipicamente relacionadas à produção são, de acordo com Ballou (2007), controle de qualidade, planejamento detalhado, manuseio interno, e por fim, manutenção de equipamentos. A visão moderna dita que o ideal é rearranjar a responsabilidade das atividades tradicionalmente existentes na empresa de modo a facilitar o bom gerenciamento logístico. Desse modo, as atividades supracitadas devem fazer parte da área de interface entre produção e logística, caracterizando-se por uma certa sobreposição de responsabilidades. O autor afirma ainda que o profissional de logística é quem deve tratar com estas áreas de limbo entre produção-logística.

## 2.2. GESTÃO E ENGENHARIA DA MANUTENÇÃO

Dentro de um contexto de integração entre os elos da cadeia de suprimentos, surgem, à época da Primeira Guerra Mundial, uma geração que trouxe os primeiros conceitos de manutenção (SIQUEIRA, 2005), seguidos por mais duas gerações, marcadas pela evolução dos tipos de manutenção existentes, de acordo com as necessidades do cenário (FREIRE, 2012). Conceitualmente, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1994) definiu manutenção como a combinação de diversas ações ou técnicas administrativas, com o fim de manter ou realocar algum equipamento ou instalação a um estado que ele possa desempenhar uma função requerida. Dessa forma, o sistema inteiro mantém-se em funcionamento, sem interrupções significativas.

Complementando esse conceito, Kardec e Nascif (2012) afirmam que a manutenção possui a missão de garantir que a função de equipamentos esteja disponível para atender às demandas solicitadas por um processo de produção ou de serviço de forma confiável, assegurando segurança dos operários e a preservação do meio ambiente em que o processo está inserido, sempre a uma margem de custos adequada.

Tais conceitos foram amplamente recebidos pelas empresas e indústrias, o que se estende até os dias atuais. Nagao (1998) justifica esse fato ao destacar que a manutenção ineficiente ou inadequada pode determinar a sobrevivência dessas empresas, já que afeta diretamente sua rentabilidade, ao diminuir a confiabilidade de seus processos e produtos. Desse modo, Kardec e Nascif (2012) ressaltam a importância da manutenção na função estratégica do empreendimento, pois participa dos resultados da organização e deve ser utilizada para direcionamento de atividades de gestão e solução de problemas da produção, a fim de elevar a competitividade da empresa em relação a qualidade e produtividade.

Com base nos conceitos de manutenção, pode-se definir o termo “gestão da manutenção”, como uma série de ações executadas com o objetivo de implementar o nível de manutenção em um ponto de equilíbrio entre benefício e custo, cumprindo, dessa forma, sua contribuição positiva na rentabilidade geral da empresa. Assim, os desempenhos financeiros trazidos pela manutenção, unidos a outras medidas, devem ser utilizados como uma ferramenta de avaliação e apoio à tomada de decisão, não somente para redução de custos (CABRAL, 2013). Portanto, requer-se, além da garantia da disponibilidade funcional, sua relação com fatores de confiabilidade, segurança, preservação ambiental e custos moderados, como modo de tomada de decisão. Essa visão sistêmica do negócio e a alteração de paradigmas e conceitos

impulsionaram significativas inovações no processo de gestão da manutenção (KARDEC; NASCIF, 2012).

Com o objetivo de implementar esses conceitos e organizar uma programação de manutenção da maneira adequada aos empreendimentos, foram classificados os tipos de manutenção existentes que, segundo Siqueira (2005), podem ser por programação: programada ou não programada; ou por objetivo: corretiva, preventiva, preditiva, produtiva, proativa e detectiva. Para Kardec e Lafraia (2002), cada um desses será designado para aplicação mais adequada, por meio da gestão, possibilitando o uso de métodos isolados ou mesclas. Para ser eficaz, é necessário que sejam ponderadas as vantagens e desvantagens destes e suas combinações (PAPIC *et al.*, 2009), tendo como prioridade, entretanto, a diminuição das ações de manutenção corretivas (KARDEC; LAFRAIA, 2002). A seguir serão explanadas alguns dos tipos mais utilizados e conhecidos de manutenção.

A manutenção Corretiva não planejada tem sua definição na correção da falha de forma aleatória, com atuação em um fato já ocorrido, caracterizando-a como reativa. Suas maiores causas se dão por falha funcional, mau funcionamento ou quebra de equipamentos (KARDEC; LAFRAIA, 2002; TSANG, 1995). Sua utilização é recomendada apenas em situações que a falha não envolva riscos de segurança ou ao meio ambiente, onde seu custo total é inferior às demais estratégias de manutenção ou em situações em que haja peças ou equipamentos sobressalentes (BRANCO FILHO, 2008). Desse modo, embora a manutenção corretiva possua menor custo em termos de manutenção (XENOS, 2004), o custo de falha desse equipamento possui impacto significativo devido ao alto custo de restauração do equipamento em situação de crise e aos danos secundários de segurança e saúde causados pela falha e a penalidade de baixa produção (TSANG, 1995).

Kardec e Lafraia (2002), e Gulati (2009) destacam a possibilidade do planejamento dessa manutenção reativa, conceituando-a como correção de redução do desempenho ou de falha a partir de decisões gerenciais, podendo ser acompanhamento preditivo ou operação até à quebra. Usualmente, ela se aplica em solução de falhas detectadas por manutenções preditivas ou preventivas.

Com o objetivo de superar as desvantagens trazidas pela manutenção corretiva, foi inserida a manutenção Preventiva, que trouxe a redução da probabilidade de ocorrência de falha, assim como a de súbita parada (HORNER *et al.*, 1997), fator positivo especialmente em um contexto de necessidade de continuidade de processos. Tsang (1995), Kardec e Lafraia (2002) e Gulati (2009) especificam a criação de um plano elaborado para criação de uma rotina com

intervalos fixos definidos para cumprir os objetivos propostos e prolongar o ciclo de vida dos ativos, além de evitar atividades de manutenção não programadas.

Como forma de aprimorar os conceitos da manutenção preventiva, surgiu o conceito de manutenção Preditiva, a qual é baseada na determinação do estado do equipamento durante sua operação (PAPIC *et al.*, 2009). Branco Filho (2006) define que sua realização deve ser na proximidade da falha ou de outros fatores de operação. Ding e Kamaruddin (2015) abordam a similaridade com a manutenção preventiva, entretanto, fazendo uso de tecnologias avançadas para identificar uma situação anormal monitorada por sensores que enviam dados sobre o equipamento, mostrando-se muito eficaz, mas com a restrição de custos, que são elevados.

Alguns autores destacam a importância de se avaliar o quanto a manutenção pode afetar a rentabilidade da empresa. Tal análise, para Cabral (2006), pode auxiliar na tomada de decisão, permitindo uma comparação entre os custos de manutenção com os custos originados pela falta de manutenção. Sugere-se que seja encontrado um custo global ótimo, um ponto de equilíbrio de custos, simulando variações na política de manutenção e avaliando o resultado a nível de custos.

### 2.3. ESTOQUE DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO E CONSUMÍVEIS

Em um contexto que exige aumento da quantidade de equipamentos de alta tecnologia, percebeu-se grande necessidade de gerência de peças de reposição, essenciais para maximização do uso do equipamento, tendo como consequência o aumento da produtividade, redução do tempo ocioso do ativo e aumento da utilização dos recursos (BERTOLDE; XAVIER JUNIOR, 2013).

Para obter esses benefícios, entretanto, é necessário obter um controle destas peças de reposição e consumíveis, utilizadas na manutenção de máquinas, os quais possuem características peculiares, diferenciando-as do estoque convencional. Esse controle, portanto, se mostra crítico para muitas empresas, por possuírem elevado custos de estoques e um alto nível de complexidade de modelos que os controlem (SILVA, 2009).

Teixeira (2014) ressalta fatores que devem ser levados em consideração quando é realizada a gestão desses estoques. Cohen e Lee (1990) ressaltam que, no caso de peças de reposição, há um impacto maior quando há falta do produto, já que, além da má percepção do cliente, ele está perdendo em produtividade devido à falha ocasionada pela peça faltante. Muckstadt (2004) justifica a dificuldade de definição de estoque devido à maior parte das peças de reposição serem de demanda esporádica. Já Rego (2006) e Kumar (2005) destacam que, devido ao aumento considerável de equipamentos, a gama de produtos a estocar aumenta,

havendo, também, o risco de obsolescência. Rego e Mesquita (2011) abordam um diferente aspecto ao considerarem o reparo das peças, ao invés de sua substituição, portanto, deve ser levado em consideração o custo e se o tempo de reparo é viável.

Fortuin e Martin (1999), dessa forma, afirmam possuir uma decisão de controle de estoque específica para cada componente em determinada situação, devendo ser analisada qual a metodologia de gestão é mais adequada. Essa análise, segundo o autor, leva em consideração o tipo de controle de estoque, o nível de serviço desejado e todos os custos associados a essas decisões, por meio de critérios como valor; criticidade; demanda, afetada por tamanho e tempo de uso dos produtos finais, pelas características (classificação) da manutenção supracitadas além de pelas características das peças e modo de falha; e fase do ciclo de vida do componente, relacionada ao ciclo de vida de seus respectivos produtos finais, que podem ser inicial, normal ou repetitiva, ou final (FORTUIN, 1980).

Ao longo dessas fases, devem ser tomadas decisões em relação aos estoques de cada item, verificando se a melhor condição é estocar ou não determinado item; em relação a pedidos iniciais, que geram incertezas causadas pela demanda; em relação a controle de estoques, considerando rotina de reposição, comportamento de demanda, custo e nível de atendimento; e pedidos finais, quando há a descontinuidade de produção das peças (FORTUIN, 1980).

#### 2.4. CUSTOS ASSOCIADOS À MANUTENÇÃO E FORMAÇÃO DE ESTOQUES

São diversos os custos que influenciam a análise de uma tomada de decisão. Dentre eles, os custos de falta de manutenção e custos de formação de estoques de peças de reposição e consumíveis (armazenamento) são os mais expressivos (CALLEGARO, 2010), em termos de tomada de decisão, visto que os custos de manutenção podem atingir de 15 a 70% das despesas, podendo até exceder o lucro líquido anual (MADU, 2000). Ademais, em uma revisão sistemática realizada por Viana e Ribeiro (2017) sobre fatores de sucesso na gestão da manutenção, observou-se sistemas de custeio da manutenção como um dos treze fatores descritos pelo autor. Dessa forma, é necessário um estudo específico para os custos relacionados, a fim de evitar a situação descrita.

Os custos relacionados à manutenção possuem sua maior importância em custos da falta de manutenção, visto que os custos para realizar uma manutenção são calculados de forma simples, somando todos os custos relacionados: mão-de-obra, ferramentas e instrumentos, material utilizado na reparação, custos com subcontratação e outros relacionados à instalação ocupada pelos mantenedores. Em contrapartida, o custo da falta de manutenção possui impactos menos explícitos. Mirshawa e Olmedo (1993) e Cattini (1992) explicitam esses custos de

indisponibilidade, tendo como consequência a perda de produção, a má qualidade dos produtos, a necessidade de recomposição da produção, a deterioração dos equipamentos e penalidades comerciais, todos com impactos monetários e potenciais imagens negativas para a empresa.

Como solução ótima, matemáticos como Chiu e Huang (1996) e Murty e Naikan (1995) propuseram modelos que estudam o crescimento dos custos por manutenção corretiva em detrimento da manutenção preventiva, a fim de encontrar um equilíbrio onde se tenha maior confiabilidade a um custo total menor, levando em consideração, de acordo com Marcorin e Lima (2003), o nível de relevância deste equipamento no processo, seu custo de obtenção e reposição, consequências da falha do equipamento no processo produtivo e ritmo de manutenção, para cada equipamento, trazendo um ponto ótimo diferente para cada.

Os custos associados a manutenção e formação de estoques nada mais são que custos da gestão e engenharia da manutenção e custos logísticos relacionados a estoques. Ambos assuntos podem ser encontrados abundantemente na literatura, principalmente em livros, por serem conceitos consolidados há bastante tempo e que não sofrem expressiva variação em suas ideias com a evolução dos conhecimentos, de modo que publicações novas sobre estes temas tendem a reforçar tais conceitos e fórmulas clássicas. A exemplo de custos de manutenção, tem-se Branco Filho (2006). Já relacionados a custos logísticos, tem-se Faria e Costa (2008).

Entretanto, foram encontrados poucos estudos significativos que façam algum tipo de análise e relação entre os custos com manutenção e custos com estoques de insumos associados à manutenção (peças de reposição), tendo como pano de fundo, para essa conclusão, o levantamento da literatura realizado para o presente trabalho. Com isso, foi possível construir o Quadro 1, um resumo dos dois principais autores identificados pela abordagem de alguma forma de relação entre manutenção e suprimentos, alocando custos de manutenção e custos de estoques. Alguns conceitos importantes relacionados aos custos considerados por esses autores estão descritos a seguir.

Quadro 1 - Principais autores que abordam custos relacionados à manutenção e estoques

<b>Autor</b>	<b>Título (tipo de publicação)</b>	<b>Custos relacionados a manutenção e estoques</b>
CALLEGARO (2010)	Forecasting methods for spare parts demand (Tese)	Custo da falta da peça Custo de estocagem
GORZONI (2005)	Custos da não-manutenção em empresa de auto-peças: um estudo de caso (Dissertação)	Custos de manutenção Custos da não-manutenção Custos globais

Fonte: Autoras (2018).

Os custos de manutenção, para Gorzoni (2005), devem ser analisados pela ótica de sistemas de custeio e podem se dividir entre: custos diretos, os quais são necessários para manter

o equipamento em operação (manutenção preventiva, preditiva, custo de reparos ou revisões, e corretiva), mão de obra direta, materiais e serviço de terceiros; e custos indiretos, que são custos que, segundo o autor, não podem ser alocados a um equipamento, como custos com análises, melhorias, e atividades/áreas de suporte.

Já os custos de não manutenção são tidos pelo autor como resultado do não cumprimento das funções e do desempenho esperados por um determinado equipamento, devido a sua indisponibilidade e degradação. Por se relacionarem com a falha do maquinário, estão comumente relacionados com problemas na segurança, meio ambiente e/ou qualidade do produto, além de baixo atendimento ao cliente e custo de produção, pela redução da capacidade de produção.

Por outro lado, o custo de estocagem de peças de reposição representa a estocagem de materiais técnicos e muitas vezes de alta especificidade, possuindo, portanto, expressivos custos financeiros alocados. Esses custos englobam geralmente o valor do capital imobilizado na compra da peça, os custos de manutenção do estoque e eventuais gastos com descarte e obsolescência.

Para Gorzoni (2005), o Custo Global da Manutenção consiste no somatório dos custos de manutenção (horas de manutenção, peças de reposição, contratos de trabalho, etc.) e dos custos da não-manutenção (produção perdida, horas pagas sem produção, estoques, rejeições, custos ligados a não-qualidade etc.). Nota-se, portanto, que o autor engloba os custos com estoques na categoria de não-manutenção.

Gorzoni (2005) destaca um ponto importante na análise de custos ao comentar que reduzir os gastos com manutenção sem analisar a interferência dessa atitude na produção pode acabar aumentando os custos globais. O aumento no custo de uma atividade pode reduzir o custo de outra e/ou o custo global. Esse *trade-off* é muito bem ilustrado no gráfico da Figura 01, que foi aplicado por Gorzoni (2005) cuja análise demonstra que, ao reduzir os custos de manutenção, aumentam-se os custos relacionados à não-manutenção, aumentando, portanto, os custos globais da manutenção.

Figura 01 - Trade-off dos custos de manutenção e não-manutenção



Fonte: SOURIS (1992), *apud* GORZONI (2005)

## 2.5. CUSTEIO POR ABSORÇÃO

Dentre os diversos métodos de custeio, há apenas um que é aceito como metodologia de forma legal, caracterizado como Custeio por Absorção. Horngren *et al.* (2011) o definem como método de custeio de estoque no qual os custos variáveis e fixos são considerados custos inventariáveis, ao absorver todos os custos de fabricação.

Crepaldi (2017) ressalta os benefícios desse método de custeio. Além da vantagem citada anteriormente de causar aceitabilidade pelo Fisco e por ter sua base nos Princípios Fundamentais da Contabilidade, o custeio por absorção demonstra índices de liquidez mais reais e possibilita a precificação de produtos com maior assertividade, pois permite a junção de todos os custos da empresa em custos unitários do produto.

Nesse sistema, os custos fixos e indiretos podem ser alocados a produtos ou serviços por rateio (MARTINS, 2015), método que, segundo Dubois, Kupla e Souza (2006), se caracteriza como a divisão de custos, de forma proporcional, por meio da utilização de critérios de dados conhecidos, que sejam relacionados aos custos, tal como área e consumo de energia. Assim, custeio por absorção se define como uma maneira de segmentar custos indiretos aos produtos.

A escolha do rateio correto, entretanto, deve ser peculiar à cada empresa. O critério adotado por uma pode não ser necessariamente conveniente à outra, visto que a diversidade de produtos impossibilita a padronização deste método de rateio. Dessa forma, cabe à cada organização verificar o critério que melhor relaciona esses custos com os seus produtos (HORACIO; COELHO, 2014).

Embora existam vantagens na utilização desse método, há ainda que se considerar as desvantagens. Apesar de ser aceito legalmente, o método se faz pouco confiável para tomada

de decisão, devido ao rateio de seus custos, já que atribui custos desproporcionais à realidade (GONÇALVES *et al.*, 2018).

Uma alternativa a essas desvantagens é o método de custeio baseado em atividades (ABC), modelo de custeio bastante preciso, entretanto, que necessita de alto investimento de sensores para mensuração por atividade de forma exata, o que o torna inviável em muitos casos (AZEVEDO; GOUVÊA, 2006).

### 3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Nesse tópico serão abordados os processos metodológicos que nortearam a pesquisa realizada. Aqui, estão descritas a classificação da pesquisa, o delineamento e as etapas que caracterizaram o desenvolvimento do estudo.

#### 3.1. CLASSIFICAÇÃO E DELINEAMENTO DA PESQUISA

De acordo com Filippini (1997) *apud* Nakano (2012), a tipologia de pesquisa enquadra-se em um Estudo de caso, modalidade que utiliza variadas fontes de coleta de dados e estuda um ou mais objetos, interagindo com eles. No âmbito internacional, esta mesma pesquisa é classificada como pesquisa Empírica, com base em estudos de Gupta *et al.* (2006) *apud* Nakano (2012).

Segundo a classificação de Silva e Menezes (2005), do ponto de vista da natureza, configura-se como uma pesquisa Aplicada, visto que objetiva fornecer conhecimento e soluções práticas para auxílio na tomada decisões com base na relação entre suprimento e manutenção.

Em relação a abordagem do problema, é uma pesquisa Quantitativa ao quantificar os custos e tomada de decisões para posterior análise e classificação de informações (SILVA; MENEZES, 2005). No critério de objetivos da pesquisa, é caracterizada como Exploratória, típica de estudos de caso, proporcionando maior familiaridade com o problema e possibilidade de construção de hipóteses (GIL, 2010; SILVA; MENEZES, 2005). Por fim, sob o ponto de vista de procedimentos técnicos, a presente pesquisa se classifica em Estudo de caso, por envolver conhecimento através de estudo profundo sobre uma transportadora de *commodities* (GIL, 2010; SILVA; MENEZES, 2005).

Para um estudo coerente, se faz necessário considerar no estudo algumas delimitações em relação ao assunto, extensão e uma série de fatores (MARCONI; LAKATOS, 1999). Ao tratar sobre o assunto, é importante ressaltar que a pesquisa tratou exclusivamente de um tipo de equipamento de movimentação de carga de determinado fabricante, a qual permite a replicação para os demais equipamentos similares.

Ao tratar da extensão, ainda segundo Marconi e Lakatos (1999), foi considerada a movimentação das cargas de grãos, tipo soja e milho, e de fertilizante, tipo potássio e ureia. A abrangência geográfica considerada foram as operações ocorridas em Vila do Conde (PA). A coleta de informação de custos foi delimitada por meio do sistema ERP presente em todas as transações comerciais da empresa objeto de estudo. Além disso, a tomada de decisão se baseou exclusivamente em dados da empresa em estudo, portanto, a confiabilidade da decisão é restrita ao contexto de aplicação. Em relação a outros fatores, foram coletados dados de custos e

informações desde o ano de 2015, ano em que foi implantado o sistema de coleta e controle dos dados supracitado.

### 3.2. ETAPAS DE CONCEPÇÃO DO ESTUDO

Para alcançar o objetivo central proposto, planejou-se desenvolver a pesquisa em algumas etapas, a fim de conduzir o estudo de forma objetiva e delimitada. Essas etapas, portanto, serão apresentadas e detalhadas a seguir, juntamente com seus respectivos instrumentos e ferramentas de pesquisa.

a) Consolidar um referencial teórico acerca dos principais tópicos da pesquisa, contribuindo com embasamento teórico aos conceitos abordados no estudo. Foram utilizadas como fonte as seguintes bases de dados: Periódicos CAPES, *Scopus*, *Science Direct*, *Web of Science*, *ProQuest* e Google Acadêmico.

b) Revisão do estado atual da literatura, na qual foram identificados estudos publicados que apresentam alguma ligação ou similaridade com o trabalho em questão, para fins de apoio e até mesmo comparação das diferentes expectativas de contribuições para a literatura. As bases de dados para seleção dos estudos foram as mesmas mencionadas na etapa anterior. Nessa etapa também foram levantados os principais componentes de custos que compõem a estrutura de custos globais de manutenção e de custos com peças de reposição para a manutenção, bem como suas variáveis.

c) Caracterização da empresa objeto de estudo, reunindo informações sobre o histórico da organização, foco de mercado, principais produtos, características do processo produtivo, método de custeio, entre outras informações pertinentes à pesquisa. Para essa etapa, foram utilizadas entrevistas semi-estruturadas com os gestores da empresa.

d) Mapeamento do processo de movimentação de carga, para entendimento do funcionamento do porto, por meio do uso do *software Bizagi Modeler* e identificação dos principais pontos críticos, com base em informações obtidas pela coleta de dados realizada em entrevistas e acesso ao sistema SAP da empresa;

e) Mapeamento do processo de suprimento de itens de reparo e consumíveis para o setor de manutenção, com o auxílio do *software Bizagi Modeler*;

f) Coleta de dados quantitativos junto à empresa, destacando entre eles: capacidade de movimentação do porto com relação às máquinas utilizadas no processo e custos totais associados à essa movimentação; histórico de manutenção da máquina considerada no estudo - de acordo com o delineamento da pesquisa, bem como obtenção das variáveis relacionadas à gestão da manutenção das mesmas; custos associados à manutenção dessas máquinas e ao

processo de aquisição dos itens de reparo e consumíveis como insumo do serviço de manutenção. Para isso, foram utilizadas coletas de planilhas do *software MS Excel*, exportadas com os dados do sistema SAP PM e entrevistas em seus mais variados tipos;

g) Correlação entre os pontos críticos de movimentação de carga, identificados na etapa de mapeamento, com o histórico de manutenção das máquinas atuantes no processo, identificando o impacto que as práticas relacionadas à gestão da manutenção e à gestão de suprimentos de itens de reparo e consumíveis apresentam nesse cenário, buscando associações que evidenciem a relação do problema identificado (reduzida capacidade de movimentação portuária) com as atuais práticas organizacionais, utilizando-se a comparação e análise dos dados;

f) Criação de um modelo de cálculo baseado na literatura e posterior quantificação, a partir do modelo criado, em termos de movimentação de carga e custos, das perdas de capacidade produtiva causadas por problemas da manutenção. Foi realizada, por meio do *software Microsoft Excel*, uma análise comparativa entre seis cenários, considerando as diferentes decisões estratégicas de manutenção e de suprimentos:

- Manutenção corretiva interna com estoque de peça de reposição
- Manutenção corretiva interna sem estoque de peça de reposição
- Manutenção corretiva terceirizada sem estoque de peça de reposição
- Manutenção preventiva interna com estoque de peça de reposição
- Manutenção preventiva interna sem estoque de peça de reposição
- Manutenção preventiva terceirizada sem estoque de peça de reposição

Foram propostos modelos para cálculo dos custos relacionados a cada cenário. As fórmulas propostas, presentes no item 4.4.1, tiveram como base autores como Callegaro (2010), Gorzoni (2005), Faria e Costa (2008).

g) Proposição de melhorias no processo de tomada de decisão relacionadas ao suprimento de peças de reposição e consumíveis, alinhadas e integradas à gestão da manutenção, identificando os tipos de informação necessárias no sistema para que o serviço de manutenção e os itens de reparo e consumíveis estejam disponíveis nas condições logísticas adequadas, fomentando o aumento da capacidade de movimentação portuária, por meio da análise e tratamento dos dados obtidos.

### 3.3. PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS E INFORMAÇÕES

Os procedimentos de coleta de dados e informações deu-se pelo uso da literatura existente sobre manutenção e suprimentos. Para a parte quantitativa, foram coletados dados históricos dos registros de ocorrências de manutenção, viabilizados a partir de acesso e análise da documentação disponibilizada pela empresa objeto de estudo. Tais registros se mantêm presentes no sistema ERP vigente (SAP PM) da empresa na qual o estudo de caso se realizou. Além disso, foram realizadas entrevistas e coleta de dados institucionais para ratificação da veracidade dos mesmos. Esses dados, devido a políticas de privacidade da empresa, foram tratados como percentuais, a fim de proteger os dados reais da operação, mantendo-se a proporcionalidade real e o impacto do estudo.

### 3.4. ORGANIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RESULTADOS

Os resultados foram refinados e avaliados de modo a possibilitarem a tomada de decisão de suprimentos de acordo com a manutenção programada, além de seu melhor arranjo de opções. Para essa apresentação, estes foram consolidados e organizados em tabelas, gráficos e fluxogramas, de modo a facilitar a leitura e interpretação dos resultados numéricos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, está contida uma completa apresentação e caracterização da empresa estudada, de modo a contextualizar o cenário de aplicação. Além disso, é apresentado o desenvolvimento das etapas da pesquisa, compreendendo, portanto, descrição, análise e avaliação dos resultados alcançados, considerando a aderência ao que foi proposto como objetivo.

### 4.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa em questão possui sede na cidade de São Paulo, com operações em Assunção, no Paraguai; em Miritituba, a oeste do Estado do Pará; e em Vila do Conde, norte do Estado do Pará. O segmento de estudo restringe-se à região de Vila do Conde, onde atua desde 2015 no ramo de armazenamento e transporte de *commodities*, utilizando principalmente o modal hidroviário, configurando-se como uma prestadora de serviços logísticos.

Suas operações são caracterizadas por transporte de milho, soja, bauxita e fertilizantes. Entretanto, na área abrangida no presente estudo, encontra-se apenas exportação de milho e soja recebidas de Miritituba pelo modal hidroviário, e de outras cidades paraenses ou localidades próximas pelo modal rodoviário. Além da exportação, seu fluxo reverso importa fertilizante, por modal hidroviário, até Miritituba, de onde segue até a região central do país, como o Mato Grosso. O mapa localizando tais atividades em solo nacional pode ser observado na Figura 02.

Figura 02 - Localizações das operações da empresa.



Fonte: Autoras (2018).

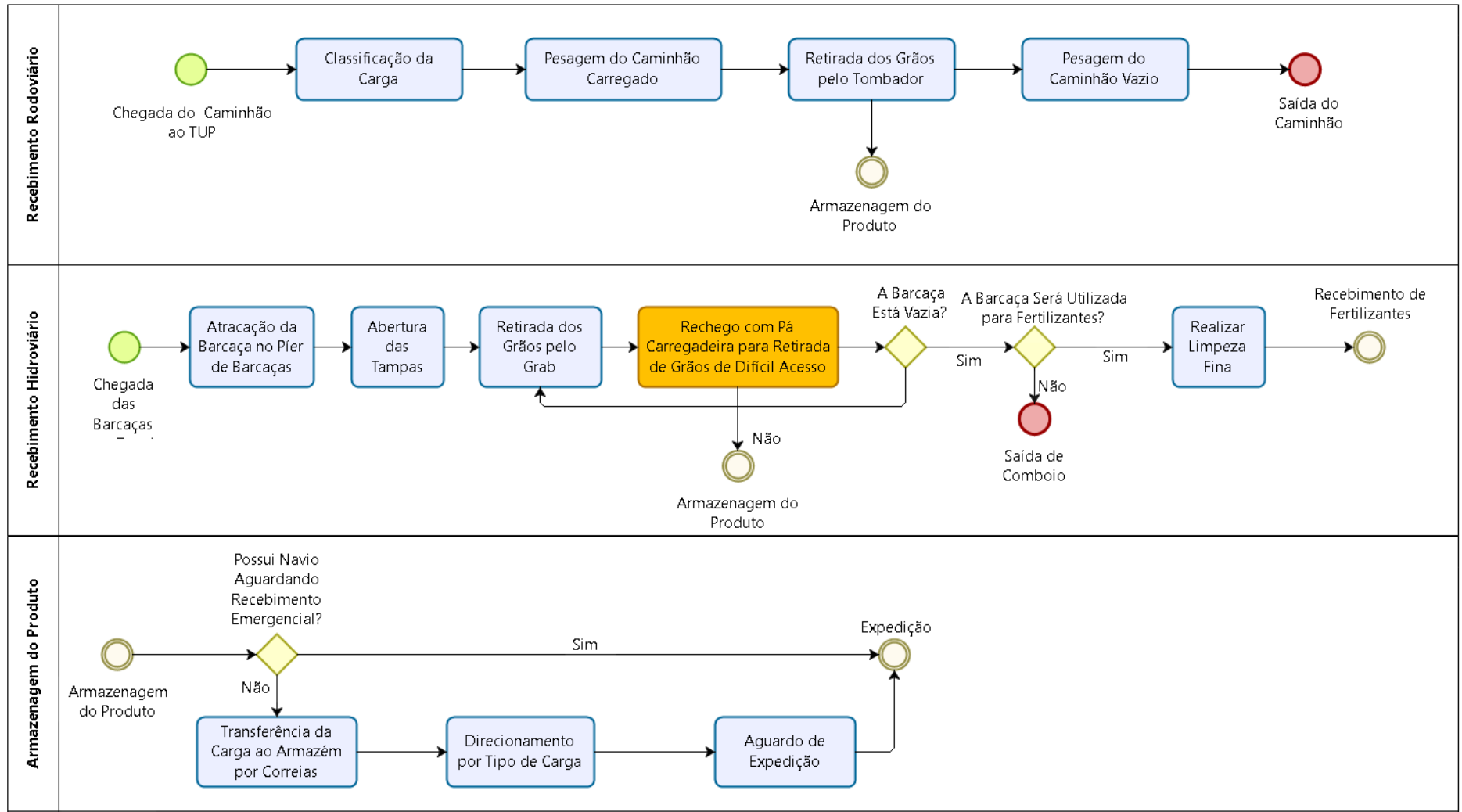
Uma vez em Vila do Conde, os grãos são descarregados dos caminhões e das barcaças, com o auxílio de correias transportadoras e pás carregadeiras, e dirigidos diretamente aos navios ou aos armazéns - onde aguardam o momento da descarga nos navios de exportação, descarga esta auxiliada também por correias transportadoras e pás carregadeiras. No processo de retorno das barcaças para Miritituba, ocorre a descarga de navios de fertilizantes, onde são utilizados equipamentos de recheio. A descrição detalhada do processo será apresentada posteriormente.

A operação em questão está segmentada em 05 processos principais: Recebimento Rodoviário, Recebimento Hidroviário, Armazenagem, Expedição e Recebimento de Fertilizantes. Seus fluxos e processos são simplificados na Figura 03, na forma de fluxograma.

O processo é iniciado com a chegada tanto do caminhão ao Terminal de Uso Privado (TUP) quanto pela atracação da barcaça no Píer de Barcaças. Quando o recebimento é rodoviário, a carga necessita ser classificada, a fim de confirmar a qualidade do produto presente no caminhão. Ao ser aprovada a carga, o caminhão é encaminhado à balança, onde seu peso é registrado para ser calculada a quantidade de carga. Em seguida, no tombador, a carreta é presa e tem suas portas abertas para tombamento e retirada da carga. Caso tenha produto de necessidade emergencial pelo navio no porto, a carga é encaminhada diretamente a este navio, por meio de correias transportadoras. Caso não seja emergencial, rotineiramente esta carga é direcionada ao armazém. Após a descarga, o caminhão, já vazio, se dirige à balança de saída, onde é realizada a diferença de peso e registrado o volume transportado, com posterior saída do caminhão do terminal.

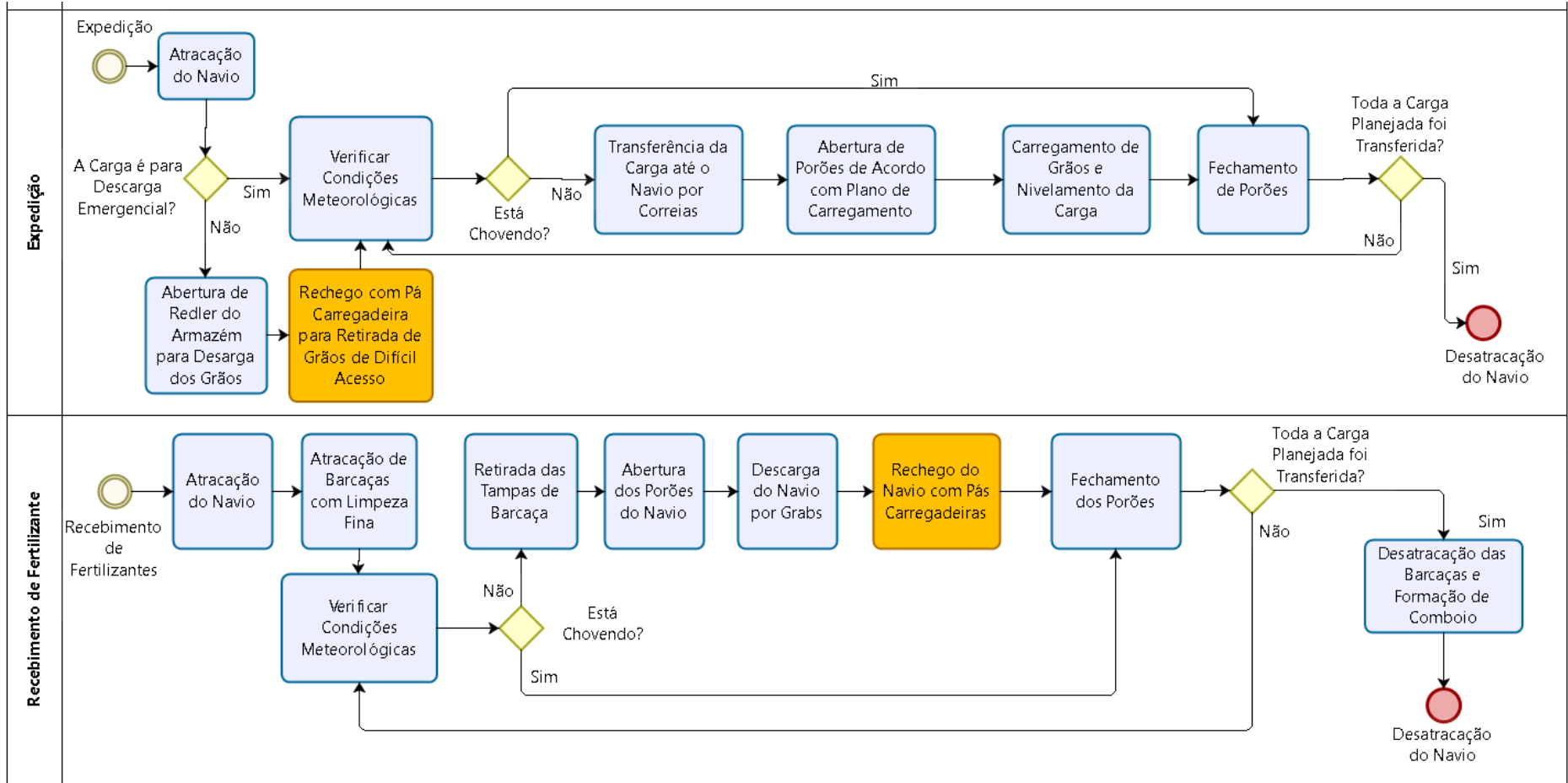
Quando no recebimento hidroviário, a carga recebeu classificação em Miritituba, portanto, é diretamente descarregada no TUP. Para isso, são trazidas, por empurradores, 02 barcaças por vez, as quais são atracadas no píer de barcaças e têm suas tampas abertas, sem interferência das chuvas. Os *Grabs* retiram os grãos da barcaça e os depositam nas moegas, local direcionador de carga às correias transportadoras. Esse processo se repete inúmeras vezes, até o momento em que o *grab* não possui mais alcance para retirada significativa dos grãos. Nesse momento, é realizado o recheio, com o posicionamento de pás carregadeiras no interior das barcaças, as quais unem o produto em pequenos montes para que possam ser alcançados pelos *grabs*, com posterior direcionamento dessa carga à armazenagem, nas mesmas condições do recebimento rodoviário de emergência do navio. O procedimento se repete até obter a barcaça vazia e, caso seja utilizada posteriormente para transporte de fertilizantes, também é realizada uma “limpeza fina”, procedimento de preparação da barcaça para o recebimento de fertilizantes. Caso não seja utilizada para transportar o fertilizante, é encaminhada para a saída do comboio.

Figura 03 - Fluxograma dos Processos Operacionais da Empresa



Fonte: Autoras (2018).

Figura 03 - Fluxograma dos Processos Operacionais da Empresa (cont.)



Fonte: Autoras (2018).

No procedimento de armazenagem do produto, após recebimento da carga pelos modais rodoviário e hidroviário, é primeiramente verificada a necessidade dos navios de exportação como supracitado. Após verificar que há uma demanda emergencial para essa carga, esta é encaminhada para o carregamento do navio, na expedição, por meio de correias transportadoras. Quando não se caracteriza emergencial, essa carga recebida é transferida ao armazém por correias transportadoras, sendo previamente classificadas em qual célula de qual armazém se alojará, onde permanecerá até o surgimento da demanda.

Na expedição da carga, as correias transportadoras devem levar o produto até o navio, para que sejam preenchidos os porões com a carga combinada previamente. Dessa forma, o processo de expedição inicia com a atracação do navio. Quando emergencial, a carga é advinda dos caminhões ou das barcaças. Quando não, é realizada a abertura dos *redlers* da correia transportadora para escoamento dos grãos do armazém, onde o material é despejado até que essa ação não seja mais possível de forma natural. Assim, se faz necessário, mais uma vez, a utilização das pás carregadeiras para direcionar a carga aos *redlers*. Quando preparados para ser transportados, são verificadas as condições meteorológicas e a probabilidade de chuvas, a qual impossibilita qualquer operação no píer de navios. Assim, quando está chovendo, em qualquer procedimento da carga, é realizado o fechamento dos porões dos navios, a fim de não danificar o produto transportado. Após essa verificação, caso não esteja chovendo, a carga é transferida até o navio por correias transportadoras, com abertura de porões e preenchimento até o volume acordado. Posteriormente há o nivelamento da carga para fechamento das tampas dos porões, que se realiza de forma manual, para que sua superfície seja distribuída de forma mais uniforme. Quando carregada toda a carga planejada, o navio é autorizado a desatracar e exportar o produto.

Por fim, no processo de recebimento de fertilizante, o navio realiza sua atracação e opera de forma semelhante à expedição, com restrição de chuvas. O procedimento é realizado para evitar o retorno de barcaças vazias, levando cargas de retorno para a origem (Miritituba). Após atracar o navio, são atracadas as barcaças de limpeza fina, já mencionadas, no navio, verificando, também, as condições meteorológicas. Caso não esteja chovendo, as tampas das barcaças são retiradas pelo *grab* do navio, e são abertos os porões do navio, para que os *grabs* possam descarregar o conteúdo planejado. Semelhantemente à descarga de barcaças, ao possuir uma quantidade não alcançada pelo *grab*, é feito o recheio com as pás carregadeiras, para que possa ser retirado todo o conteúdo. Posteriormente, assim como quando chove, os porões são fechados. Após verificar se toda a carga planejada foi transferida, pode-se dar prosseguimento

ao carregamento. Em caso negativo, pode-se desatracar as barcaças, e destiná-las a formação de comboio, e o navio, cuja descarga foi completa.

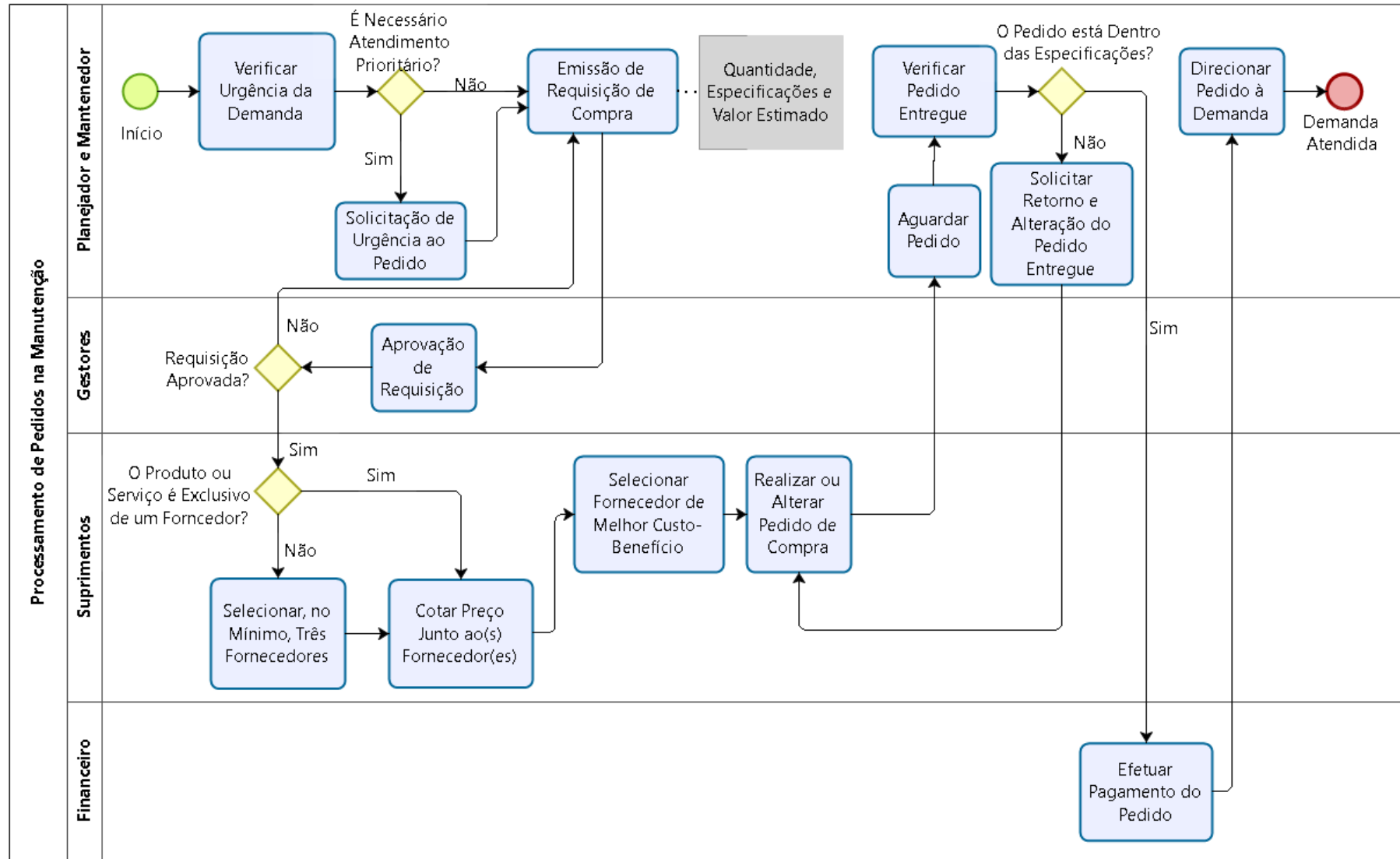
Ao longo de todas essas operações, várias são as máquinas e equipamentos que demandam manutenção, sendo esta diretamente ligada ao setor de suprimentos, a fim de atender a todas as necessidades de manter o porto operante. Na empresa analisada, ocorre um procedimento padrão em relação aos suprimentos, descrito na Figura 04, fluxograma que é iniciado a partir de uma necessidade portuária, percorrendo as mesmas etapas para os casos emergenciais e para os planejados. Quando a demanda é emergencial, é enviada uma justificativa de emergencialidade, a fim de priorizar e agilizar o aceite da requisição de compra. Para o planejado, também, é realizada a requisição, entretanto, sem a emergencialidade. Tais classificações mostram-se importantes devido à diferença de valor de uma compra com antecedência e uma compra emergencial, sendo a primeira de valor unitário e de frete inferiores ao segundo caso.

Ao descrever a requisição de compra, o planejador ou os mantenedores devem verificar seu uso, quantidade, especificações e valor estimado, a fim de que possa seguir para a aprovação da requisição pela gerência da empresa. Se não aprovada, é realizada a revisão da requisição, seguindo o procedimento até que seja aprovada. Quando aprovada, é pesquisado, de acordo com as especificações do bem ou serviço, pelo setor de suprimentos, quais os fornecedores disponibilizam o requisitado. Caso haja apenas um, é solicitado orçamento. Caso possua mais de um, é solicitada uma cotação de pelo menos três fornecedores, a fim de seguir os procedimentos padrões de *compliance*. Após receber as cotações, é ponderado o custo benefício de cada fornecedor e selecionado o mais adequado, formalizando, dessa forma, o pedido pela área de suprimentos, responsável pelo repasse da informação ao mantenedor e ao planejador, os quais aguardam a chegada do material.

Quando na chegada ao local, o produto deve ser fiscalizado e conferido pelos mantenedores ou planejador, a fim de confirmar recebimento do pedido correto. Caso haja alguma divergência, o fluxo retorna à realização do pedido, seguindo o padrão sequente. Quando a carga é aprovada, é efetuado o pagamento do pedido pelo setor financeiro da empresa. Após esse fato, o produto é direcionado ao local demandado e se realiza a manutenção requerida a partir da demanda atendida.

Em relação à gestão financeira, a empresa se utiliza do método de custeio por absorção, o qual é utilizado para realizar rateio quando necessário, já que, por decisão estratégica, não se investiu em medidores que pudessem ser utilizados em outras metodologias de custeio.

Figura 04 - Fluxograma dos Processos de Suprimentos da Empresa



Fonte: Autores (2018).

#### 4.2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA EM ANÁLISE

A empresa em estudo surgiu a partir da necessidade de uma localização alternativa de escoamento de grãos e fertilizantes por transporte hidroviário no Brasil, devido à crescente superlotação dos principais portos brasileiros (AGROLINK, 2018), conquistando, dessa forma, uma parcela de mercado exportador e importador dessas matérias primas de crescente demanda. Nesse cenário, pôde-se verificar uma alta taxa de utilização do porto em questão, o que gera grande necessidade de melhoria nas operações portuárias.

A operação do porto abrange a movimentação da mercadoria, incluindo carga, descarga e armazenagem, bem como as operações complementares, as quais são atividades como identificação da carga, inspeção, reconhecimento de avarias, sistemas de informação, entre outros (SPIEGEL *et al.*, 2011). Assim, tem-se a movimentação da carga como a principal atividade de operação portuária e, por isso, justifica-se esta ser o principal foco de análise quando se objetiva aprimorar as operações portuárias.

Essa operação portuária pode ser subdividida em dois ciclos operacionais: ciclo do veículo e ciclo da carga. Esta subdivisão é apoiada pela literatura por autores como Silva (2010). Por Ciclo do Veículo entende-se todo o tempo desde o momento da solicitação da transferência da carga para o navio ou para as barcaças até o momento em que o veículo recebe autorização para desatracar e sair da área do porto. Já o Ciclo da Carga é entendido como todo o processo que ocorre com a carga, em outras palavras, a efetiva movimentação portuária, desde sua transferência dos caminhões ou das barcaças, para os armazéns ou direto para os navios (cargas emergenciais), no caso de movimentação dos grãos, ou desde os navios para as barcaças, no caso dos fertilizantes.

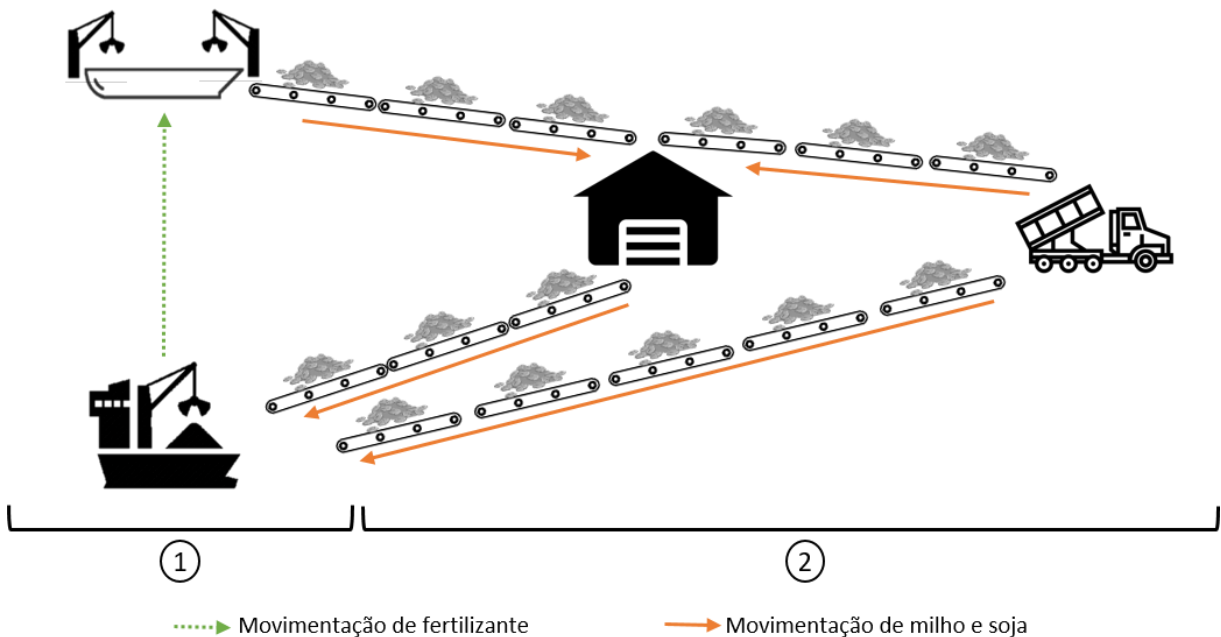
É importante destacar que melhorias no ciclo da carga impactam diretamente no ciclo do veículo, reduzindo o tempo que o navio fica no porto e diminuindo a ocorrência de atrasos nos tempos acordados para carga/descarga dos navios. Tais atrasos impactam em custos, na operação com navios, de uma taxa chamada *demurrage*, que é paga pelo fornecedor da carga proporcionalmente ao tempo em que o navio atrasou. Em contrapartida, quando o navio é liberado antes do tempo previsto, ocorre o recebimento de uma taxa chamada *dispatch*, caracterizada pelo oposto à outra taxa, onde recebe-se um valor referente à entrega da carga e realização das operações antes do prazo acordado, também de maneira proporcional ao tempo. Embora a empresa em estudo não realize o pagamento de tais taxas, deve-se considerar que gera uma economia ou gasto maior ao seu cliente fornecedor de grãos, afetando diretamente o nível

do serviço logístico percebido. Essa análise, entretanto, se aplica apenas à operação de fertilizantes, a qual envolve navios.

Silva (2010) destaca duas etapas de movimentação de carga: transferência de carga vertical e horizontal. A transferência vertical consiste nas operações de manuseio de carga entre o navio e o cais: estivagem/destivagem e transbordo. A transferência horizontal compreende as operações de movimentação de carga no cais e entre o cais e a área de armazenagem e/ou área de recebimento rodoviário.

Na Figura 05 estão ilustradas essas duas etapas de movimentação, que analogamente podem ser chamadas de (1) carga e descarga do navio/barcaças (transferência vertical) e (2) estocagem ou retirada da carga do armazém (transferência horizontal). No porto estudado, existe a opção de ocorrer o que se pode chamar nesse caso de transferência horizontal emergencial, que é quando a carga destinada ao navio provém diretamente no recebimento rodoviário/hidroviário, ou seja, os grãos não passam pela etapa de armazenagem, gerando apenas estoque em trânsito.

Figura 05 - Etapas de movimentação de carga no porto



Fonte: Autoras (2018)

A cadência ou ritmo do ciclo 1 (carga e descarga) depende da taxa horária de movimentação dos equipamentos, que são em suma o guindaste portuário, o *grab*, e das pás carregadeiras. Já a cadência do ciclo 2 (estocagem e retirada da carga) é regida pela taxa de transferência da carga para dentro ou para fora do armazém, o que, da mesma forma, depende dos equipamentos de movimentação horizontal, que são as correias transportadoras e pás

carregadeiras também. No Quadro 02 apresenta-se um resumo das operações de movimentação de carga e os principais equipamentos utilizados.

Quadro 02 - Equipamentos utilizados na movimentação de carga: grãos e fertilizante

<b>Operação de movimentação</b>	<b>Equipamentos</b>
Descarga do caminhão	Tombador
Descarga das barcaças	<i>Grab</i> , Pás-carregadeiras
Armazenagem	Correias
Carga do Navio (armazém-cais)	Pás-carregadeiras, Correias
Carga do Navio (emergencial)	Correias
Descarga do Navio de fertilizante	<i>Grab</i> , Pás-carregadeiras

Fonte: Autoras (2018).

Sendo assim, a melhoria da capacidade de movimentação no porto está diretamente relacionada à utilização dos equipamentos de movimentação, sejam os principais ou os de apoio. Goes Filho (2008) destaca que os equipamentos utilizados nos dois ciclos têm que ser compatíveis entre si, de maneira que haja equivalência entre a movimentação, sob pena de haver acúmulo indevido de cargas no navio ou no armazém.

Analisando-se os equipamentos utilizados nos ciclos de movimentação de carga no porto estudado, observou-se que as correias transportadoras se caracterizam como o principal meio de movimentação dos grãos no porto. Por seu elevado impacto e importância na produção, para as correias transportadoras já há um plano de manutenção robusto, além de redundância (caso um trecho esteja parado por qualquer motivo, há uma rota alternativa de correias transportadoras por onde o grão pode ser escoado). As correias transportadoras e os demais equipamentos, como *grab* e tombador, operam em uma capacidade adequada ao nível de produção do porto, não representando criticidade na produção. O *redler* não é considerado como um “equipamento” único, pois é parte das correias transportadoras, fazendo parte da etapa de retirada da carga do armazém. Ele não tem ação ativa na movimentação da carga, agindo apenas como uma passagem para escoamento dela. Desta forma, o equipamento que apresenta o maior potencial de gargalo na produção é a pá-carregadeira.

Uma análise de custos comprovou a importância do uso desse equipamento no processo de descarga das barcaças de grãos. Historicamente, quando a empresa interrompeu a utilização da pá-carregadeira nesse processo, devido à problemas operacionais, observou-se um desvio em relação à meta de 2,7%, o que impactou diretamente a receita da empresa, na ordem de centenas de milhares, no período de 1 mês. Após realizar uma análise de causas e identificar a única como sendo o elevado tempo de recheio nas barcaças, pôde-se atribuir a essa falta um

desperdício significativo, o custo de oportunidade que, ao ano, representa perdas na ordem de unidades de milhão. Quando não há pá-carregadeira nesse processo, o recheio da carga para que o grab possa coletar transforma-se em um processo arcaico, exigindo esforço manual e grande quantidade de mão de obra (vassouras), tornando-se um processo demorado, cansativo e falho, além de inseguro. A utilização do equipamento em estudo no Armazém se dá no processo de Carga dos Navios e também é importante pelo mesmo motivo: na ausência do maquinário, o processo passa a ser puramente manual. Nesse caso específico, há um agravante importante a ser considerado: risco de segurança para o colaborador, uma vez que há risco de soterramento causado pelo modo de entrada da carga no armazém (por gravidade).

No processo de descarga do navio de fertilizantes, o uso do equipamento em questão se torna ainda mais crítico, uma vez que após finalizada a descarga do material, a empresa é obrigada por contrato a fazer a limpeza nos porões onde a carga estava acomodada. Sem o uso da pá-carregadeira para fazer o recheio, a carga não é 100% removida e por se tratar de material muito fino, acabam ficando resquícios que dificultam ou até mesmo impossibilitam a limpeza completa do navio. Todos esses pontos contribuem negativamente para o tempo de estadia do navio no cais, atrasando a saída das barcaças de fertilizantes até Miritituba (PA), o que atrasa, por sua vez, o recebimento desse químico pelos produtores rurais no Mato Grosso e assim sucessivamente. Ou seja, os impactos na cadeia podem ser consideráveis.

Além de todos os aspectos mencionados, é importante ter em mente também a alta taxa de utilização das pás-carregadeiras no porto, em atividades que vão além da movimentação dos grãos e fertilizantes, que podem sobrecarregar o uso da máquina.

Tendo em vista o cenário em questão, as decisões de manutenção que dizem respeito aos equipamentos de movimentação de carga, mais especificamente às pás-carregadeiras, são consideradas estratégicas para a empresa, pois podem representar oportunidades para gerar impactos diretos na melhoria da movimentação da carga e, por conseguinte, potencializar a redução do ciclo de carga do processo, diminuindo, por sua vez, o ciclo do veículo, sendo ainda tais reduções impactantes em melhorias sobre os custos.

Desse modo, o presente trabalho se concentrou na análise de movimentações de cargas, focando nas operações realizadas no ciclo da carga, mais precisamente no estudo dos equipamentos utilizados nessa movimentação. O equipamento em foco foi a pá-carregadeira, que apresenta grande importância no processo de movimentação, como supracitado, já que uma das formas de acelerar e aperfeiçoar os processos pode ocorrer justamente com o melhor uso das pás carregadeiras, utilizadas em grande parte das operações de carga e descarga realizadas no porto. Dessa forma, buscou-se analisar a integração entre os setores de suprimentos de peças

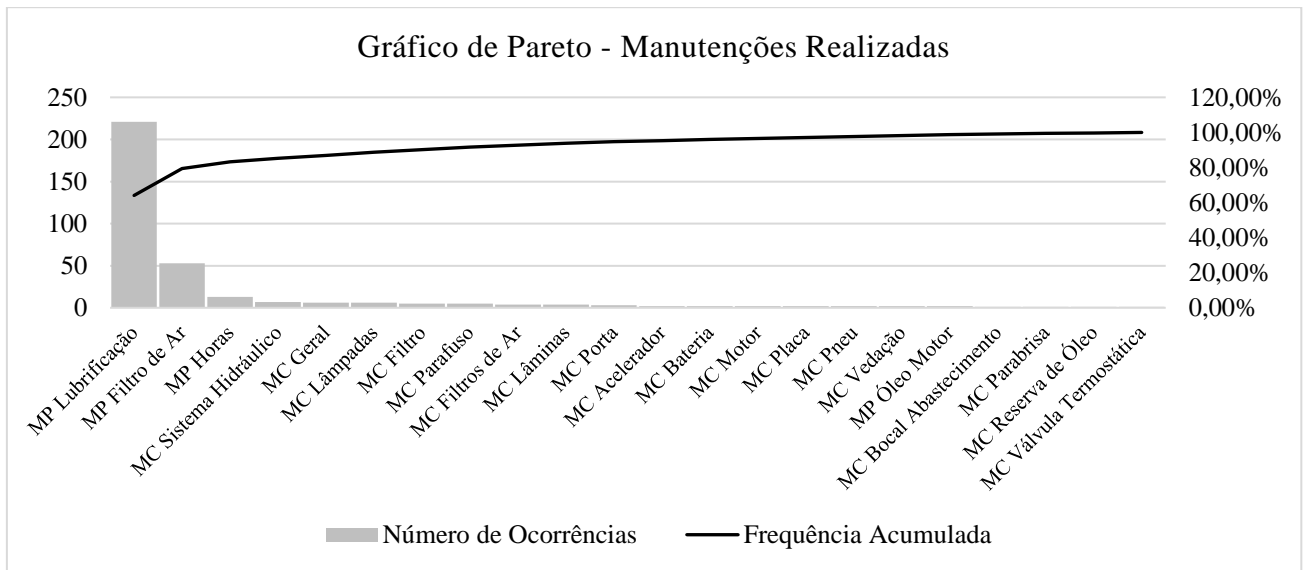
de reposição e de planejamento de manutenção desses equipamentos, a fim de verificar a influência dessa maior integração entre tais setores na capacidade produtiva das movimentações portuárias, a partir da análise dos custos envolvidos.

Na literatura, existem alguns estudos sobre máquinas de movimentação de carga. Miranda e Lima (2017), por exemplo, analisaram falhas em motores diesel em escavadeiras e carregadeiras, por meio de comparação dos níveis de desgaste dos componentes e contaminação do lubrificante com parâmetros operacionais. Os autores concluíram que é necessário associar a análise do lubrificante com as condições operacionais da máquina e com o ambiente de trabalho para uma detecção eficaz das causas da falha.

#### 4.3. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A fim de iniciar o estudo para posterior tomada de decisão, foi necessário, sobretudo, verificar o histórico das manutenções, para definir os componentes das pás carregadeiras que necessitavam maior atenção e que foram a base da análise deste trabalho. Dessa forma, foi possível delimitar a área de abrangência do estudo. A base de dados obtida compreendeu o período entre setembro de 2016, ano em que o equipamento começou a ser utilizado nas operações, e outubro de 2018, abrangendo 345 observações após tratamento, retirada de outliers e de solicitações canceladas. Entre todas as observações, 16,3% corresponderam a solicitações de manutenção corretivas, 19,7% de manutenção preventiva e 64% foram lubrificações, consideradas prática semanal de manutenção preventiva, assim segmentadas por sua simplicidade, baixo tempo de execução e alta frequência. A partir dessa divisão, foi possível plotar, no gráfico de Pareto, as ações mais recorrentes do setor de manutenção, conforme a Figura 06.

Figura 06 - Análise de pareto das principais ocorrências de manutenção



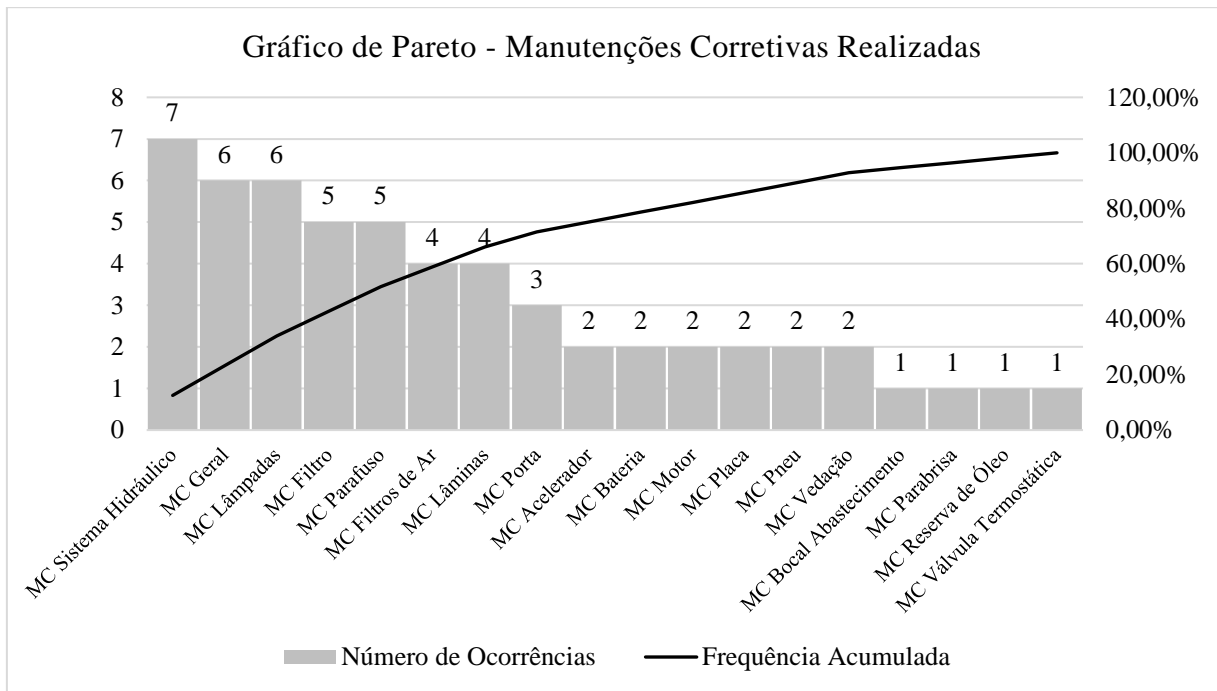
Fonte: Autoras (2018).

Na liderança, as tarefas preventivas de serviço, como a lubrificação exemplificam a preocupação com o bom funcionamento dos equipamentos, assim como a preocupação quanto ao filtro de ar, já que o equipamento estudado se insere em um contexto de alta presença de partículas em suspensão, o que acarreta uma vida útil menor dos filtros.

Apesar da preocupação com o equipamento, demonstrada pela ocorrência constante de manutenções preventivas, ainda assim observou-se uma taxa relativamente elevada de paradas por manutenções corretivas (16,3%), cujas causas podem ser analisadas e sua ocorrência evitada. Como a máquina em questão é de cunho crucial para manter a movimentação de carga no porto e considerando que manutenções corretivas, em 90% das ocorrências, culminam em um estado de máquina parada, é evidente a importância de reduzir essa taxa.

Assim, para analisar as ocorrências emergenciais e não programadas, ou seja, as manutenções corretivas, foi plotado outro gráfico de Pareto, no qual foi possível perceber quais os componentes com o maior número de avarias inesperadas (Figura 07).

Figura 07 – Análise de Pareto das ocorrências de manutenção corretiva.



Fonte: Autoras (2018).

A partir da análise da Figura 07, verificou-se que as principais causas de manutenções não planejadas se concentravam no sistema hidráulico da pá carregadeira, sistema esse que é indispensável para o funcionamento da mesma, já que é responsável por promover sua movimentação, o qual foi o sistema de estudo considerado nesta pesquisa. Seguido a ela, as manutenções corretivas de lâmpadas e geral possuem a mesma frequência absoluta, entretanto, dependendo do período do dia em que a operação ocorra, as lâmpadas podem ser dispensáveis, diferentemente das manutenções corretivas gerais, as quais foram assim classificadas por não serem identificadas por uma causa única, mas sim pela necessidade de realizar uma vistoria geral em todo o equipamento, para tentar identificar a causa, sanar o problema e tornar a máquina operacional novamente.

Assim, entendeu-se que o sistema hidráulico deveria ser o foco de estudo do presente trabalho, devido à sua importância e representatividade no histórico de ocorrências de manutenção. Dentre os componentes de um sistema hidráulico básico, verificou-se, ao menos, a presença de reservatório, tubulações/mangueiras, bomba, atuadores (cilindros e/ou motores hidráulicos) e válvulas. Para que tudo funcione corretamente, existem dois aspectos importantes que teoricamente devem ser considerados dentro do contexto rotineiro de operação:

- Técnicas de operação adequadas ao que a máquina foi projetada para operar;

- Técnicas de manutenção considerando o que foi recomendado pelo fabricante da máquina, bem como as particularidades da operação na qual está inserida.

Observou-se que a justificativa para elevada ocorrência de problemas do sistema hidráulico poderia estar relacionada ao não cumprimento desses dois aspectos. Tendo em vista que o foco do estudo está nas práticas de suprimentos, manutenção e atividades de apoio a esta, algumas afirmações podem ser destacadas após observação da operação *in loco*, entrevistas não estruturadas com responsáveis pela operação e manutenção, e análise do histórico das pás-carregadeiras:

- A manutenção das pás-carregadeiras segue as recomendações do fabricante, quando na garantia. Caso contrário, a empresa opta somente pelas manutenções mais simples, como a identificada em 64% das ocorrências de manutenção, as quais foram manutenções preventivas restritas especificamente à lubrificação do sistema;

- Por seguir apenas algumas das recomendações de manutenção do fabricante, notou-se que não havia tentativa de adaptar este plano de manutenção à realidade de operação da máquina. Por atuar com a movimentação de grãos e fertilizantes, produtos que possuem partículas muito pequenas e que podem, ocasionalmente, instalarem-se no sistema hidráulico da máquina, o que pode constantemente causar problemas e falhas devido a impurezas no sistema;

- Por se tratar de um tipo de manutenção majoritariamente corretiva (quando não consideradas as lubrificações), e devido às limitações orçamentárias para estoque, a empresa em estudo sofre longos períodos de espera da peça, especialmente quando seu *lead time* é muito elevado. Como visto anteriormente, no fluxograma dos processos de suprimentos da empresa o (Figura 04), mesmo que seja emergencial, o pedido ainda necessita ser aprovado em um processo burocrático, o que demanda tempo. Ademais, o processo emergencial gera fretes emergenciais elevados, os quais são agravados devido à localização da empresa em relação à capital do Estado e devido à localização da empresa em relação à fabricante da peça;

- Cada componente do sistema tem um período específico para manutenção. A lubrificação, por exemplo, é fundamental que seja feita uma vez por semana rotineiramente, contribuindo para aumento do rendimento das pás-carregadeiras. Já a troca de mangueiras do sistema hidráulico, deve ser feita a cada 45 dias, a fim de evitar rupturas, segundo manual de recomendações do fornecedor.

Após delinear o sistema hidráulico a ser estudado, foram analisados os principais componentes que causam as avarias associadas. De todas as ocorrências de manutenções no sistema hidráulico, 71,4% ocorreram no conjunto de mangueiras que possibilitam o

funcionamento da máquina, caracterizando-se como fundamentais para manutenção da capacidade de movimentação de cargas no porto. Em relação aos suprimentos dessas mangueiras, em 80% dos casos não houve estoque disponível no momento da demanda e foi necessário realizar o pedido com urgência. Dessa forma, foi proposto um conjunto de cenários para decisão entre suprimentos e manutenção. O estudo de suprimentos de peças de reposição está diretamente relacionado à decisão de cenários proposta a seguir, já que seus custos interferem significativamente no tempo de resposta e em custos diretos. Como complemento, os outros custos de manutenção auxiliam uma tomada de decisão com visão sistêmica, visto que ambos influenciam diretamente nos custos globais, os quais devem ser considerados para tomada de decisão.

#### 4.4. ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS

A fim de iniciar a caracterização dos cenários seguintes, avaliação de seus custos, demonstração de resultados e conclusões, algumas premissas foram adotadas e necessitam ser explicitadas para melhor compreensão da análise de custos. São estas:

- As manutenções preventivas contabilizadas foram realizadas em momento considerado oportuno, no qual a máquina em estudo não estava em operação. Observou-se que a pá carregadeira é utilizada principalmente em operações de curta duração, com intervalos nos quais é possível haver intervenção para manutenção sem interferência significativa na produção. Visto que uma das vantagens da manutenção preventiva é a possibilidade de programação da sua execução, não será, portanto, considerado custo de redução de movimentação de carga nestas situações (custo de oportunidade);
- As manutenções corretivas se caracterizam por ocorrência de falhas e estado de pane durante a operação de movimentação de carga. Nesse cenário, a máquina foi caracterizada como inoperante desde o momento em que foi identificada a falha, solicitada a identificação e correção, até o término do serviço de manutenção, sendo, portanto, considerados os custos relativos à ausência de movimentação de carga, impactando diretamente na produtividade. Apesar de haver manutenções corretivas programáveis e de baixo impacto, estas não foram consideradas no estudo, já que ocorreram de forma pontual durante todo o período de estudo, possuindo valor não significativo;
- Foram considerados como tipo de estratégia de manutenção apenas os cenários preventivos e corretivos, pois são os que mais se adequam à realidade da empresa atualmente. Qualquer alteração na cultura da empresa deve ser acompanhada pela área de recursos humanos,

uma vez que demandam alteração na forma operacional da empresa e a proposta do trabalho é sugerir o cenário ótimo dentro do contexto atual das operações já existentes

- O cenário selecionado, por meio de análise dos custos, foi o foco da atividade de manutenção levando em consideração a delimitação do estudo em questão, ou seja, área da máquina foco de estudo e componentes analisados, e por isso não deve ser adotado deliberadamente para todas as peças e componentes da máquina.

Após entendimento das premissas adotadas, pode-se compreender a forma com que foram calculados os custos globais. Para isso, foram selecionados seis cenários de análise para auxiliar na tomada de decisão.

Os cenários foram definidos pelas decisões de suprimentos (formar estoques versus não formar estoques) combinadas com os diferentes tipos de manutenção considerados e suas ramificações. Nesse sentido, a prática de terceirizar o serviço e a aquisição das peças foi considerada nos cenários, pois é comum no contexto atual da prestadora de serviços. A empresa contratada para tal atua no ramo de soluções e serviços de manutenção e venda de peças de reposição e consumíveis. Constatou-se, ao observar o histórico, que muitas das manutenções realizadas, sejam estas corretivas ou preventivas, se davam através da contratação do serviço de terceiros. Esse serviço, por sua vez, engloba a avaliação, orçamento, aquisição de peças necessárias, definidas pela avaliação, e o serviço de manutenção propriamente dito. Por esse motivo, nos cenários que consideram mão de obra terceirizada, não há formação de estoques.

Outro fator importante para o entendimento dos cálculos é o período considerado no estudo. Devido às divergências de tempo de médio entre reparos, de dois meses para a manutenção corretiva, calculado a partir do MTBF (Mean Time Between Failures ou Tempo Médio entre Falhas), e um mês e meio para a manutenção preventiva, originada do manual de usuário, foi utilizado um tempo de sete meses, já que é o período em que, ao mesmo tempo, seriam realizadas quatro manutenções corretivas e cinco manutenções preventivas.

Portanto, é importante salientar que o objetivo não foi apenas comparar e definir se o serviço de manutenção com mão de obra própria possui menor custo, ou não, em relação ao serviço, quando terceirizado. O objetivo foi, na verdade, analisar os custos globais em cada cenário, levando-se em consideração suas particularidades, para que, ao fim, houvesse uma ferramenta que apoiasse a tomada de decisão em relação à formação de estoques nos diferentes níveis de manutenção possíveis.

No Quadro 03 ilustra-se todos os cenários adotados e os custos que foram alocados em cada um deles. Uma breve explicação de cada um detes cenários é apresentada a seguir:

Quadro 03 - Cenários de análise do estudo

		DECISÕES DE SUPRIMENTOS	
		COM ESTOQUE	SEM ESTOQUE
DECISÕES DE MANUTENÇÃO	CORRETIVA INTERNA	<b>1</b> Custo da não-manutenção Custo de manutenção interna Custo de formação de estoque Custo do material Custo do pedido Custo de armazenagem	<b>2</b> Custo da não-manutenção Custo de manutenção interna Custo do material Custo do pedido
	CORRETIVA TERCEIRIZADA	N/A	<b>3</b> Custo da não-manutenção Custo de manutenção terceiro Custo do material Custo do pedido
	PREVENTIVA PRÓPRIA	<b>4</b> Custo de manutenção interna Custo de formação de estoque Custo do material Custo do pedido Custo de armazenagem	<b>5</b> Custo de manutenção interna Custo do material Custo do pedido
	PREVENTIVA TERCEIRIZADA	N/A	<b>6</b> Custo de manutenção terceiro Custo do material Custo do pedido

Fonte: Autoras (2018, adaptado de CALLEGARO (2010), FARIA E COSTA (2008), GORZONI (2005) e BRANCO FILHO (2006)).

O Cenário 1 corresponde à Manutenção corretiva interna com Estoque de peça de reposição, o qual integrou a manutenção corretiva com mão de obra própria à decisão de suprimento de manter peças em estoque próprio. Nesse cenário, a equipe de manutenção própria da empresa realizaria a manutenção com a peça de reposição estocada. O Cenário 2, Manutenção corretiva Interna sem Estoque de peça de reposição, aborda também a decisão de não-terceirização aliada a uma atitude reativa em relação à manutenção, ou seja, a aquisição das peças se daria só no momento em que a demanda pela mesma fosse estabelecida, após a ocorrência da falha. Assim, diferentemente do primeiro cenário, seria realizado o pedido emergencial e haveria custo nulo com estoque.

O Cenário 3 foi de Manutenção corretiva terceirizada sem Estoque de peça de reposição, no qual a postura reativa também estaria presente, entretanto, seria completamente terceirizada, desde o serviço até a aquisição de peças e seu controle.

Já no Cenário 4, Manutenção preventiva interna com Estoque de peça de reposição, há investimento em estoques para apoiar a realização de manutenções preventivas, a qual seria o tipo de manutenção em foco principal. Ao contrário deste, no Cenário 5, Manutenção preventiva interna sem Estoque de peça de reposição, seria adotada uma postura preventiva de manutenção

com decisão de suprimentos de não estocagem, objetivando reduzir os custos de estoque, assim como o Cenário 2.

Enfim, o Cenário 6, Manutenção preventiva terceirizada sem Estoque de peça de reposição, traz também a manutenção preventiva, o que reduziria o custo de estoque com um tempo de planejamento maior do que o Cenário 3. Nos cenários em que a mão de obra foi classificada como terceirizada, não foi considerada a decisão de suprimentos com estoque devido ao tipo de serviço ofertado pela empresa terceirizadora, caracterizado pela manutenção apenas com as peças trazidas por ela.

Em um contexto geral, a empresa em estudo pratica, de certa forma, uma combinação não estruturada destes cenários. Na atual conjuntura, onde há diversos equipamentos que amparam a movimentação de carga no porto, é economicamente inviável manter estoque de cada peça e componente, a fim de se proteger de eventuais falhas e das incertezas que permeiam os suprimentos, seja pelo longo *lead time*, atrasos, discrepâncias, entre outros. Ao focar o estudo nas pás-carregadeiras, mais especificamente ainda na manutenção do sistema hidráulico, o qual apresentou a maior ocorrência de falhas, com foco na mangueira, a qual obteve-se maior percentual de ausência de estoque, tem-se uma realidade que se assemelha principalmente com o Cenário 2.

#### 4.4.1. Modelos para cálculo dos cenários

Com base em estudos de Callegaro (2010), Faria e Costa (2008), Gorzoni (2005), e Branco Filho (2006) foi possível construir modelos para cálculo dos custos totais em cada cenário. Os quadrantes do Quadro 03 são compostos por componentes de custos, que somados, constituem os custos totais integrados entre manutenção e suprimentos ( $CTI_{m,s}$ ) calculado a partir do somatório do custo total de manutenção (CTM) e do custo total de suprimento (CTS) (Equação 01), sendo esta uma relevante contribuição do trabalho. Na Equação 02 e 03, estão descritos os componentes dos CTM e CTS, respectivamente.

$$CTI_{m,s} = \sum CTM + \sum CTS \quad \text{Equação 01}$$

$$\sum CTM = CT_{NMest} + CT_{NMnest} + CTM_{int} + CTM_{ter} \quad \text{Equação 02}$$

$$\sum CTS = C_{MAT} + CT_{ped} + C_{estq} + C_{Arm} \quad \text{Equação 03}$$

Já nas Equações de 04 a 09, estão descritos os modelos de cálculo para cada cenário do Quadro 03, respeitando as especificações de cada um quanto às decisões de manutenção e de suprimentos. Desse modo, alguns componentes dos custos totais (CTM e CTS) são

considerados nulos caso não se apliquem às restrições impostas por cada cenário. Cada variável de custos dos cenários está detalhada nas Equações de 10 a 18.

$$\text{Cenário}_1 = CT_{NMest} + CTM_{int} + C_{MAT} + CT_{ped} + C_{estq} + C_{Arm} \quad \text{Equação 04}$$

$$\text{Cenário}_2 = CT_{NMnest} + CTM_{int} + C_{MAT} + CT_{ped} \quad \text{Equação 05}$$

$$\text{Cenário}_3 = CT_{NMnest} + CTM_{ter} + C_{MAT} + CT_{ped} \quad \text{Equação 06}$$

$$\text{Cenário}_4 = CTM_{int} + C_{MAT} + CT_{ped} + C_{estq} + C_{Arm} \quad \text{Equação 07}$$

$$\text{Cenário}_5 = CTM_{int} + C_{MAT} + CT_{ped} \quad \text{Equação 08}$$

$$\text{Cenário}_6 = CTM_{ter} + C_{MAT} + CT_{ped} \quad \text{Equação 09}$$

Explodindo cada um desses componentes dos custos globais, tem-se diversas variáveis. Essa estrutura de custos explodida está disposta no Quadro 04, juntamente com as respectivas siglas correspondentes.

Quadro 04 - Estrutura de custos relacionados aos custos globais de manutenção e formação de estoques

<b>Componente dos custos globais</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Sigla</b>
Custos Totais da Não-manutenção ( $CT_{NM}$ )	Custo de parada de produção por hora (R\$)	$C_{pp}$
	Tempo de substituição da máquina (hrs)	$T_{sub}$
	Depreciação da máquina substituta (R\$/hr)	$Dep_{sub}$
	Tempo médio de reparo (interno ou externo) (R\$)	$T_R$
	Tempo médio de suprimento da peça (hrs)	$T_{sup}$
	Custo da mão de obra do operador por hora (R\$)	$C_{MDO}$
Custos Totais de Manutenção Interna ( $CTM_{int}$ )	Tempo médio de reparo (interno) (R\$)	$TR_{int}$
	Custo do Homem/Hora interno (R\$)	$HH_{int}$
	Quantidade de mantenedores	$Q_{MDO}$
Custos Totais de Manutenção Terceirizada ( $CTM_{ter}$ )	Tempo médio de reparo (terceiro) (R\$)	$TR_{ter}$
	Custo do Homem/Hora terceiro (R\$)	$HH_{ter}$
	Quantidade de mantenedores	$Q_{MDO}$
Custo do Material ( $C_{mat}$ )	Valor de compra da peça ou componente (R\$)	$Pç$
Custo Total do Pedido ( $CT_{ped}$ )	Custo do pedido unitário (R\$)	$Ped_{uni}$
	Número de pedidos	$Q_{ped}$
	Valor de frete emergencial	$F_{emerg}$
Custo de Formação de Estoque ( $C_{estq}$ )	Estoque médio	$E_M$
	Tempo em estoque	$T_{estq}$
Custo Total de Armazenagem	Tempo em estoque	$T_{estq}$

(CT <sub>arn</sub> )	Custo total de armazenagem (R\$)	C <sub>Arm</sub>
	Volume das peças	V <sub>p</sub>
	Dimensão do armazém (m <sup>2</sup> )	Dim
Fonte: Autoras (2018, adaptado de CALLEGARO (2010), FARIA E COSTA (2008), GORZONI (2005) e BRANCO FILHO (2006)).		

Os custos da não-manutenção podem ser calculados de duas formas, tendo em vista o contexto produtivo da empresa em estudo. Para os casos onde há formação de estoque, ou seja, a peça de reposição está disponível no momento em que surge a demanda da manutenção, calcula-se por meio da Equação 10.

$$CT_{NMest} = (C_{PP} + C_{MDO}) * T_R \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

$CT_{NMest}$  - Custos totais da não-manutenção com peça de reposição com disponibilidade imediata

$C_{PP}$  - Custo de parada de produção por hora

$C_{MDO}$  - Custo da mão de obra no operador da máquina de obra por hora

$T_R$  - Tempo médio de reparo

Entretanto, quando não há peças de reposição disponíveis imediatamente no momento em que surge a demanda na área de manutenção, a empresa em estudo adota a prática de substituir a máquina em estado de pane (após ocorrência da falha) por uma outra máquina, chamada aqui de máquina substituta, enquanto a máquina em pane aguarda suprimento da peça e a manutenção em si. Para essa possibilidade de substituição da máquina em falha, não foi encontrado um estudo, na literatura, que considerasse para cálculo do custo de não manutenção, o tempo de substituição da máquina ao invés do tempo de reposição da peça e reparo da máquina. Dessa forma, a equação de não manutenção foi adaptada para esse contexto, constituindo uma contribuição do trabalho. Assim, devem ser considerados no modelo de custos de não-manutenção os custos associados ao uso dessa segunda máquina, como depreciação. A Equação 11 representa esse modelo.

$$CT_{NMnest} = (C_{PP} + C_{MDO}) * T_{sub} + (T_{sup} + T_R) * Dep_{sub} \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

$CT_{NMnest}$  - Custos totais da não-manutenção com peça de reposição sem disponibilidade imediata

$C_{PP}$  - Custo de parada de produção por hora

$C_{MDO}$  - Custo da mão de obra no operador da máquina de obra por hora

$T_{sub}$  - Tempo de substituição da máquina

$T_{sup}$  - Tempo médio de suprimento da peça de reposição

$T_R$  - Tempo médio de reparo

$Dep_{sub}$  - Valor da depreciação da máquina substituta por hora

O processo produtivo da empresa estudada se divide em duas vertentes: movimentação de grãos e movimentação de fertilizantes. Assim, foram calculados os custos com paradas de produção tanto para a movimentação de fertilizantes quanto para a de grãos. Cada *commodity* possui suas particularidades quanto à densidade, portanto, a capacidade de movimentação é diferente entre ambas. O mesmo pode ser dito quanto ao preço de venda e à margem de lucro de cada um. Desse modo, O Custo de parada de produção ( $C_{PP}$ ) é dado pela Equação 12 (GORZONI, 2005).

$$C_{PP} = M_{lucro} * CA_P \quad \text{Equação 12}$$

Onde:

$C_{PP}$  - Custo de parada de produção por hora

$M_{lucro}$  - Margem de lucro por tonelada

$CA_P$  - Capacidade de movimentação de carga por hora

O Custo total de manutenção interna, com mão de obra da própria empresa, está representado pela Equação 13. Já a Equação 14 representa o modelo de cálculo do Custo total de manutenção terceirizada, quando a mão de obra utilizada provém da contratação de serviço de terceiros. Aqui, destaca-se que o tempo de reparo com mão de obra terceirizada ( $TR_{ter}$ ) tende a ser menor do que o tempo com mão de obra interna ( $TR_{int}$ ), pelo fato de, muitas vezes, o serviço terceirizado ser mais especializado na tarefa. Entretanto, esse fato é apenas uma tendência, não uma regra, podendo, portanto, haver exceções.

$$CTM_{int} = TR_{int} * HH_{int} * Q_{MDO} \quad \text{Equação 13}$$

Onde:

$CTM_{int}$  - Custo total de manutenção com mão de obra interna

$TR_{int}$  - Tempo médio de reparo (com MDO interna)

$HH_{int}$  - Custo do homem/hora interno

$Q_{MDO}$  - Quantidade de mantenedores

$$CTM_{ter} = TR_{ter} * HH_{ter} * Q_{MDO} \quad \text{Equação 14}$$

Onde:

$CTM_{int}$  - Custo total de manutenção com mão de obra interna

$TR_{int}$  - Tempo médio de reparo (com MDO interna)

$HH_{int}$  - Custo do homem/hora interno

$Q_{MDO}$  - Quantidade de mantenedores

O Custo do material é representado unicamente pelo custo da peça de reposição utilizada no serviço de manutenção, considerando impostos e taxas agregadas (Equação 15).

$$C_{MAT} = P\zeta \quad \text{Equação 15}$$

Onde:

$C_{MAT}$  - Custo do material

$P\zeta$  - Valor de compra da peça de reposição ou componente, com impostos

O Custo total do pedido da peça de reposição está representado na Equação 16. Nesse modelo, atenta-se para o valor do frete de emergência, que será cobrado apenas nos casos de manutenção corretiva quando não há estoque disponível da peça de reposição. Nos cenários que consideram manutenção preventiva, o pedido de peças, seja para formar estoques ou para uso imediato, não é emergencial, pois considera-se que há tempo suficiente para planejamento do pedido, para que este chegue com antecedência em relação ao momento planejado para a ocorrência da manutenção. Para tanto, destaca-se a importância da comunicação entre os setores de suprimentos e manutenção para alinhamento dessas necessidades.

$$CT_{ped} = Ped_{uni} * Q_{ped} * F_{emerg} \quad \text{Equação 16}$$

Onde:

$CT_{ped}$  - Custo total do pedido de peça de reposição

$Ped_{uni}$  - Custo do pedido unitário

$Q_{ped}$  - Número de pedidos no período

$F_{emerg}$  = Frete emergencial

Já para o Custo total de formação de estoque, tem-se a Equação 17. Além disso, devem ser considerados custos de Armazenagem, na Equação 18.

$$C_{estq} = E_M * T_{estq} \quad \text{Equação 17}$$

Onde:

$C_{estq}$  - Custo de formação de estoques

$E_M$  - Estoque médio no período

$T_{estq}$  - Tempo em estoque

$$C_{Arm} = T_{estq} * C_{arm} * \frac{V_{pc}}{Dim} \quad \text{Equação 18}$$

Onde:

$C_{Arm}$  - Custo total de armazenagem

$T_{estq}$  - Tempo em estoque no período

$V_{pc}$  - Volume da peça

$Dim$  - Dimensão do armazém em m<sup>2</sup>

#### 4.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Como explicitado nos cálculos apresentados na seção anterior, foram utilizados dois cenários de operação da máquina, além dos cenários propostos com suprimentos e manutenção: o de movimentação de fertilizante e outro de movimentação de grãos (soja e milho). Como resultado e alcance do objetivo da presente pesquisa, o cenário selecionado com o menor nível de custos, para movimentação de ambos os materiais, foi o Cenário 5, o qual retrata o cenário ótimo em termos de custos, correspondendo à decisão de suprimento de não estocagem, unida à decisão de não terceirização de manutenção preventiva.

Na Tabela 02 foi retratada, em termos percentuais, a comparação dos valores de custos globais dos cenários relativos ao cenário de menor custo. Como exemplificação, tem-se o Cenário 2 na operação de fertilizante. Este custo é 55,02% superior ao cenário de menor custo. Pode-se, por meio deste quadro, classificar quais as alternativas possíveis e menos custosas. Por exemplo, caso deva-se realizar uma manutenção corretiva que, porventura, aconteça fora do MTBF analisado da máquina, pode-se decidir que, caso não haja estoque da peça, no caso de grãos e fertilizantes, a manutenção corretiva interna constitui o menor custo dentro do contexto em que a máquina se encontra.

Tabela 02 - Comparação de custos totais relativos ao cenário de menor custo

	<b>Fertilizante</b>	<b>Grãos</b>
<b>Cenário 01 - Corretiva Interna x Com Estoque</b>	152,58%	30,10%
<b>Cenário 02 - Corretiva Interna x Sem Estoque</b>	55,02%	6,02%
<b>Cenário 03 - Corretiva Terceirizada x Sem Estoque</b>	61,50%	12,50%
<b>Cenário 04 - Preventiva Interna x Com Estoque</b>	1,23%	1,16%
<b>Cenário 05 - Preventiva Interna x Sem Estoque</b>	0,00%	0,00%
<b>Cenário 06 - Preventiva Terceirizada x Sem Estoque</b>	6,62%	6,62%

Fonte: Autoras (2018).

Ao realizar a análise dos valores individuais de cada componente dos custos globais - custos estes alocados nos cenários, no Quadro 03, percebeu-se que os custos detentores de maior representatividade ao final dos cálculos foram o custo do material e o custo da não-manutenção (Tabela 03). Como exemplo, pode-se demonstrar, no cenário de maior custo global, segundo apresentado na Tabela 03, o Cenário 1 para o fertilizante, o qual envolve o custo de não-manutenção e este representa 67,95% dos custos globais, assim como o Cenário 1 para grãos, onde o custo de material representa 60,14% dos custos totais desse cenário.

Tabela 03 - Representatividade dos componentes de custos nos custos globais do Cenário 1

	<b>Fertilizantes</b>	<b>Grãos</b>
<b>Custo da não-manutenção</b>	67,95%	37,78%
<b>Custo de manutenção interna</b>	0,44%	0,84%
<b>Custo de formação de estoque</b>	0,34%	0,67%
<b>Custo do material</b>	30,98%	60,14%
<b>Custo do pedido</b>	0,26%	0,50%
<b>Custo de armazenagem</b>	0,03%	0,06%

Fonte: Autoras (2018).

Por meio desta análise, observa-se que o impacto dessa representatividade, principalmente no custo da não-manutenção, afeta diretamente a capacidade de movimentação portuária. Não por acaso, há custos elevados quando ocorre interrupção do processo. A análise do menor custo, por conseguinte, acabou direcionando a uma escolha integrada de suprimentos e manutenção capaz de reduzir custos ao mesmo tempo em que aumenta a capacidade de movimentação portuária. Esse fato é representado pela seleção do Cenário 05 como ótimo, exatamente um cenário que não possui interferência negativa na operação, pelo fato de a manutenção preventiva ser realizada durante períodos de ociosidade da máquina.

Pode-se verificar, também, que a diferença entre o custo com impacto de não manutenção é a margem que justifica a necessidade de tempos de ociosidade da máquina, quando oportuno e controlado, para esses ajustes. Tal fato se explicita na prática de algumas

empresas de ocasionar regularmente uma grande manutenção programada para os equipamentos críticos, período no qual a operação é interrompida quando não há demanda, a fim de evitar custos sobressalentes e indesejáveis.

#### 4.6. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

De modo a analisar as divergências entre as análises integradas entre suprimentos e manutenção e suas análises independentes, foi realizada uma análise de sensibilidade a fim de calcular os custos totais para os custos que envolvem apenas manutenção e para os custos que envolvem apenas suprimentos. No Quadro 05 segmenta-se cada custo por abrangência, explicitando quais os custos considerados em cada análise de sensibilidade.

Quadro 05 - Abrangência dos utilizados nas análises

Custo	Abrangência	
	Suprimentos	Manutenção
Custo da não-manutenção		X
Custo de manutenção interna		X
Custo de manutenção terceiro		X
Custo do material	X	X
Custo do pedido	X	
Custo de formação de estoque	X	
Custo de armazenagem	X	

Fonte: Autoras (2018).

##### 4.6.1. Análise de Suprimentos

Quando analisados somente os custos relativos aos suprimentos, os cenários globais alteram significativamente. Como supracitado, a maior representatividade dos custos se dá pelos custos de não-manutenção e de material. Como o custo de material se mantém presente nos dois cenários, a retirada do custo de não manutenção trouxe para a posição ótima o Cenário 1, de decisão por manutenção corretiva interna e com estoque. A comparação dos demais custos globais nesse cenário em relação ao menor custo global do Cenário 1 encontra-se na Tabela 04. Pode-se perceber que os custos relativos à movimentação de fertilizante e grãos tornaram-se iguais, já que se diferenciavam apenas pelo custo de não-manutenção.

Tabela 04 - Comparação de custos relativos ao menor custo de suprimentos

	<b>Fertilizante</b>	<b>Grãos</b>
<b>Cenário 01 - Corretiva Interna x Com Estoque</b>	0,00%	0,00%
<b>Cenário 02 - Corretiva Interna x Sem Estoque</b>	5,36%	5,36%
<b>Cenário 03 - Corretiva Terceirizada x Sem Estoque</b>	5%	5%
<b>Cenário 04 - Preventiva Interna x Com Estoque</b>	25%	25%
<b>Cenário 05 - Preventiva Interna x Sem Estoque</b>	24%	24%
<b>Cenário 06 - Preventiva Terceirizada x Sem Estoque</b>	24%	24%

Fonte: Autoras (2018).

Quando em relação aos custos reais que tais decisões propostas impactariam, na Tabela 05 indica-se o percentual dos custos totais dos cenários integrados que não são considerados ao segmentar a análise. Percebe-se, dessa forma, a parte significativa dos custos que não são calculados, direcionando a uma tomada de decisão que não traria lucro máximo nem máxima capacidade de movimentação portuária, quando considerados apenas os custos relativos a suprimentos.

Tabela 05 - Comparação de custos totais de análise integrada sobre o custo total de análise apenas de suprimento

	<b>Fertilizante</b>	<b>Grãos</b>
<b>Cenário 01 - Corretiva Própria x Com Estoque</b>	216,35%	62,95%
<b>Cenário 02 - Corretiva Própria x Sem Estoque</b>	84,27%	26,03%
<b>Cenário 03 - Corretiva Terceirizada x Sem Estoque</b>	91,97%	33,73%
<b>Cenário 04 - Preventiva Própria x Com Estoque</b>	1,38%	1,38%
<b>Cenário 05 - Preventiva Própria x Sem Estoque</b>	1,39%	1,39%
<b>Cenário 06 - Preventiva Terceirizada x Sem Estoque</b>	8,11%	8,11%

Fonte: Autoras (2018).

#### 4.6.2. Análise de Manutenção

Da mesma forma como ocorreu na análise de suprimentos, na análise apenas de manutenção, foram calculados os custos totais por cenário, relativos ao menor custo, conforme apresentado na Tabela 06.

Tabela 06 - Comparação de custos relativos ao menor custo de manutenção

	<b>Fertilizante</b>	<b>Grãos</b>
<b>Cenário 01 - Corretiva Interna x Com Estoque</b>	153,05%	29,56%
<b>Cenário 02 - Corretiva Interna x Sem Estoque</b>	50,37%	0,97%
<b>Cenário 03 - Corretiva Terceirizada x Sem Estoque</b>	56,90%	7,50%
<b>Cenário 04 - Preventiva Interna x Com Estoque</b>	0,00%	0,00%
<b>Cenário 05 - Preventiva Interna x Sem Estoque</b>	0,00%	0,00%
<b>Cenário 06 - Preventiva Terceirizada x Sem Estoque</b>	6,67%	6,67%

Fonte: Autoras (2018).

Apesar de um dos cenários de menor custo resultar no mesmo cenário selecionado durante a análise integrada, não há decisão relativa ao estoque, o que poderia gerar indecisão e provável seleção de um cenário com estoque, o que traria custos maiores e não seriam a melhor opção em relação à análise integrada. Os custos relativos à não-análise de suprimentos são explicitados em percentual em relação ao valor da análise integrada, mostradas no Tabela 07. Esses valores, como dito anteriormente, não seriam de conhecimento de quem estivesse analisando, direcionando uma interpretação incorreta dos dados e ocasionando surpresas desagradáveis quando implementado o modelo aparentemente melhor.

Tabela 07 - Comparação de custos totais de análise integrada sobre o custo total de análise apenas de manutenção

	<b>Fertilizante</b>	<b>Grãos</b>
<b>Cenário 01 - Corretiva Própria x Com Estoque</b>	0,64%	1,24%
<b>Cenário 02 - Corretiva Própria x Sem Estoque</b>	3,94%	5,87%
<b>Cenário 03 - Corretiva Terceirizada x Sem Estoque</b>	3,78%	5,51%
<b>Cenário 04 - Preventiva Própria x Com Estoque</b>	2,06%	2,06%
<b>Cenário 05 - Preventiva Própria x Sem Estoque</b>	0,82%	0,82%
<b>Cenário 06 - Preventiva Terceirizada x Sem Estoque</b>	0,77%	0,77%

Fonte: Autoras (2018).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário atual da empresa em estudo originou insatisfação na operação pelo alto índice de falhas das máquinas pás carregadeiras. Uma análise detalhada identificou o problema principal e mostrou como a integração de decisões entre suprimentos e manutenção poderia

auxiliar no aumento da capacidade de movimentação portuária. Para auxiliar no problema em questão, foram primeiramente classificadas as manutenções ocorridas, com posterior organização e tomada de decisão da parte em análise, aquela que traria maiores impactos na capacidade de movimentação quando definido um cenário de manutenção e suprimentos adequado e de forma consciente.

Após analisar os dados, uma metodologia de custos foi gerada e aplicada com base em outros autores identificados na literatura, a fim de que os dois conceitos, suprimento e manutenção, pudessem se relacionar na teoria, fato pouco abrangido na literatura atual. A partir disso, diversas fórmulas foram analisadas e propostas para construção de um modelo de cálculo de custos consistente que pudesse ser replicada para outras empresas e equipamentos. Seis cenários com diversas combinações entre os dois tópicos de estudo (suprimentos e manutenção) foram propostos e atribuídos os custos específicos a cada um dos cenários, com o auxílio da base teórica criada. Após analisar cada cenário proposto, concluiu-se que a melhor solução para a empresa, no momento em que objetiva reduzir custos e aumentar a capacidade portuária, para as mangueiras do sistema hidráulico da pá carregadeira, seria a utilização principal de manutenção preventiva na peça estudada, assim como a decisão de não estocagem, conforme o Cenário 05 proposto.

Como citado anteriormente, há também outro fator subjetivo que impacta na percepção do cliente em relação à empresa em larga escala, o qual, dependendo da capacidade de movimentação portuária, pode ser positivo ou negativo. Este é o caso das taxas de *demurrage* e *dispatch*, as quais trazem em si taxas na ordem de milhões de dólares por atrasos ou antecipações de navios. No caso do cenário 05 escolhido, por ser manutenção preventiva, também possui o bônus de não interromper a operação em horário inoportuno, nem atrasar a descarga do navio de fertilizante. Assim, traz-se o benefício da possibilidade de aplicação da taxa de *dispatch*, benefício para o cliente por não atrasar, ou pelo menos não pagar o *demurrage*, ônus por não realizar a descarga no período acordado, o que acarreta uma imagem positiva da empresa em relação aos clientes.

Tal resultado fora o melhor para o problema em questão, entretanto, deve-se considerar que ainda pode ser necessário um cenário alternativo ao selecionado, tanto para a ocorrência de imprevistos na mesma parte de estudo quanto para a ocorrência regular das demais peças que podem ser estudadas no equipamento. Devido às particularidades inerentes à cada componente do maquinário e às incertezas da gestão de estoque e da confiabilidade dos materiais, o resultado obtido não apresentou 100% de assertividade, entretanto, pode auxiliar e servir de base consolidada para a tomada de decisão, observando-se diferentes cenários e pontos de vista, já

que o resultado não apenas demonstrou o melhor, mas comparou todos os custos, possibilitando essa flexibilização. Dessa forma, sugere-se um estudo detalhado similar a esse para cada componente e parte da máquina, a fim de gerar uma base de dados confiável para tomada de decisão, não apenas da peça de maior frequência de ocorrência de falhas no momento, mas para todas aquelas que se tornarem relevantes e críticas.

Em relação à análise de sensibilidade realizada de forma independente, ressalta-se que apenas o estudo da redução de custos e integração já potencializou um consequente aumento da capacidade de movimentação portuária, reduzindo o número de paradas por manutenção e aumentando a disponibilidade dos ativos. Dessa forma, com a comparação do impacto de custos que teriam ao realizar o estudo independente e o estudo integrado, alcançou-se o principal objetivo proposto ao presente trabalho, já que a influência das decisões em conjunto entre suprimentos e manutenção foi pontuada nessa análise.

Outra proposta à empresa, além da adoção desse modelo de manutenção e suprimentos, seria a melhoria do sistema de despoeiramento, presente nos locais de uso do equipamento. Devido à alta sensibilidade da peça estudada, a magueira, a partículas em suspensão, um estudo a ser feito deve ser a análise de viabilidade econômica para a implantação desse sistema de despoeiramento em detrimento do aumento da vida útil da mangueira do sistema hidráulico.

Como aditivo, pode-se verificar a viabilidade da implantação do sistema de manutenção autônoma rotineira, onde essas mangueiras seriam mantidas pelos próprios operadores, sendo possível a limpeza e consequente aumento de vida útil da mangueira estudada. Tal alteração evitaria investimento com o sistema de despoeiramento, mas exigiria investimento em treinamento e conscientização de sentimento de dono pelos operadores da máquina, o que demandaria tempo para apresentar resultados concretos, já que atinge a área de recursos humanos.

Além da aplicação na empresa estudada, a metodologia proposta, em especial o modelo de cálculo dos custos, pode ser replicada por diversas outras empresas, considerando-se diversas operações, contextos e cenários. A partir da consolidação do referencial e a integração das áreas de suprimento e manutenção como metodologia e com a criação do modelo de cálculos citado anteriormente, o presente trabalho criou uma forma de simplificar a integração dessas áreas, possibilitando o aumento do número de publicações relacionando essas áreas em questão de custos, incentivando o aumento do acervo da literatura pouco explorada até o presente momento. Além disso, o estudo também contribuiu com a criação de um modelo de custos que considere a possibilidade de substituição da máquina quando em falha, ao invés de considerar o tempo de reposição da peça e reparo da máquina, uma vez que tal abordagem não foi

encontrada na literatura, tanto no sentido integrado, quanto no sentido individual de manutenção. Tal alteração se aplica a empresas que possuem máquinas com folgas em sua utilização no processo, além de possibilidade de alteração de posicionamento. Para os demais casos, entretanto, deve-se considerar o modelo usual, anulando as variáveis que consideram essa substituição, mantendo as demais como descritas no modelo proposto.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5462: **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- AGROCONSULT. Resultados Safra de Soja – Raly da Safra. 2018. Disponível em: <http://form.rallydasafra.com.br/safra-soja-2018>. Acesso em: 25 jul. 2018.
- AGROLINK. **Frete continua a subir em fevereiro**. Disponível em: [http://www.circuloverde.com.br/index.php?pag=ver\\_noticia&id=29](http://www.circuloverde.com.br/index.php?pag=ver_noticia&id=29). Acesso em 28 jul. 2018.
- AZEVEDO, A. P. F; GOUVÊA, J. B. **Custeio por Absorção X Custeio ABC**. 2006. Disponível em: [https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/871\\_CUSTEIO%20POR%20ABSORCAO%20X%20CUSTEIO%20ABC.pdf](https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/871_CUSTEIO%20POR%20ABSORCAO%20X%20CUSTEIO%20ABC.pdf). Acesso em: 25 out. 2018.
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial: transportes, administração de matérias, distribuição física**. São Paulo: Atlas, 2007.
- BERSSANETI, F. T. **Gerenciamento da capacidade produtiva de um sistema de educação a distância: coordenação das funções manutenção e gestão de contratos**. Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- BERTOLDE, A. I; XAVIER JÚNIOR, W. P. Uma comparação de métodos de previsão de demanda de peças de reposição: uma aplicação ao transporte ferroviário. **Revista Gestão Industrial**. Paraná, v. 9, n. 3, p. 535-551, 2013.
- BRAGA, A. **Evolução estratégica do processo de compras ou suprimentos de bens e serviços nas empresas**. UFRJ, 2006. Disponível em: [http://www.coppead.ufrj.br/pt-br/upload/publicacoes/ArtLog\\_AGO\\_2006.pdf](http://www.coppead.ufrj.br/pt-br/upload/publicacoes/ArtLog_AGO_2006.pdf). Acesso em: 29 maio 2018.
- BRANCO FILHO, G. **Indicadores e Índices da Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.
- BRANCO FILHO, G. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.
- BRASIL. **Movimentação nos portos brasileiros cresce em 2017**. 2017. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/07/movimentacao-nos-portos-brasileiros-cresce-em-2017>. Acesso em: 16 março 2018.
- CABRAL, J. P. S. **Organização e Gestão da Manutenção: dos conceitos à prática**. 6ª Edição. Lisboa: Lidel. 2006.
- CABRAL, J. P. S. **Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios**. 3. ed. São Paulo: Editora Lidel - Zamboni, 2013.
- CALLEGARO, A. *Forecasting methods for spare parts demand*. Pádua: Universita Degli Studi di Padova, 2010.
- CAPS RESEARCH. *Summary review: Cross-industry report of standard benchmarks*. 2012. Disponível em: <https://kresgeguides.bus.umich.edu/c.php?g=204290&p=1347949>. Acesso em: 10 de maio de 2018.

- CATTINI, O. **Derrubando os Mitos da Manutenção**. São Paulo: STS Publicações e Serviços Ltda., 1992.
- CHIU, H. N.; HUANG, B. S. *The economic design of  $x$  control charts under a preventive maintenance policy*. *International Journal of Quality & Reliability Management*. Cambridge, v. 13, n.1, p. 61-71, 1996.
- CHRISTOPHER, M. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços**. São Paulo: Pioneira, 1997.
- CNT, Confederação Nacional do Transporte. **Movimentação portuária cresce 8,3% em 2017. 2018**. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/imprensa/Noticia/movimentacao-portuaria-cresce-%208,3-em-2017>. Acesso em 16 março 2018.
- COHEN, M. A.; LEE, H. L. *Out of touch with customer needs? spare parts and after sales service*. *Sloan Management Review*, v. 31, n. 2, p. 55–66, 1990.
- CREPALDI, S. A. **Contabilidade gerencial: teoria e prática**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- DING, S; KAMARUDDIN, S. *Maintenance policy optimization: literature review and directions*. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Penang, v. 76, n. 5-8, p. 1263–1283, 2015.
- DUBOIS, A; KULPA, L; SOUZA, L. E. **Gestão de custos e formação do preço: conceitos, modelos e instrumentos: abordagem do capital de giro e da margem de competitividade**. São Paulo: Atlas, 2006.
- FARIA, A. C.; COSTA, M. F. G. **Gestão de custos logísticos: custeio baseado em atividades (ABC), balanced scorecard (BSC), valor econômico agregado (EVA)**. São Paulo: Atlas, 2008.
- FOERSTL, K; HARTMANN, E; WYNSTRA, F; MOSER, R. *Cross-functional integration and functional coordination in purchasing and supply management*. *International Journal of Operations & Production Management*. v. 33. n. 6. p. 689-721. 2013.
- FORTUIN, L. *The All-Time Requirement of Spare Parts for Service After Sales—Theoretical Analysis and Practical Results*. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 1, n. 1, p.59-70. 1980.
- FORTUIN, L.; MARTIN, H. *Control of service parts*. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 1. n. 9, p. 950-971. 1999.
- FREIRE, P. S. D. **A manutenção centrada na confiabilidade (MCC) aplicada em um ambiente organizacional gerenciado pela manutenção produtiva total (MPT)**. 2012. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p.
- GOES FILHO, H. A. Notas de aula da disciplina Planejamento portuário. 2008. **Curso de pósgraduação em engenharia portuária**. Escola politécnica de engenharia, UFRJ.
- GONÇALVES, M. R; BORGES, B. S; FONSECA, D. C. S; ALMEIDA, M. P. P; FERREIRA, N. L; SANTOS JUNIOR, V. *Análise da Gestão de Custos Aplicada em uma Empresa Informal de Trufas*. **Revista Científica Doctum Multidisciplinar**. v. 1. n. 1. p. 1-19. Minas Gerais, 2018.

- GORZONI, V. S. **Custos da não manutenção em empresa de autopeças: um estudo de caso**. 2005. 133 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Piracicaba, 2005.
- GUARNIERI, P.; HATAKEYAMA, K. Formalização da logística de suprimentos: caso das montadoras e fornecedores da indústria automotiva Brasileira. **Produção**. v. 20. n. 2. p. 186-199. São Paulo, 2010.
- GULATI, R. **Maintenance and Reliability Best Practices**. New York: Industrial Press, 2009.
- HEINRITZ, S. F; FARREL, P. V. **Compras: princípios e aplicações**. São Paulo: Atlas, 1983. 460 p.
- HORACIO, J. A; COELHO, L. B. **A importância da gestão de custos na era da globalização**. 2014. Disponível em: [http://www.academia.edu/8459984/A\\_IMPORT%C3%82NCIA\\_DA\\_GEST%C3%83O\\_DE\\_CUSTOS\\_NA\\_ERA\\_DA\\_GLOBALIZA%C3%87%C3%83O](http://www.academia.edu/8459984/A_IMPORT%C3%82NCIA_DA_GEST%C3%83O_DE_CUSTOS_NA_ERA_DA_GLOBALIZA%C3%87%C3%83O). Acesso em: 20 out. 2018.
- HORNER, R. M. W; EL-HARAM, M. A.; MUNNS, A. K. *Building maintenance strategy: a new management approach*. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**. Dundee, v. 3, n. 4, p. 273-280, 1997.
- HORNGREN, C. T; FOSTER; DATAR, S. M. **Contabilidade de custos**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- IBGE. **PIB avança 1,0% em 2017 e fecha ano em R\$ 6,6 trilhões**. 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/20166-pib-avanca-1-0-em-2017-e-fecha-ano-em-r-6-6-trilhoes.html>. Acesso em 16 março 2018.
- ILOS. **Custos Logísticos no Brasil**. 2017. Disponível em: <http://www.ilos.com.br/web/analise-de-mercado/relatorios-de-pesquisa/custos-logisticos-no-brasil/>. Acesso em: 16 de março de 2018.
- KARDEC, A; LAFRAIA, J. **Gestão Estratégica e Confiabilidade**. Rio de Janeiro, 2002. Qualitymark: ABRAMAN. 80 f.
- KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção Função Estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2012.
- KREVER, M; WUNDERINK, S; DEKKER, R; SCHORR, B. *Inventory control based on advanced probability theory, an application*. **European Journal of Operational Research**, v. 162, n. 2, p. 342–358, 2003.
- KUMAR, S. **Parts Management Models and Applications**. New York: Springer, 2005.
- LAMBERT, D. M; COOPER, M. C; PAGH, J. D. *Supply Chain Management: Implementation issues and research opportunities*. **The International Journal of Logistics Management**, v. 9, n. 2, p. 1-19, 1998.
- LIMA, J. N; AMANTÉA, R. P. Análise da capacidade produtiva de um processo de manutenção por meio da simulação de eventos discretos. **VII CONBREPRO - Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa-PR, dezembro, 2017.
- LOPES, O. A. **Falhas logísticas no transporte agropecuário brasileiro: o transporte da soja em grãos**. Pós-graduação em Agronegócio. Departamento de Economia Rural e Extensão. Universidade Federal do Paraná. 2013.

- MADU, C. N. *Competing through maintenance strategies. International Journal of Quality & Reliability Management*. New York, v. 17, n. 9, p. 937-949. 2000.
- MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- MARCORIN, W. R; LIMA, C. R. C. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de Ciência & Tecnologia**. Santa Bárbara d'Oeste, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003.
- MARTINS, E. Contabilidade de custos. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2015.
- MENDES, A. V. C. **Logística Integrada: um estudo de casos no Centro de Tratamento de Encomendas dos Correios do Maranhão**. Universidade Federal do Maranhão. São Luis, 2017.
- MENTZER, J.T.; STANK, T. P.; ESPER, T. L. *Supply chain management and its relationship to logistics, marketing, production, and operations management. Journal of Business Logistics*. v. 29 n. 1, p. 31-46, 2008.
- MIRANDA, W; LIMA, O. Aplicação da manutenção preditiva baseada na análise de lubrificantes e de parâmetros operacionais para a detecção de falhas em motores diesel de equipamentos de construção. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação – COBEF. 9. 2017. Joinville. **Anais...** Joinville: Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas. 2017.
- MUCKSTADT, J. A. *Analysis and Algorithms for Service Parts Supply Chains*. New York: Springer, 2004. 277 p.
- MURTY, A. S. R; NAIKAN, V. N. A. *Availability and maintenance cost optimization of a production plant. International Journal of Quality & Reliability Management*. Cambridge, v. 12, n. 2, p. 28-35, 1995.
- NAGAO, S. K. **Manutenção Industrial – análise, diagnóstico e propostas de melhoria de performance em indústrias de processo**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia, Universidade de São Paulo USP, São Paulo, 1998.
- NAKANO, D. N. Métodos de pesquisa adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações. In: MIGUEL, P. A. C. (Org.). **Métodos de pesquisa adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.
- NOTÍCIAS AO MINUTO. **Alta do PIB: dez fatores que explicam a recuperação da economia em 2017. 2018.** Disponível em: <https://www.noticiasao minuto.com.br/economia/549515/alta-do-pib-dez-fatores-que-explicam-a-recuperacao-da-economia-em-2017>. Acesso em: 16 março 2018.
- OLIVEIRA, A. L. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. **Restructuring of the corn supply chain in Brazil: facing the challenges in logistics or regulation of biotechnology. The International Food and Agribusiness Management Review**, v. 16, p. 1-24, 2013.
- PAPIC, A; ARONOV, J; PANTELIC, M. *Safety Based Maintenance Concept. International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*. Brisbane, v. 16, n. 6, p. 533-549, 2009.
- REGO, J. R. **A Lacuna Entre a Teoria de Gestão de Estoques e a Prática Empresarial na Reposição de Peças em Concessionárias de Automóveis**. 115 p. Dissertação

(Mestrado). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo USP, São Paulo, 2006.

REGO, J. R.; MESQUITA, M. A. **Controle de estoque de peças de reposição: uma revisão da literatura**. Produção [online]. São Paulo, v. 21, n. 4, p. 645-655, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/prod/v21n4/AOP\\_T6\\_0001\\_0308.pdf](http://www.scielo.br/pdf/prod/v21n4/AOP_T6_0001_0308.pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2018.

SANTOS, B. N. **Otimização de estoques para itens reparáveis de manutenção: um estudo de caso de uma empresa de papel e celulose**. Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ. Jan, 2018.

SARANGA, H.; MOSER, R. *Performance evaluation of purchasing and supply management using value chain DEA approach*. *European Journal of Operational Research*. v. 207. n. 1. p. 197-205. Nov, 2010.

SILVA, G. L. C. **Modelo de estoque para peças de reposição sujeitas à demanda intermitente e lead time estocástico**. 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SILVA, L.; MENEZES, E. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Manual de orientação**. Florianópolis, 2005.

SILVA, S. D. **A utilização de jogos de empresa como instrumento pedagógico de apoio à formação profissional da área portuária**. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, S. I. C. T. **Gestão da Manutenção de Equipamentos Portuários**. Escola Superior Náutica Infante D. Henrique. Trabalho de Projeto para obtenção do grau de mestre em Gestão Portuária. Abril, 2014.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SPIEGEL, T.; ANDRADE, E. A. T.; MORAES, A. B. B.; CAULLIRAUX, H. M. Análise da movimentação de carga e uma operação portuária: um estudo de caso. **XXXI ENEGEP**, 2011.

TEIXEIRA, F. C. R. **Avaliação de métodos de séries temporais aplicados na previsão de demanda de peças de reposição: uma aplicação em dados de uma empresa automobilística**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Metodista de Piracicaba. Santa Barbara D'oeste, 2014.

TSANG, A. H. C. *Condition-based maintenance: tools and decision making*. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Hong Kong, v. 1, n. 3, p. 3-17, 1995.

VIANA, H. R. G.; RIBEIRO, J. L. D. Fatores de sucesso na gestão da manutenção de empresas mineradoras. **Revista Gestão Industrial**. Ponta Grossa, v. 13, n. 2, p. 1-20. 2017.

VIEIRA, D. G.; LIMA, G. B. A.; SANT'ANNA, A. P. Método de solução de problemas na gestão de suprimentos: utilização de regressão logística para análise das causas de atrasos no recebimento de materiais. **Exacta**. v. 13. n. 1. p. 115-131. São Paulo, 2015.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

ZAFALON, M. **Soja reassume liderança na balança comercial**. 2018. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/colunas/vaivem/2018/03/soja-reassume-lideranca-na-balanca-comercial.shtml?loggedpaywall?loggedpaywall>. Acesso em: 16 março 2018.

ZANATTA, J. M; NEUHAUS, F. T; EIFERT, L. C; AZEVEDO, P. D. Impacto financeiro de um investimento de automação em uma empresa do ramo moveleiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**. Betim, v. 15. n. 2. p. 232-239, 2017.



Centro de Ciências Naturais e Tecnologia Curso de  
Graduação em Engenharia de Produção Tv. Enéas Pinheiro,  
n° 2626 - Marco  
CEP: 66095-100 Belém - PA  
[www.uepa.br](http://www.uepa.br)