



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

EDUARDO VINÍCIUS SILVA FURETTI

**ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DOS PRINCIPAIS CUSTOS REFERENTES AO
TRANSPORTE RODOVIÁRIO PORTO/FÁBRICA DE INSUMOS E PRODUTOS
ACABADOS: um estudo de caso**

Caruaru
2019

EDUARDO VINÍCIUS SILVA FURETTI

**ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DOS PRINCIPAIS CUSTOS REFERENTES AO
TRANSPORTE RODOVIÁRIO PORTO/FÁBRICA DE INSUMOS E PRODUTOS
ACABADOS: um estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Pesquisa Operacional

Orientador: Prof^o Dr. José Leão e Silva

Co-orientador: Prof^a Dr. Maísa Mendonça Silva

Caruaru
2019

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

F983e Furetti, Eduardo Vinícius Silva.
Estratégias de redução dos principais custos: referentes ao transporte rodoviário
porto/fábrica de insumos e produtos acabados: um estudo de caso. / Eduardo Vinícius
Silva Furetti. - 2019.
53 f.; il.: 30 cm.

Orientador: José Leão e Silva.
Coorientadora: Maisa Mendonça Silva.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA, Engenharia de Produção, 2019.
Inclui Referências.

1. Custo de produção. 2. Fretes. 3. Cabotagem (Transporte de carga). 4.
Análise modal. 5. Programação inteira. I. Silva, José Leão e (Orientador). II. Silva,
Maisa Mendonça (Coorientadora). III. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-316)

EDUARDO VINÍCIUS SILVA FURETTI

**ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DOS PRINCIPAIS CUSTOS REFERENTES AO
TRANSPORTE RODOVIÁRIO PORTO/FÁBRICA DE INSUMOS E PRODUTOS
ACABADOS: um estudo de caso**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 10/12/2019.

Profº. Dr. José Leão e Silva Filho (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Lucimário Góis de Oliveira Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Thyago Celso Cavalcante Nepomuceno (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

Na conjuntura logística brasileira, o modal rodoviário é o mais amplamente utilizado, com participação superior a de todos os outros modais juntos. Entretanto, os desafios enfrentados na utilização desse modal são enormes. A infraestrutura das estradas, o alto risco de acidentes, os crimes envolvendo roubo de cargas e a capacidade incompatível e insuficiente de fiscalização fazem com que o país figure entre os países que possuem o maior risco logístico do planeta, maior, inclusive, do que o risco logístico de alguns países que estão ou estiveram em guerra recentemente. Esse cenário faz com que o custo logístico cresça, aumentando o valor total dos produtos, diminuindo, assim, a competitividade do produto nacional a nível global. Considerando questões geográficas e a evolução na infra-estrutura, o modal marítimo tem sido cada vez mais utilizado como aliado dos players de mercado para aumentar a eficiência do transporte. Uma das características do modal marítimo é a necessidade de integração com um segundo modal para a realização do transporte das mercadorias para os portos de origem e dos portos de destino até o cliente final. Quando uma empresa possui um alto volume de operações envolvendo o transporte de contêineres, grandes oportunidades de redução de custos na ponta rodoviária surgem. O presente trabalho explorou, por meio de um estudo de caso, três aplicações de estratégias cujo objetivo é aumentar a eficiência em custos da ponta rodoviária de movimentação de contêineres. Como resultados, a utilização de veículos especiais para união, no porto, de insumos leves e pesados para posterior entrega na fábrica mostrou uma capacidade de redução no número de fretes a serem pagos, trazendo *saving* para a empresa. A utilização de frota própria mostrou potencial para reduzir custos e trazer lucro para empresa, entretanto existem diversos desafios na esfera operacional. Como relação a operações casadas de frete, há grande potencial de redução de 25% nos fretes da ponta *outbound*. Um modelo de programação linear inteira foi desenvolvido para auxiliar a programação semanal de transporte e otimizar a quantidade de operações casadas possíveis.

Palavras-chave: Custo logístico. Frete. Cabotagem. modal marítimo. programação inteira.

ABSTRACT

In the Brazilian logistics conjuncture, the road mode is the most widely used, with participation higher than all other modes together. However, the challenges faced in using this mode are enormous. The infrastructure of the roads, the high risk of accidents, crimes involving cargo theft and the incompatible and insufficient capacity for surveillance make the country become one of the countries with the highest logistical risk on the planet, even higher than the logistical risk of some countries that are or have been at war recently. This scenario causes the logistic cost to increase, increasing the total value of the products, thus reducing the competitiveness of the national product globally. Considering the geographical aspects and developments in infrastructure, maritime modalities have been increasingly used as an ally of market players to increase transport efficiency. One of the characteristics of the maritime modal is the need for integration with a second mode for the transport of goods to the ports of origin and from ports of destination to the final customer. When a company has a high volume of operations involving container transportation, great opportunities for cost reduction at the roadside arise. The present work explored, through a case study, three applications of strategies whose objective is to increase the cost efficiency of the container handling road. As a result, the use of special vehicles for the union in the port of light and heavy raw materials for delivery to the factory showed a capacity to reduce the number of freights to be paid, reducing costs . The use of own fleet has shown potential to reduce costs and bring profit to the company, however there are several challenges in the operational sphere. Regarding joint freight operations, there is a great potential for 25% reduction in the *outbound* freight. A linear programming model has been developed to aid weekly transport scheduling and optimize the number of possible matched operations.

Keywords: Logistic cost. Freight. Cabotage. maritime modal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Disperção geográfica das indústrias no país.	18
Figura 2 - Gráfico das toneladas movimentadas pelo modal aquaviário no Brasil.	19
Figura 3 - Diagrama de causa e efeito.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadro comparativo da capacidade de carga dos modais de transporte	16
Tabela 2 - Movimentação do modal aquaviário no Brasil.....	19
Tabela 3 - Exemplo de demanda semanal.	37
Tabela 4 - Exemplo de programação semanal.....	37
Tabela 5 - Variáveis de decisão.....	38
Tabela 6 - Exemplo de demanda semanal 1.	45
Tabela 7 - Programação exemplo 1.	45
Tabela 8 - Restrições de demanda.	46
Tabela 9 - Restrições de capacidade.....	46
Tabela 10 - Demanda semanal, exemplo 2.....	46
Tabela 11 - Programação, exemplo 2.	47
Tabela 12 - Demanda semanal, exemplo 3.....	47
Tabela 13 - Demanda semanal, base para análise de sensibilidade.....	48
Tabela 14 - Programação, exemplo base.	48
Tabela 15 - Programação com diminuição da capacidade do centro de distribuição.....	48
Tabela 16 - Programação com aumento da capacidade do centro de distribuição.	49
Tabela 17 - Exemplo de aumento de demanda da categoria A.	49
Tabela 18 - Programação, eliminação da demanda da categoria A.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Justificativa	11
1.2	Objetivos	12
1.2.1	Objetivo geral.....	12
1.2.2	Objetivos específicos	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Logística e Cadeia de suprimentos	13
2.2	Modais de transporte	13
2.2.1	Modal rodoviário.....	14
2.2.2	Modal Ferroviário	14
2.2.3	Modal aéreo.....	14
2.2.4	Modal dutoviário.....	15
2.2.5	Modal hidroviário.....	15
2.3	Desdobramento histórico do modal hidroviário no Brasil	17
2.4	Modal hidroviário: Cenário brasileiro	18
2.5	Integração de transportes	20
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
3.1	Utilização de operações casadas para redução de frete	21
3.2	Unificação de fretes de diferentes insumos na operação de importação	23
3.3	Primarização do frete porto-porta	24
4	METODOLOGIA	26
5	ESTUDO DE CASO	27
5.1	Descrição da empresa	27
5.2	União de cargas leves e pesadas a operação <i>inbound</i> de importados	28
5.3	Primarização da operação de frete porto	30
5.4	Operações Porto	32
5.4.1	Importação de chumbo (<i>Inbound</i>).....	32
5.4.2	Importação de separador (<i>Inbound</i>)	33
5.4.3	Importação de diversos (<i>Inbound</i>)	33
5.4.4	Cabotagem reversa (<i>Inbound</i>).....	33
5.4.5	Exportação – (<i>Outound</i>).....	34
5.5	Considerações sobre operações casadas	34

5.6	Estruturação e programação semanal de operações casadas	35
5.6.1	Função Objetivo	39
5.6.2	Restrições	39
6	RESULTADO E DISCUSSÕES	43
6.1	União de cargas leves e pesadas	43
6.2	Primarização de fretes	44
6.3	Modelo de operações casadas	45
6.3.1	Testes do modelo de programação semanal de entregas e coletas.....	45
6.3.2	Análise de sensibilidade	48
7	CONCLUSÕES	51
	REFERÊNCIAS	52

I INTRODUÇÃO

Na conjuntura logística brasileira, o modal rodoviário tem participação predominante e decisiva. A sua relevância no transporte foi evidenciada na paralisação ocorrida entre maio e junho de 2018, quando a estrutura econômica, sem mencionar vários outros aspectos, foi abalada fortemente, mesmo nas atividades mais básicas e essenciais. A participação do modal rodoviário na matriz de transporte de cargas é maior do que a participação de todos os demais modais juntos, chegando a 61% (CNT, 2017).

É válido comparar o nível de relevância do modal rodoviário brasileiro a dimensão dos desafios que o mesmo enfrenta. As restrições de circulação existentes nos principais centros urbanos, a falta de manutenção das estradas, a dificuldade de acesso a determinadas localidades e a alta incidência de roubo de cargas figuram entre as principais dificuldades enfrentadas. O índice de risco de transporte de cargas no país varia de 2.1 (elevado) à 3.4 (muito alto), colocando o Brasil na sexta colocação no ranking global de risco, acima de países como Iran, Iraque e Israel. Essas questões, em sua maioria estruturais, fazem com que o modal rodoviário se torne mais custoso e menos eficiente, afetando decisivamente a competitividade da maioria dos produtos nacional e internacionalmente.

Na busca por alternativas para contornar as dificuldades expostas, é possível buscar a exploração dos demais modais de transporte. Nessa busca, o modal marítimo, que já é fortemente representativo no transporte de longo curso, vem ganhando cada vez mais força também na cabotagem (transporte marítimo dentro da costa nacional). O modal marítimo tem participação 12,6% na movimentação de cargas no Brasil (CNT, 2019), participação ainda baixa quando comparada à China (31%) e à União Europeia (37%) (ILOS, 2019). Para a empresa alvo do estudo de caso, há também um grande apelo a utilização do modal marítimo. Com sede em Pernambuco, a empresa está próxima de uma das maiores e mais estratégicas estruturas portuárias do país, o porto de Suape

Quando comparado ao modal rodoviário, o modal marítimo mostra-se mais vantajoso em alguns aspectos. A maior capacidade de transporte de carga, o custo relativamente reduzido de frete, o panorama geográfico e demográfico brasileiro e o apelo ambiental pelo consumo reduzido de combustível, fazem do transporte aquaviário uma alternativa plausível ao transporte rodoviário (GONÇALVES, 2017). Dessa forma, com a redução dos riscos e custos no transporte de cargas, eleva-se consideravelmente a competitividade dos produtos no mercado.

O modal marítimo, entretanto, tem como uma de suas principais características a necessidade de integração com um segundo modal. No Brasil, a integração ocorre principalmente com o modal rodoviário. Esse fator muda a complexidade do gerenciamento logístico.

Nesse contexto, a utilização do modal marítimo associada a boa gestão da ponta rodoviária pode trazer ganhos expressivos para a cadeia logística, seja no frete de venda, na importação de insumos ou na logística reversa. Esse, gerenciamento deve levar em conta os principais custos extras envolvidos na operação portuária e as oportunidades de redução na ponta de frete através da adoção de algumas estratégias.

Este trabalho de conclusão de curso tem por objetivo criar um modelo de otimização para realizar a programação semanal de contêineres de modo a minimizar o custo de frete para uma empresa de baterias, além de tratar de problemáticas e oportunidades existentes dentro das suas operações de movimentação de contêineres.

1.1 Justificativa

A problemática que envolve a união de cargas leves e pesadas foi mencionada devido a observação de uma grande oportunidade de redução de custos para a empresa, tendo em vista o alto volume em contêineres. Para a união de cargas leves e pesadas, a sugestão foi dada com base na observação e do benchmarking, foi analisada a possibilidade de realizar determinada operação de forma diferente e menos custosa. É uma aplicação do ver e agir.

Com relação a primarização do frete. A prática já é adotada na empresa para a operação de movimentação de contêineres, embora que ainda de forma embrionária. A problemática é citada no texto devido às grandes dificuldades enfrentadas pela empresa de iniciar suas operações próprias de transporte de contêineres, mesmo possuindo transportadora dedicada dentro do grupo ao qual pertence. Dentro da gestão da qualidade, o diagrama de causa e efeito foi aplicada pelo fato de ainda não haverem dados numéricos suficientes e também no intuito de provocar reflexão a respeito das principais dificuldades enfrentadas para torna essa estratégia eficiente.

A problemática de operações casadas é tratada de forma central no texto tendo em vista o enorme potencial de geração de *saving*, na diminuição do fluxo de veículos nas operações internas da fábrica e no aumento da disponibilidade de veículos em épocas de pico que as

operações casadas, ou seja, as operações nas quais o veículo e o contêiner da operação *inbound*, é utilizado na operação *outbound*. Nas operações casadas foi utilizado o método de otimização baseado em heurística pela possibilidade de adequar a problemática a uma linguagem matemática compatível e sem perdas consideráveis de informação com relação a operação na prática, possibilitando, assim, a obtenção de resultados efetivos e, principalmente, aplicáveis a realidade da empresa em questão.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar um modelo de otimização para programação de operações de movimentação de contêineres visando maximizar o *saving* de frete a partir de operações de reaproveitamento de contêineres (operações casadas).

1.2.2 Objetivos específicos

- Detalhar problemáticas e oportunidades, no tocante a gestão do custo de frete das operações de movimentação de contêineres de uma empresa de baterias;
- Discutir a construção de um modelo de otimização para a problemática de maximização do *saving* na programação semanal de movimentação de contêineres;
- Testar a viabilidade num cenário da empresa;
- Avaliar cenários específicos através de uma análise de sensibilidade

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Logística e Cadeia de suprimentos

É nas grandes guerras da antiguidade que se observaram as primeiras atividades relacionadas ao que se conhece atualmente como logística, quando era necessário deslocar tropas por longas distâncias e garantir a movimentação de recursos essenciais a sobrevivência das mesmas, como água e comida. Entretanto, apenas em meados do século passado, a logística empresarial começa a surgir, motivada pelo aumento da competitividade global e os avanços na informática.

Segundo Ballou (2007), a logística tem por objetivo garantir níveis de serviço ao cliente satisfatórios a custos viáveis, através do gerenciamento das atividades de movimentação e armazenagem, desde a aquisição da matéria-prima até o consumidor final, tratando também do fluxo de informação que colocam os produtos em movimento.

Leite (2009) acrescenta que a principal missão da logística é disponibilizar bens e serviços gerados pela sociedade no local, tempo, quantidade e qualidade necessários.

Dias (2012) defende que, apesar da atenção histórica dada pelas empresas a produção de bens de consumo, o crescente nível de competitividade no contexto corporativo, trazido, principalmente, pela globalização, faz com que se torne necessário o desenvolvimento de uma visão integrada da produção com o seu aparato logístico.

As informações e materiais citados acima, fluem ao longo de toda uma estrutura que envolve fabricantes, fornecedores, transportadores, centros de distribuição, varejistas e, inclusive, o cliente final. Essa estrutura, segundo Chopra (2004) é denominada cadeia de suprimentos.

2.2 Modais de transporte

No deslocamento físico dos materiais ao longo da cadeia de suprimentos, utiliza-se um ou mais modais de transporte. Os principais modais de transporte são os modais rodoviário, ferroviário, aéreo, aquaviário, dutoviário (CARGOX, 2018). Para determinar qual modal é mais adequado para o tipo de operação planejada é necessário levar em conta as principais vantagens e desvantagens de cada um dos modais.

2.2.1 Modal rodoviário

O transporte rodoviário normalmente é utilizado para menores volume de carga e rotas mais curtas, não havendo assim necessidade de integração com algum outro modal, diminuindo a quantidade de movimentações de carga necessárias, sendo assim, um modal razoavelmente competitivo quando se trata de pequenas cargas (BALLOU 2008).

- Vantagens: Grande acessibilidade aos destinos e disponibilidade de veículos, nível baixo de burocracia
- Desvantagens: Custo de frete relativamente alto, grande nível de exposição a risco. Baixa capacidade de transporte de carga.

2.2.2 Modal Ferroviário

O modal ferroviário é caracterizado por transportar carga de forma mais lenta e por passar boa parte do tempo em operação de carga e descarga. Caracteriza também pela sua alta capacidade de transporte de cargas. O modal ferroviário divide-se em regular e privado. O serviço regular é aquele utilizado para transportar cargas de quaisquer clientes, enquanto que o privado é restrito a um ou a um grupo específico de clientes. O modal é muito utilizado, por exemplo, no transporte de cargas a granel (BALLOU 2008).

- Vantagens: Menor risco, menor frete, altíssima capacidade de transporte de cargas.
- Desvantagens: Rotas fixas, necessidade de integração com um segundo modal, tempo de entrega geralmente mais longo.

2.2.3 Modal aéreo

As duas principais características inerentes ao modal aéreo estão relacionados ao alto custo de frete quando comparado aos demais modais e a alta velocidade no transporte de cargas, principalmente no transporte de cargas a longas distâncias. No tocante a velocidade do modal,

é necessário levar em conta que, apesar da velocidade de transporte em si ser muito alta, existem as movimentações entre os fabricantes e os aeroportos, os manuseios de carga e descarga e o frete entre o aeroporto de destino e o cliente final. Assim sendo, a utilização do modal aéreo, quando se analisa o frete porta-porta, pode ser menos veloz que uma operação rodoviária, quando essa segunda é bem gerida. Além disso, nota-se a evolução gradual do modal no que diz respeito a sua capacidade de transporte de cargas (BALLOU 2008).

- Vantagens: Maior velocidade de entrega, maior segurança
- Desvantagens: Elevado custo de frete, demanda integração com um segundo modal e necessidade de terminais especializados, capacidade de transporte de carga limitada.

2.2.4 Modal dutoviário

O modal dutoviário, quando comparado aos demais modais tem sua utilização muito restrita, sendo mais utilizado, principalmente no transporte de fluidos, embora existam testes com o objetivo de transportador sólidos em suspensão. Apesar de se tratar de um modal de velocidade reduzida, a movimentação de cargas ocorre de forma ininterrupta, o que dá ao modal dutoviário certa vantagem quando comparado ao modal rodoviário, por exemplo. Outra característica do modal é o baixo risco envolvido no transporte de cargas (BALLOU 2008).

- Vantagens: Segurança, baixo custo de operação, capacidade de transportar grandes quantidade de carga e baixo risco de transporte.
- Desvantagens: Alto custo de implementação, limitações quanto aos tipos de carga que podem ser transportados, riscos ambientais e burocracia na implementação.

2.2.5 Modal hidroviário

O modal hidroviário é caracterizado pela sua alta capacidade de transporte de cargas para distancias relativamente longas, assim como nos modais aéreo e ferroviário, existe a necessidade de integração com um segundo modal. O modal tem possibilidade de transportar diversos tipos de cargas diferente. As mercadorias normalmente são transportadas dentro de

contêineres em porta-contêineres (cargueiros especiais, de alta capacidade de transporte de cara, destinados ao transporte de contêineres) (BALLOU, 2006).

Analisando o perfil do modal, é possível observar nítidas vantagens do mesmo quando comparado, por exemplo, ao modal rodoviário. Dois dos seus principais pontos fortes são os fatores econômicos e ambientais, ambos relacionados a sua maior capacidade de transporte de carga (CNT2013).

Abaixo, na Figura 1, é mostrado um quadro comparativo referente as características supracitadas:

Tabela 1 - Quadro comparativo da capacidade de carga dos modais de transporte

	Marítimo	Rodoviário
Veículos necessários para transporte de 5.00 toneladas	1 navio	143 carretas
Combustível necessário para transportar uma tonelada por 1000 km	4 litros	15 litros

Além disso, é importante salientar que, historicamente, o modal marítimo apresenta risco de roubos e acidentes muitíssimo menor do que o modal rodoviário, o que reduz o custo de seguro e aumenta a confiabilidade da entrega.

A consequência natural da utilização do modal marítimo, levando em conta a sua alta capacidade de transporte de cargas, é a diminuição do número de veículos pesados nas estradas. Fator que diminui o desgaste das rodovias e pode diminuir o risco de acidentes, diminuindo as demandas por verbas públicas na manutenção das estradas e tornando as mesmas menos obstruídas e mais seguras (CNT 2013).

Os principais desafios relacionados ao modal marítimo estão relacionados a baixa flexibilidade de rotas quando comparada ao modal rodoviário, o tempo de entrega mais longo que aumenta a quantidade de estoque em trânsito dos clientes, os processos documentais burocráticos relacionados aos embarques e a necessidade de integração entre o modal aquaviário e um segundo modal.

Em resumo, temos:

- Vantagens: Maior capacidade de transporte de carga, menores riscos no transporte, menores custos de frete e seguro, menores riscos de transporte, maior confiabilidade de entrega, menores danos ambientais, redução do ritmo de desgaste nas rodovias pelo menor número de veículos em circulação.
- Desvantagens: Tempo de entrega mais elevado, necessidade de integração com outro modal e de terminais especializados, grande quantidade de processo burocráticos relacionados.

2.3 Desdobramento histórico do modal hidroviário no Brasil

A utilização do transporte marítimo no Brasil tem quase 600 anos de história. A seguir, apresenta-se de forma resumida alguns dos principais acontecimentos dentro do contexto histórico do transporte aquaviário brasileiro (CNT 2013).

- O primeiro marco histórico da utilização do modal aquaviário no Brasil aconteceu no período colonial, quando se utilizava o modal marítimo e fluvial no transporte de cargas, tendo em vista o modelo de colonização de exploração adotado por Portugal no século XVI.
- Com a vinda da família real para o Brasil, houve a abertura dos portos para nações amigas e modernização da frota com a utilização de navios a vapor no lugar dos navios a vela.
- O próximo grande salto foi no século XIX, quando, motivado pelo aumento no volume de exportação de produtos como o café, o Brasil faz novos investimentos na estruturação dos seus portos. Na mesma época, houve primeira grande normatização da cabotagem através do decreto nº 5.585/1874.
- Houveram também alguns movimentos de renovação de frota em meados do século XX. Na década de 90, houve forte movimento de privatização e desregulamentação relacionada a abertura do tráfego marítimo nas rotas autorizadas. Esse movimento acabou com as empresas brasileiras de navegação, uma vez que as mesmas não tinham mais acesso exclusivo as rotas e não conseguiram competir com empresas estrangeiras.
- Nas duas últimas décadas, políticas de incentivo a economia e ao transporte marítimo em si tem alavancado a competitividade do setor.

2.4 Modal hidroviário: Cenário brasileiro

Pelas suas questões geográficas e demográficas o Brasil aparece como um país de alto potencial de crescimento do modal marítimo (GONÇALVES, 2017). O principal fator geográfico na demonstração desse potencial é a faixa de aproximadamente 9200 quilômetros do território nacional banhado pelo oceano. O principal fator demográfico que contribui com a movimentação de cargas através do modal aquaviário é a distribuição geográfica da indústria brasileira, com grande concentração nas áreas mais próximas ao litoral conforme a figura abaixo.

Figura 1 - Dispersão geográfica das indústrias no país.

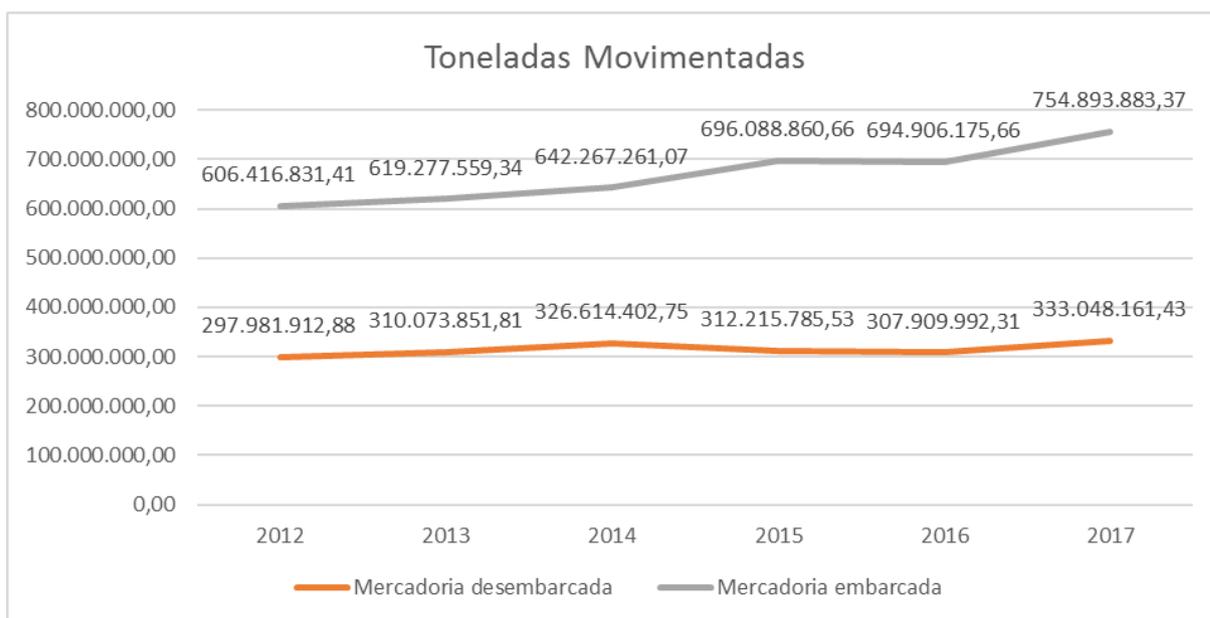


Além das questões supracitadas, deve-se levar em conta também a evolução recente na infraestrutura logística aquaviária, com o aumento de 12% no número de portos entre 2016 e 2017 e a evolução no volume de cargas movimentado através do modal em questão (MDIC, 2018).

Tabela 2 - Movimentação do modal aquaviário no Brasil.

Ano	Toneladas movimentadas					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Mercadoria desembarcada	297.981.912,88	310.073.851,81	326.614.402,75	312.215.785,53	307.909.992,31	333.048.161,43
Mercadoria embarcada	606.416.831,41	619.277.559,34	642.267.261,07	696.088.860,66	694.906.175,66	754.893.883,37
Total	904.398.744,29	929.351.411,15	968.881.663,82	1.008.304.646,19	1.002.816.167,97	1.087.942.044,80

Figura 2 - Gráfico das toneladas movimentadas pelo modal aquaviário no Brasil.



2.5 Integração de transportes

O serviço integrado tem como uma de suas principais características a livre troca de equipamentos entre modais. Nesse contexto, a peça chave é o contêiner, que pode ser utilizado em praticamente todos os modais (POZO, 2010).

A utilização do transporte Multimodal tem crescido de maneira consistente ao longo dos anos. Isso, em grande parte, se deve ao crescimento também consistente do transporte internacional (BALLOU, 2006).

Segundo Pozo (2010) o transporte multimodal deve ser utilizado com os seguintes objetivos:

- Redução no custo total de transporte;
- Redução do tempo de trânsito;
- Redução do impacto ambiental;
- Redução do congestionamento das rodovias;
- Melhora do nível de serviço;

Para isso, o autor destaca os seguintes pontos que precisam ser levados em conta quando se planeja a utilização do transporte multimodal:

- Disponibilidade de vias;
- Características do produto;
- Volumes a serem movimentados;
- Frequência de entregas;
- Distância a ser percorrida;
- Segurança do sistema;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta etapa apresenta uma fundamentação teórica sobre alguns pontos que são discutidos no trabalho. Busca, por meio da aplicação de uma ferramenta de pesquisa operacional, criar um modelo que permita fazer as programações de entrega e coleta de contêineres maximizando o *saving* de frete por meio de reaproveitamento de contêineres das operações *inbound* nas operações *outbound*. Além disso, o trabalho busca mostrar um pouco do dia-a-dia da operação de movimentação de contêineres, tratando de algumas dificuldades, oportunidades e desafios existentes na mesma.

3.1 Utilização de operações casadas para redução de frete

Uma das decisões a se tomar quando se opta pelo transporte aquaviário tem a ver com a escolha do armador. Armadores são empresas ou pessoas físicas responsáveis por realizar o transporte marítimo, ou seja, por toda a operação entre um porto e outro. Possuindo navios e contêineres ou sendo detentor de concessões para operar com os mesmos. (AC CAMPOS, 2018).

Nesse momento, é comum encontrar cotações diferentes para uma mesma rota a depender do armador escolhido. O que ocorre, muitas vezes é que alguns armadores conseguem ser mais competitivos em algumas rotas do que em outras. Para as empresas com grande volume e variedade de produtos importados, torna-se mais interessante utilizar armadores diferentes para cada tipo de insumo, buscando sempre o melhor custo benefício para cada uma das rotas. O mesmo vale para empresas que exportam ou realizam operações de cabotagem para diversos destinos. Em contrapartida, é importante levar em consideração que a pulverização demasiada pode fazer com que a empresa perca seu poder de barganha por fretes mais acessíveis.

Em seguida, contrata-se empresas para realizarem os fretes dos contêineres entre o porto e a fábrica. O frete *inbound* comum inclui a coleta do contêiner cheio no terminal, a entrega da carga na fábrica e a devolução da unidade vazia. Já o frete *outbound* comum inclui a coleta do contêiner vazio, normalmente realizada em terminais denominados depots, o deslocamento para carregamento da unidade vazia na fábrica e a entrega do contêiner cheio no porto.

Quando se consolida operações *inbound* e *outbound*. É possível analisar o fluxo de chegadas e saídas dos materiais, e buscar, junto ao armador e as transportadoras, a utilização de operações casadas.

Suponhamos que, em determinado momento, exista um contêiner de insumo e um pedido de venda fechado, ambos com o mesmo armador. É possível conseguir a concessão do armador para, após finalizar a entrega do insumo, utilizar o mesmo contêiner para carregar o pedido de venda e realizar a entrega. Tal movimento é vantajoso para a transportadora, uma vez que a mesma não fará a devolução da unidade vazia e receberá, ao invés disso, mais um frete para entregar o contêiner, ovado com o pedido de venda, no porto. Tal vantagem pode ser refletida numa redução de um percentual do frete cobrado para a segunda viagem. É possível concluir que o planejamento de operações casadas de frete é uma atividade de grande complexidade

A complexidade do planejamento necessário para obter esse desconto de frete está no sincronismo necessário entre os pedidos de venda e o recebimento de importados. A seguir serão enunciados dois conceitos relacionados, respectivamente, a custos e prazos que acrescetam complexidade ao processo.

Demurrage: O termo demurrage, ou sobre-estadia, é utilizado para definir o prazo para devolução do contêiner, por exemplo, a empresa ocorreu em demurrage ao devolver o contêiner, também utilizado como nome dos valores a serem recebidos pelo atraso, exemplo das ações judiciais envolvendo empresas e armadores em que se realiza a cobrança da demurrage. (CABRAL,2013)

Deadlines: Prazo limite para o recebimento de carga para um determinado navio. (BALDAM *et al.*,2014)

Se faz necessário também levar em conta outras questões, como o perfil do contêiner. Existem perfis diferentes de contêiner. A distinção se dá nas suas dimensões e finalidades. Ao fechar um acordo comercial com o armador e necessário definir qual ou quais tipos de contêiner pretende-se utilizar nos fretes.

As restrições e custos supracitados adicionam complexidade para a sincronização dos pedidos *inbound* e *outbound* de diversas formas. A seguir, serão dados alguns exemplos práticos:

Ex.1: Na tentativa de realizar uma operação casada, sabendo-se da programação de um frete de venda para dentro de cinco dias, programa-se a entrega de um insumo, contido num contêiner de mesmo perfil e armador do pedido de venda, para a mesma data sem observar que o contêiner de insumo está no seu último dia de freetime (prazo acordado previamente para início da cobrança de demurrage). A redução de custo obtida através da redução do frete pela

operação casada fio diminuída ou, talvez, perdida. Uma vez que a postergação da entrega do contêiner de insumos incorreu em custo de demurrage.

Ex 2: Ao posicionar um pedido de venda. Ao invés de agendar a coleta para uma data mais cedo, agenda-se a coleta para dentro de três dias, sabendo que uma entrega de insumos, utilizando um contêiner de mesmo perfil e armador, ocorrerá no mesmo dia. Ao fazer isso, perde-se o deadline de carga. Comprometendo o atendimento ao cliente e podendo gerar custos de sobrestada.

Ex 3: Faz-se uma programação de operação casada sem atentar para o armador ou perfil, um carregamento realizado incorretamente ou sem concessão do armador pode acarretar em retrabalho no porto com custos pagos pelo exportador, perdas de prazos de navios, que acarretam em atraso na entrega do produto ao cliente e multas por utilização incorreta ou não autorizada do contêiner por parte do armador ligado a entrega ou do frete de venda.

3.2 Unificação de fretes de diferentes insumos na operação de importação

O mercado global permite aos grandes players da indústria buscar fornecedores ao redor do mundo em busca do atendimento de suas especificações e da melhor relação custo benefício. Apenas nos sete primeiros dias úteis do mês de Agosto, o Brasil acumulou U\$ 5,480 bilhões em importações e U\$ 6,114 bilhões em exportações. Valores que compõem um total acumulado para o ano de 2019 de U\$ 107,005 bilhões em importações e U\$ 136,114 bilhões em exportações (MDIC 2019).

Entretanto, a importação de insumos industriais de diversos países traz consigo algumas ineficiências com relação a ocupação dos contêineres utilizados no transporte. Materiais mais densos, assim como metais, normalmente atingem a ocupação máxima dos contêineres em peso ocupando frações pequenas do volume dos mesmos. Por outro lado, materiais que possuem baixa densidade, ocupam melhor o volume do contêiner, entretanto a ocupação em peso dos contêineres deixa a desejar. Quanto mais próximo da ocupação máxima, tanto em peso quanto em volume, melhor é o aproveitamento do frete e menor é o custo logístico.

Pela distância geográfica entre os fornecedores, pouco pode ser feito no frete internacional, entretanto, é possível explorar oportunidade de redução de custo no frete porto porta (denominação dada ao frete normalmente realizado entre o porto de destino da carga e o cliente final).

Quando se importa diversos insumos de densidades diferentes, é possível, através da análise do tipo de produto, perfil de veículo transportador unificar cargas de densidade alta e baixa com o objetivo de ocupar melhor os veículos e a redução de custo de frete.

Como os armadores normalmente não permitem que se acrescente cargas nos seus contêineres após a chegada dos mesmos nos portos de destino por questões contratuais, se faz necessário contratar veículos específicos e custear as equipes de movimentação das zonas portuárias para realizar as desovas e ovas necessárias. Nesse ponto, é importante ter uma boa cotação para as operações, para que o ganho com redução de frete não seja totalmente revertido em custo operacional. Também é importante analisar o tipo de insumos importados e se eles podem, de fato, serem transportados juntos. Não deve haver, por exemplo, risco de danos físicos ou químicos a nenhuma das mercadorias ou riscos de incêndio. A sincronização entre as operações de ova e desova e a disponibilidade de veículos em sinergia com as demandas da fábrica pelos insumos devem ser levadas em consideração

3.3 Primarização do frete porto-porta

A defesa da primarização do frete porto-porta sustenta-se no potencial de crescimento do modal aquaviário no Brasil, questões estratégicas de mercado e na redução de custo de frete associada no potencial de faturamento proveniente da atividade de transporte.

Conforme mencionado anteriormente, o transporte aquaviário tem um imenso potencial quando se leva em consideração o seu apelo ambiental pelo consumo relativamente reduzido de combustível, a capacidade de transporte de grandes quantidades de carga, a segurança do transporte, os fatores demográficos e geográficos brasileiros e a participação ainda tímida do modal quando comparado a países mais desenvolvidos. Dessa forma, como o modal aquaviário normalmente precisa estar associado a um segundo modal, principalmente o rodoviário, para realizar o transporte das cargas entre os portos, fornecedores e clientes, as empresas de transporte que participam da operação portuária têm seu potencial de crescimento associado ao desenvolvimento do setor. Portanto, a primarização do frete porto-porta pode ser, para empresas importadoras e exportadoras, uma boa forma de diversificação com grande possibilidade de alavancagem no médio ou longo prazo.

Quando opta-se pela terceirização do frete, importadores e exportadores contratam empresas especializadas para coletar e entregar cargas. Seja do porto para a empresa ou da

empresa para o porto. Uma das desvantagens dessa prática está no dimensionamento da demanda por parte das empresas e na saturação do mercado em épocas de pico.

O Brasil tem crescido consideravelmente na exportação de produtos sazonais como, por exemplo, frutas. Em 2018, a exportação de laranjas cresceu 96.380% passando de 4 mil toneladas ano para 3,8 milhões de toneladas. Outras frutas também tiveram aumentos expressivos no mesmo período, como o morango (394%) e a banana (267%) (AGÊNCIA BRASIL, 2018). Além das frutas, existem outros produtos de característica sazonal que movimentam grandes quantidades no mercado internacional, como a cana de açúcar.

Em determinadas épocas do ano, a demanda por veículos de transporte porto-porta ou porta-porta aumenta muito, comprometendo boa parte da frota disponível no mercado. Isso faz com que, muitas vezes, as empresas encontrem dificuldades em conseguir contratar transportadoras que atendam às suas demandas nos prazos existentes. A primarização da frota aparece nesse cenário para ajudar as empresas a garantir seus prazos, mesmo em cenários de aumento expressivo de demanda.

A terceirização ocorre quando se contrata uma empresa que possua frota própria para realizar os fretes. Nesse caso, a transportadora abate seus custos operacionais e cobra a sua margem de lucro padrão. Com o grande número de caminhoneiros autônomos no Brasil, existe também um grande número de transportadoras que oferecem serviços de quarteirização, ou seja, são contratadas para contratar autônomos que realizarão as entregas e/ou coletas. O valor cobrado por essas transportadoras abrange o valor de contratação do autônomo e a sua margem de lucro. Nesse contexto, a primarização também mostra-se como alternativa viável, uma vez que a margem de lucro será compartilhada entre o importador/exportador e a sua célula de transporte.

Para que a primarização seja, de fato, um fator de redução de custo logístico, é preciso gerenciar a movimentação dos veículos próprios a fim de maximizar a produtividade e o faturamento dos mesmos. A lógica gira em torno da ideia de que, cada frete “primarizado” terá um valor mais competitivo que o mercado e o lucro proveniente da atividade de transporte será retido na empresa.

4 METODOLOGIA

A metodologia aborda três estratégias, provenientes de observação do fluxo de operações de transporte de um fabricante de baterias da região nordeste, sendo duas qualitativas e uma quantitativa.

A primeira e a segunda parte, são observações de problemáticas e oportunidades envolvendo a movimentação de contêineres na empresa.

A terceira consiste na formulação de um modelo de programação inteira que permita planejar, para uma determinada semana, a quantidade de contratações de frete que devem ser feitas a cada dia visando obter o máximo de *saving* proveniente das chamadas “operações casdas de frete”, que são as operações nas quais o mesmo veículo que realiza a entrega de insumos, faz a coleta de pedidos para o cliente.

Se faz importante mencionar que, no intuito de manter a confidencialidade dos dados da empresa em questão, todos os valores foram multiplicados por um único fator, mantendo a proporcionalidade com relação aos cálculos e resguardando informações sigilosas, como, por exemplo, as cotações que a empresa possui com fornecedores e transportadoras.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Descrição da empresa

A empresa em questão é uma fabricante de peças, principalmente automotivas, brasileira com pouco mais de sessenta anos de mercado e algo em torno de seis mil funcionários. A empresa possui canais de logística de venda e de logística reversa. Tendo como principais clientes a sua rede de distribuição que repassa aos distribuidores menores e, então, ao consumidor final. Na logística reversa, é oferecido um desconto aos consumidores caso os mesmos devolvam sua peça sucateada na compra de uma nova, essas peças são devolvidas aos distribuidores que as utilizam como crédito obrigatório na compra de novos produtos. A sucata por sua vez, é devolvida a fábrica, seus componentes são separados por meio de processos industriais e reutilizados como matéria prima na fabricação de novos produtos, a política da empresa diz que se deve receber uma peça sucateada para cada peça vendida.

Além do material proveniente da logística reversa, a empresa também adquire insumos, em sua grande maioria importados. Os insumos importados são dos mais diversos tipos e provenientes de vários países, sendo o seu volume mais expressivo o chumbo. Toda a mercadoria importada é trazida dos fornecedores estrangeiros a um porto localizado a, aproximadamente, 200 km da empresa.

Na logística de vendas, a empresa utiliza o modal rodoviário para a maioria de seus clientes na rede de distribuição, para alguns deles, entretanto, utiliza-se a cabotagem. Na cabotagem, os produtos são levados em caminhões porta contêineres do centro de distribuição de fábrica até o mesmo porto onde os insumos importados são recebidos, levados de navio até o porto mais próximo de cada cliente e, em seguida, escoados por porta contêineres dos portos de destino até o distribuidor. No cenário internacional, os principais clientes da empresa são a sua própria fábrica e centro de distribuição localizados, respectivamente, na Argentina e no Uruguai. Para a Argentina são enviados produtos acabados e insumos, já no caso do Uruguai, são enviados apenas produtos acabados para distribuição. A empresa também possui outros clientes, localizados principalmente na América latina.

No estudo em questão, buscou-se descrever problemáticas e oportunidades nas operações de movimentações da empresa e, principalmente, aplicar um modelo de otimização para realizar a programação semanal de movimentações baseado na demanda e visando maximizar o saving de frete.

5.2 União de cargas leves e pesadas a operação *inbound* de importados

Boa parte dos insumos utilizados na fabricação dos produtos da empresa é importada. Busca-se a melhor relação custo benefício através da competitividade a nível global. Assim sendo, a empresa conta com diversos fornecedores de vários países diferentes. Além da relação custo-benefício supracitada, o fato da empresa possuir uma grande variedade de insumos com densidades diferentes chegando sempre ao mesmo destino (Porto de Suape e, em seguida, fábrica), gera uma oportunidade de elevação do nível de ocupação dos veículos que fazem o transporte entre o porto e a fábrica, com conseqüente redução no custo de frete.

Ao analisar o volume de chegadas, foi observado que dois dos itens de maior volume de importação são os lingotes de chumbo e o separador de baterias. Os contêineres de chumbo ocupam um contêiner de 20 pés, a carga, normalmente, pesa entre 24 e 27 toneladas. Já o separador é transportado em contêineres de 40 pés, o peso da carga de separador varia entre 7 e 11 toneladas. A capacidade máxima de um contêiner é de 27 toneladas.

Em termos de ocupação em peso, é possível notar que o contêiner de separador, embora seja melhor ocupado em volume que o chumbo, não chega a atingir 50% da carga máxima suportada pelo contêiner.

Para melhorar a ocupação dos contêineres e diminuir o custo de frete no transporte de carga, é proposta uma forma de mesclar as cargas. A proposta consiste em realizar a desova dos materiais na zona portuária e mesclar a carga num perfil diferente de veículo. O detalhamento da proposta será descrito a seguir.

As cargas normalmente chegam ao Porto de Suape e aguardam o fim do desembaraço aduaneiro e a programação de coleta. A equipe do Porto, entretanto, possuiu estrutura e maquinário para realização de desovas e/ou transbordos de cargas em suas dependências. Então, para realizar as movimentações, utilizaria-se esse operador logístico.

Ao analisar a dimensão dos materiais e o perfil de ocupação dos veículos, observou-se que o lote de chumbo mede xcm de largura, y de altura e z com comprimento, enquanto que a caixa de separador (considerando também o palete) mede a de altura, b de largura e c de comprimento. Importante notar que os paletes com caixas de separador podem ser empilhados e, no caso de contêineres, a altura permite que os separadores sejam transportados em pilhas de dois paletes. As dimensões de um contêiner do tipo 20' são 6 metros de comprimento, 2,60m

de altura e 2,45 de altura. As dimensões dos contêineres de 40' são as mesmas, com exceção do comprimento que, no caso dos contêineres de 40' é de 12 metros.

Como base nas dimensões supracitadas, é possível concluir que um contêiner do tipo 40' pés comportaria, em termos de volume, a carga de um contêiner de chumbo inteiro e meio contêiner de separadores, contanto que o separador esteja empilhado em pilhas de dois.

Entretanto, para acomodar a carga mesclada, não se recomenda a utilização de um contêiner pela ocupação em peso. A carga de um contêiner de chumbo pode chegar a 27 toneladas por si só, ocupando toda a capacidade de peso do contêiner e impossibilitando o acréscimo de mais material, mesmo levando em conta que o chumbo ocuparia, em volume, apenas 50% de um contêiner de 40'. Além disso é preciso considerar que o chumbo e o separador são descarregados em localizações diferentes da fábrica, o que dificultaria a desova do veículo, tendo em vista que para acessar, por exemplo, o primeiro material que foi ovado, seria necessário desovar todo o material que foi ovado no contêiner. Analisando as possibilidades disponíveis no mercado. A alternativa que atenderia melhor a operação planejada seria a carreta sider.

Com 15 m de comprimento e 2,5 m de largura, as dimensões da carreta sider são suficientes para comportar os materiais em questão. A capacidade de peso da carreta é de 32 toneladas, também suficiente para atender a demanda. Outro ponto favorável ao uso desse perfil de veículo tem a ver com a sua opção de descarrego pelas laterais e pelo perfil da operação da empresa. Conforme mencionado anteriormente, o chumbo e o separador em contêiner são descarregados em locais diferentes da fábrica. O local onde o separador é descarregado conta com estrutura de docas, já os contêineres de chumbo são descarregados em uma área onde não há estrutura de docas e os contêineres precisam do apoio de uma doca móvel ou de um sidelif para coloca-los no chão para serem descarregados. Tudo isso consome muito tempo no descarrego de chumbo.

Com a carreta sider, o chumbo pode ser descarregado primeiro pela lateral do veículo, sem a necessidade de estrutura de docas, para, em seguida, ser encaminhado para a desova do separador. Além disso, o fato da carreta poder ser descarregada lateralmente, permite que qualquer material possa ser descarregado a qualquer momento. Diferentemente do contêiner, no qual o descarrego só pode ocorrer de trás para frente a partir da porta do mesmo.

Outro ponto que precisa ser levado em consideração é a distribuição do peso na carga, especialmente em se tratando de dois materiais com uma diferença tão alta de pesos (um lote

de lingotes de chumbo pesa em torno de 1100 kg, enquanto que um palete de separador pesa 200 kg). O carregamento inadequado do veículo pode causar problemas mecânicos, dificultar ou impedir a capacidade de tração ou gerar riscos de acidente na estrada. Para esse tipo de distribuição de peso, recomenda-se que os materiais mais pesados, ou seja, os lingotes de chumbo, sejam carregados sobre os eixos do veículo e que os paletes de separador sejam carregados entre os eixos. Dessa forma, o peso dos lingotes manterá os eixos firmes no chão, evitando os possíveis problemas supracitados.

5.3 Primarização da operação de frete porto

A empresa em questão, devido ao alto volume de contêineres movimentado anualmente e, considerando também o fato de possuir transportadora própria dedicada, realizou a aquisição de dois veículos do tipo rodotrem para dedicar a operação do porto, cada um deles tem capacidade de movimentar dois contêineres (20' ou 40') ao mesmo tempo. A aquisição e as possíveis aquisições futuras tem os seguintes objetivos:

- Aumentar o lucro da transportadora, inserindo-a num novo segmento de transportes;
- Aumentar a disponibilidade de veículos em períodos de alta demanda para as transportadoras terceirizadas. (Ex: Durante a safra de açúcar, o demanda por veículos porta contêiner aumenta muito, o que torna a oferta muito menor, gerando dificuldades no atendimento).
- Gerar um *saving* na conta de frete, uma vez que a transportadora, por ser do mesmo grupo de empresas, consegue oferecer um frete competitivo.

Como, conforme mencionado acima, o custo de frete cobrado pela transportadora do grupo é menor do que as cotações oferecidas pelas transportadoras terceirizadas existentes no mercado, fica evidente que a maximização da produtividade dos rodotrens gera duplo ganho: Por um lado, a transportadora fatura mais por conseguir realizar um maior volume de fretes no mês, por outro, a empresa gera um *saving* maior por destinar uma quantidade maior de fretes a uma transportadora que tem um preço mais competitivo.

Na prática entretanto, a operação ainda não tem trazido os benefícios esperados. Isso se deve a baixa produtividade dos veículos que, raramente atingem a meta mínima do mês para compensar a depreciação e os demais custos, dessa forma, a fábrica também tem contado com uma oferta de fretes reduzida por parte da transportadora, mitigando as oportunidades de *saving*.

Um dos principais desafios relacionados a operação está relacionado ao perfil do veículo. Apesar da sua capacidade de fazer dois fretes por viagem, o rodotrem possui mais de 32 metros de comprimento. Legalmente, esse fato o coloca numa categoria de veículos que só possui autorização para transitar em rodovias estaduais e federais das 6 às 18 horas em vias federais e do nascer ao por do sol em vias estaduais.

Para ilustrar os impactos dessa restrição, será dado um exemplo de operação.

- O veículo sai do porto com uma carga de matérias importados às 6 da manhã
- Chegada na fábrica para descarrego, 11 horas da manhã.
- Desscarregamento e carregamento finalizados às 15 horas

Nessa situação, fica impossível iniciar a viagem de retorno ao porto e conseguir mais dois fretes, uma vez que não há tempo suficiente para chegar ao porto antes do horário limite(18 horas) e realizar a entrega.

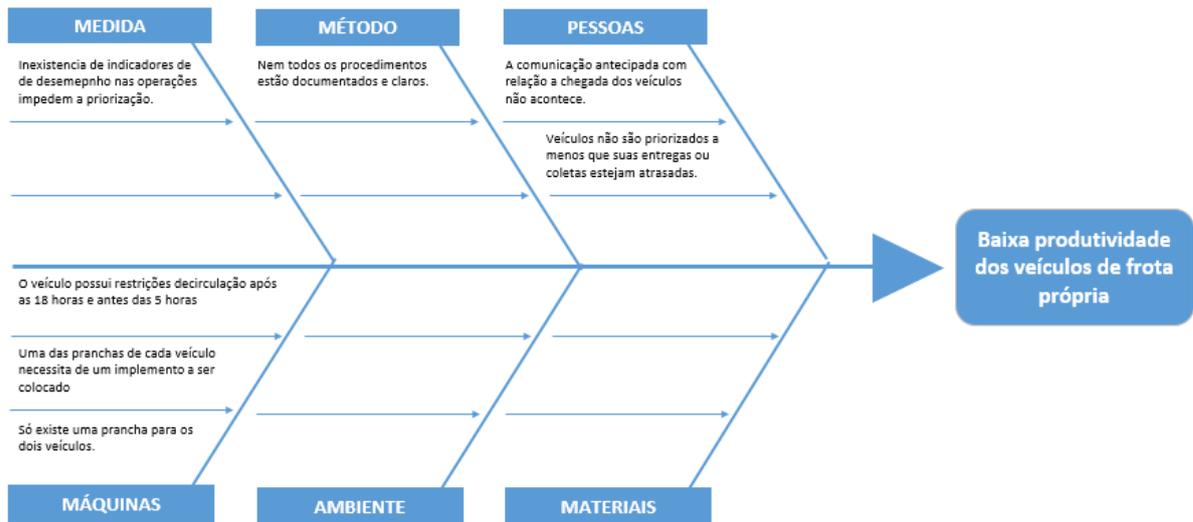
Esse tipo de situação pode comprometer um dia inteiro de operação, esse tipo de incerteza com relação ao atendimento de prazos gera desconfiança por parte da equipe operacional de importação, exportação e cabotagem. Como um pequeno atraso no cronograma transportadora do grupo pode comprometer os prazos de entrega, a equipe prefere não contratar esses veículos em caso de fretes de insumos cujo estoque da fábrica encontra-se muito baixo ou quando o prazo de entrega do contêiner carregado no porto está apertado, por exemplo.

Fica evidente que os veículos precisam passar o mínimo possível de tempo em operação, especialmente durante o dia. Como o veículo possui restrições para trafegar durante a noite e a madrugada, o ideal é que ele passe a maior parte do dia em trânsito.

No intuito de apontar e tratar as principais causas de atraso na operação, utilizou-se o sistema de rastreamento dos veículos para determinar as localidades nas quais o veículos passa mais tempo.

Notou-se que o veículo passa, em média 60% do seu tempo parado na fábrica . De posse dessa informação, reuniu-se os motoristas, contratantes e responsáveis pelas operações para levantar as principais causas que geram os atrasos. Para melhor visualização do problema, foi montado um diagrama de causa e efeito, o diagrama é mostrado a seguir.

Figura 3 - Diagrama de causa e efeito.



O principal obstáculo mencionado na operação foi a restrição que o veículo possui no horário de circulação, a inexistência de indicadores de desempenho para a operação e a falta de priorização dos carregamentos e desovas dos veículos.

5.4 Operações Porto

O modal marítimo é amplamente utilizado na empresa. A seguir são descritas as principais operações nas quais se utilizam do mesmo.

5.4.1 Importação de chumbo (*Inbound*)

O chumbo é a principal matéria prima na produção de baterias, sendo esse o insumo de maior volume em termos de contêineres movimentados anualmente, considerando tanto as operações *inbound* como as operações *outbound*. Como existem diversos tipos de chumbo utilizados na fabricação dos diferentes tipos de baterias, ele é importado de vários países. É sempre trazido em contêineres de 20 pés com diversos armadores. Cada contêiner normalmente transporta entre 24 e 27 toneladas. Vários armadores diferentes são utilizados na operação.

5.4.2 Importação de separador (*Inbound*)

O separador de baterias também possui um volume representativo na importação, sendo o segundo insumo de maior volume de contêineres importados anualmente, perdendo apenas para o chumbo. Assim como na operação de chumbo, o separador também é trazido de diversos países e por diversos armadores. Com relação ao perfil da carga, o separador é movimentado em contêineres de 40 pés e cada contêineiner transporta entre 7 e 11 toneladas de separador. O limitador, nesse caso, não é a capacidade de peso do contêiner e sim a capacidade de volume do mesmo.

5.4.3 Importação de diversos (*Inbound*)

Além da importação de chumbo e de separador, diversos outros insumos são importados, o volume anual deles, se considerados um a um, é muito pequeno frente ao volume de chumbo e separador. Entretanto, ao se considerar o volume total, os insumos diversos possuem volume de importações em número de contêineres maior que o de separador. Por se tratarem de diversos materiais diferentes, o peso, volume, origem e armador varia muito.

5.4.4 Cabotagem reversa (*Inbound*)

A empresa possui um programa de logística reversa. Para cada bateria produzida, é necessário receber uma bateria sucateada. As baterias sucateadas são reprocessadas. O plástico e o chumbo voltam a sua forma bruta e são reutilizados na fabricação de novas baterias.

Dentro do programa de logística reversa. Os distribuidores precisam enviar a fábrica um volume de sucata para que tenha crédito e possam realizar a compra de novas baterias. Alguns desses clientes optam pelo envio dessa baterias inservíveis via cabotagem.

O volume dessa operação, quando comparado ao volume de insumos importados é muito pequeno. A operação sempre é realizada com contêineres de 40' e sempre com um mesmo armador. Cada contêiner de sucata normalmente transporta 26,5 toneladas.

5.4.5 Exportação – (*Outbound*)

A empresa possui clientes em outros países, seus principais clientes externos são montadoras na América Latina, como clientes internos, a empresa possui um centro de distribuição no Uruguai que recebe baterias acabadas, além uma fábrica na Argentina que recebe insumos plásticos, placas de chumbo e baterias acabadas.

Baterias são o maior volume *outbound* exportado, sendo transportado em contêineres de 20' com 26,5 toneladas de peso em média. Utilizam-se alguns armadores diferentes na operação.

5.5 Considerações sobre operações casadas

Para realizar uma operação casada, é necessário conseguir autorização prévia por parte do armador. O procedimento de obtenção de autorização pode variar de um armador para o outro, mas, normalmente, para conseguir tal autorização, é necessário enviar um formulário com a solicitação de reutilização de unidade (contêiner), bem como a solicitação de um novo lacre para o contêiner.

Como parte do procedimento padrão, um contêiner só pode embarcar se estiver devidamente lacrado. Cada armador possui seus próprios lacres com números de série únicos, por isso não se pode utilizar lacres próprios para lacrar um contêiner. É possível e recomendável negociar com o armador para que seja enviada uma quantidade de lacres ao local onde a reutilização de contêiner é feita. Evitando assim, que o motorista precise dirigir-se a depots após a reutilização para conseguir um lacre sempre que fizer uma reutilização do contêiner. Depots são depósitos de contêineres mantidos pelos armadores nas zonas portuárias que, muitas vezes possuem grandes filas de veículos que estão coletando ou devolvendo contêineres vazios, assim sendo, conseguir lacres do armador para reutilização reduz o tempo gasto na movimentação do contêiner para o porto.

Em resumo, com a concessão do armador para uma reutilização e de posse dos lacres do, o veículo coleta o contêiner de insumos importados, é descarregado na fábrica, o pedido de venda é carregado no mesmo contêiner que trouxe os insumos, o contêiner é lacrado e o veículo pode destinar-se ao porto para realizar a entrega do contêiner com o pedido de venda. Caso não se negocie a aquisição dos lacres, o veículo carregado com o pedido de venda não poderia

deslocar-se da fábrica diretamente ao porto, precisaria, primeiramente, dirigir-se ao depot para coletar um lacre para, em seguida, realizar a entrega do contêiner no porto.

Além do fluxo de autorização de reutilização e de solicitação de lacres, é necessário levar em conta algumas restrições referentes a esse tipo de operação.

- A reutilização só pode ser realizada quando o pedido de importação e o pedido de venda estão cotados com o mesmo armador e com o mesmo tipo de contêiner. Então, se, por exemplo, um material importado ingresse na fábrica em um contêiner do tipo 40' de um Armador X, não se pode embarcar nele pedidos de quaisquer outros armadores ou pedidos cotados para contêineres de 20'.
- É necessário observar o prazo de entrega do pedido de venda. Para poder embarcar no navio programado para determinada entrega, é preciso respeitar a sua data e hora de corte, que normalmente é de 48 horas antes da data estimada para partida no navio. Caso um navio esteja programado para embarcar no domingo ao meio dia, todos os contêineres que embarcarão nesse navio precisam estar no porto, impreterivelmente, ao meio dia da sexta-feira. Caso esse prazo seja perdido, a entrega precisará ser reagendada para o próximo navio.
- Existe um prazo, denominado “free time” no qual é permitido ao importador estar de posse do contêiner sem arcar com quaisquer custos por ele. Após esse prazo, é paga uma taxa por dia de sobreestadia, denominada Demurrage. É importante, especialmente nos casos em que o “free time” está se esgotando, sinalizar a intenção de reutilização da unidade ao armador com o máximo de antecedência possível, para que, assim que o contêiner saia do porto em direção a fábrica, a contagem regressiva do “free time” se encerre, tendo em vista que o contêiner já será utilizado pela empresa para embarcar um pedido de venda.
- Além do custo relacionado a posse do contêiner, existe o custo de armazenagem. O custo de armazenagem é cobrado pelas empresas portuárias pela utilização do espaço para manter o contêiner. Assim como o custo de Demurrage, existe um prazo, negociado entre a empresa portuária e o cliente, durante o qual esse custo não é cobrado.

5.6 Estruturação e programação semanal de operações casadas

A seguir será proposto um modelo de programação linear utilizando o método de otimização baseado em heurística para sugerir a programação semanal de entregas e coletas

com o objetivo de maximizar o número de operações casadas realizadas, aumentando a disponibilidade de veículos para as operações de frete de venda e, principalmente, reduzindo o custo total de frete.

A empresa realiza, em média, 40 operações de cabotagem de venda por mês, ao considerar esse volume e compará-lo com os volume de operação *inbound*, conclui-se que o volume de contêineres de sucata e de separador é mais que suficiente para absorver toda essa demanda utilizando-se apenas de fretes “casados”. Assim sendo, o modelo proposto para programação de cabotagem levará em conta apenas as chegadas semanais de separador e sucata. Além disso, considerando que o contrato da empresa com o porto prevê um prazo de seis dias até que a cobrança de armazenagem comece, a programação de operações casadas da semana levará em conta apenas os contêineres de sucata e separador que chegaram no final de semana anterior. Ou seja, se um contêiner de separador ou sucata chega no sábado ou no domingo, ele só poderá ser utilizado numa operação casada até o sábado, caso não seja necessário ou possível realizar a operação casada, deve-se realizar a entrega em operação simples dentro da semana.

A nível de modelagem, os tipos de operação foram divididos da seguinte forma:

- Separador em operação simples
- Separador em operação casada
- Sucata em operação simples
- Sucata em operação casada
- Cabotagem categoria “A” em operação simples
- Cabotagem categoria “A” em operação casada
- Cabotagem categoria “B” em operação simples
- Cabotagem categoria “B” em operação casada
- Cabotagem categoria “C” em operação simples
- Cabotagem categoria “C” em operação casada

Existem diversos clientes de cabotagem, eles foram categorizados de acordo com o prazo máximo de carregamento. A categoria “A” compreende os contêineres que só podem ser carregados até a quarta-feira, a categoria “B” representa os contêineres que só podem ser carregados até a quinta e a categoria “C” representa os contêineres que só podem ser carregados até o sábado. Como se pode observar, todas as operações foram divididas entre operações simples e casadas.

O objetivo do modelo é retornar, com base na demanda semanal de entregas e coletas, uma sugestão de programação que maximiza o número de operações casadas sem comprometer nenhuma entrega. A seguir é mostrado um exemplo de demanda de uma semana e uma sugestão de programação.

Tabela 3 - Exemplo de demanda semanal.

Projeção Semanal de movimentação			
Contêineres tipo 40'			
Deadlines Cabotagem (Outbound)		Recebimento (Inbound)	
Categoria A	3	Separador	8
Categoria B	3	Sucata	6
Categoria C	4		

Tabela 4 - Exemplo de programação semanal.

	Se.	Su.	C.A	C.B	C.C	
Segunda-feira	4	0	3	0	1	
Terça-feira	4	5	0	3	3	
Quarta-feira	0	1	0	0	0	
Quinta-feira	0	0	0	0	0	
Sexta-feira	0	0	0	0	0	
Sábado	0	0	0	0	0	

Operações Inbound

Operações Outbound

No exemplo, a demanda da semana é a entrega de oito contêineres de separador e seis de sucata, além da coleta de 10 contêineres de cabotagem, sendo três da categoria “A”, três da categoria “B”, e quatro da categoria “C”.

A proposta de programação mostra que, por exemplo, na segunda-feira, deve-se entregar quatro contêineres de separador e coletar 3 contêineres de cabotagem categoria “A” e um contêiner de cabotagem categoria “C”. Na segunda-feira, portanto, todas as operações seriam casadas. Os quatro contêineres seriam descarregados e carregados com contêineres de cabotagem. Como o desconto médio de frete nas operações casadas é de 25% na ponta *outbound* por operação, nesse exemplo, economizaria-se o equivalente a um frete na segunda-feira.

Para ilustrar a construção do modelo de programação foi montada a matriz abaixo:

Tabela 5 - Variáveis de decisão.

	Separador Op. Simples	Sucata Op. Simples	Separador Op. Casa	Sucata Op. Casada	Categoria A Op. Simples	Categoria B Op. Simples	Categoria C Op. Simples	Categoria A Op. Casada	Categoria B Op. Casada	Categoria C Op. Casada
Segunda	XsepSseg	XsucSseg	XsepCseg	XsucCseg	XasSeg	XbsSeg	XcsSeg	XaCseg	XbCseg	XcCseg
Terça	XsepTter	XsucTter	XsepCTter	XsucCTter	XasTter	XbsTter	XcsTter	XaCTter	XbCTter	XcCTter
Quarta	XsepQqua	XsucQqua	XsepCqua	XsucCqua	XasQua	XbsQua	XcsQua	XaCqua	XbCqua	XcCqua
Quinta	XsepQqui	XsucQqui	XsepCqui	XsucCqui	XasQui	XbsQui	XcsQui	XaCqui	XbCqui	XcCqui
Sexta	XsepSsex	XsucSsex	XsepCsex	XsucCsex	XasSex	XbsSex	XcsSex	XaCsex	XbCsex	XcCsex
Sábado	XsepSsab	XsucSsab	XsepCsab	XsucCsab	XasSab	XbsSab	XcsSab	XaCsab	XbCsab	XcCsab

Os índices mostram as especificidades de cada operação.

Ex:

XSepSSeg

Sep: Entrega de separador

S: Operação simples

Seg: Segunda feira

Logo, a variável “XSepSSeg” mede a quantidade de operações simples de entrega de separador ocorrerão na segunda. Assim como a variável “XACSex” representa a quantidade de operações casadas de cabotagem categoria “A” a serem realizadas na sexta-feira .

5.6.1 Função Objetivo

O objetivo do modelo é maximizar o número de operações casadas durante a semana.

Logo:

$$\text{FretesC} = \text{XACSeg} + \text{XACTer} + \text{XACQua} + \text{XACQui} + \text{XACSex} + \text{XACSab} + \text{XBCSeg} + \text{XBCTer} + \text{XBCQua} + \text{XBCQui} + \text{XBCSex} + \text{XBcSab} + \text{XCCSeg} + \text{XCCter} + \text{XCCQua} + \text{XCCQui} + \text{XCCSex} + \text{XCCSab}$$

Como se pode notar, a função objetivo não inclui os fretes casados *inbound*. Isso se deve ao fato de que uma operação casada está sendo representada por uma junção, num mesmo dia, de uma operação *inbound* e *outbound* classificadas ambas com índice C.

Para ilustrar, imagine que o modelo retornou, para uma dada semana XSucCSeg igual a 1 e XACSeg igual a 1, com todas as outras variáveis classificadas como “Seg” iguais a zero. Isso significa que, para aquela semana, a recomendação do modelo é que se contrate um veículo para entregar um contêiner de sucata e reutilizá-lo em uma operação de cabotagem tipo A. Nesse caso, a soma de operações tipo “C” para segunda-feira é igual a dois, entretanto, na prática, o número de operações casadas realizadas é igual a 1. A partir disso, é possível concluir que, dentro do modelo, a soma de operações *inbound* tipo “C” precisa ser igual a soma das operações *outbound* tipo “C”. Essa e outras restrições serão explicadas a seguir.

5.6.2 Restrições

Na construção dos modelo, foi considerado o seguinte conjunto de restrições.

- Capacidade de recebimento de separador: O centro de distribuição consegue receber, no máximo, quatro contêineres de separador por dia, tendo em vista que os recursos disponíveis para recebimentos dos contêineres e armazenamento dos materiais são compartilhados com outras atividades. Não há atividades de recebimento de separador no sábado, uma vez que a empresa utiliza o recurso para armazenar qualquer material excedente recebido durante a semana.

$$XSepSSeg + XSepCSeg \leq 4$$

$$XSepSTer + XSepCTer \leq 4$$

$$XSepSQua + XSepCQua \leq 4$$

$$XSepSQui + XSepCQui \leq 4$$

$$XSepSSex + XSepCSEX \leq 4$$

$$XSepSSab + XSepCSab = 0$$

- Capacidade de recebimento de sucata: Com exceção da segunda-feira, por não haver pessoal para realizar as operações, é possível realizar o recebimento de cinco contêineres de sucata por dia. Os descarregamentos sempre ocorrem na madrugada.

$$XSucSSeg + XSucCSeg = 0$$

$$XSucSTer + XSucCTer \leq 5$$

$$XSucSQua + XSucCQua \leq 5$$

$$XSucSQui + XSucCQui \leq 5$$

$$XSucSSex + XSucCSEX \leq 5$$

$$XSucSSab + XSucCSab \leq 5$$

- Capacidade de carregamento de contêineres de cabotagem: O centro de distribuição tem uma capacidade maior de carregamento de contêineres nas segundas e terças-feiras, quando o volume dos demais veículos é menor devido a dificuldades de contratação, podendo carregar até dez contêineres na segunda e oito nas terças. No restante da semana, é possível carregar quatro unidades por dia.

$$XASSeg + XBSeg + XCSeg + XACSeg + XBCSeg + XCCSeg \leq 10$$

$$XASTer + XBSTER + XCSTER + XACTer + XBCTer + XCCter \leq 4$$

$$XASQua + XBSQua + XCSQua + XACQua + XBCQua + XCCQua \leq 4$$

$$XASQui + XBSQui + XCSQui + XACQui + XBCQui + XCCQui \leq 4$$

$$XASSex + XBSSEX + XCSSex + XACSex + XBCSex + XCCSex \leq 4$$

$$XASSab + XBSsab + XCSSab + XACSab + XBcsab + XCCSab \leq 4$$

- Em cada dia, o número de veículos destinados a operação casada *inbound* precisa ser igual ao número total de veículos destinados a operações casadas *outbound*.

$$XSepCseg + XsucCseg = XACseg + XBCseg + XCCseg$$

$$XSepCTer + XsucCTer = XACTer + XBCter + XCCter$$

$$XSepCqua + XsucCqua = XACqua + XBCqua + XCCqua$$

$$XSepCqui + XsucCqui = XACqui + XBCqui + XCCqui$$

$$XSepCsex + XsucCsex = XACsex + XBCsex + XCCsex$$

$$XSepCSab + XsucCSab = XACSab + XBcsab + XCCsab$$

- Operações de cabotagem categoria “A” Só podem ocorrer até a quarta feira, uma vez que o prazo final para entrega desses contêineres no porto é sempre nas quintas-feiras. Operação de cabotagem categoria “B” só podem ocorrer até a quinta, porque o prazo dos navios dessas rotas é sempre até a sexta.

$$XASQui + XACQui = 0$$

$$XASSex + XACSex = 0$$

$$XASSab + XACSab = 0$$

$$XCSSex + XBCSex = 0$$

$$XCSSab + XBcsab = 0$$

- As quantidades de separador e sucatas entregues, bem como as quantidade de coletas de cada uma das categorias de cabotagem devem ser iguais as suas respectivas demandas, definidas semanalmente. Isso se deve a alguns fatores, como, por exemplo, a existência de indicadores de atendimento que despontuam os setores caso um contêiner de cabotagem perca o prazo de entrega de determinado navio e o incorrimento de custos de armazenagem a partir do sexto dia após o recebimento dos contêineres de importação e sucata no porto.

$$\begin{aligned}
& XSepSSeg + XSepSTer + XSepSQua + XSepSQui + XSepSSex + XSepSSab + \\
& XSepCSeg + XSepCTer + XSepCQua + XSepCQui + XSepCSEX + XSepCSab = Dsep \\
& XSucSSeg + XSucSTer + XSucSQua + XSucSQui + XSucSSex + XSucSSab + \\
& XSucCSeg + XSucCTer + XSucCQua + XSucCQui + XSucCSEX + XSucCSab = Dsuc \\
& XASSeg + XASTer + XASQua + XASQui + XASSex + XASSab + XACSeg + \\
& XACTer + XACQua + XACQui + XACSEX + XACSab = DA \\
& XBSSeg + XBSTER + XBSQua + XBSQui + XBSSex + XBSSab + XBCSeg + XBCTer \\
& + XBCQua + XBCQui + XBCSEX + XBCsab = DB \\
& XCSSeg + XCSTER + XCSQua + XCSQui + XCSSex + XCSSab + XCCSeg + XCCter \\
& + XCCQua + XCCQui + XCCSEX + XCCsab = DC
\end{aligned}$$

Onde:

Dsep: Demanda de separador para uma dada semana.

Dsuc: Demanda de sucata para uma dada semana.

DA: Demanda de cabotagem categoria "A" para uma dada semana.

DB: Demanda de cabotagem categoria "B" para uma dada semana.

DC: Demanda de cabotagem categoria "C" para uma dada semana.

A proposta é que o modelo seja rodado semanalmente a partir da carteira de pedidos a serem atendidos via cabotagem e das demandas de entrega tanto de insumos quanto de sucata.

Além das restrições citadas, adicionam-se as restrições de que todas as variáveis devem ser números inteiros e a restrição de não negatividade.

6 RESULTADO E DISCUSSÕES

Nessa etapa, avalia-se o potencial de redução no custo de frete utilizando a sugestão de união de cargas leves e pesadas, também é projetado o *saving* gerado pelo aumento de produtividade dos veículos de frota própria. Por fim, são exibidos cenários do modelo de operações casadas e seus resultados são analisados.

6.1 União de cargas leves e pesadas

A operação explicada acima possui dois custos extras: a operação de transbordo na zona portuária e a diferença entre o frete de um veículo tipo porta-contêiner para uma carreta sider. A Operação de transbordo custa R\$ 600,00 por contêiner movimentado, enquanto que o frete da carreta sider custa R\$ 4.200,00, considerando que o frete de um veículo tipo porta-contêiner custa R\$ 3800, há um custo extra de R\$ 1.300,00 por operação, sendo R\$ 900,00 para transbordar um contêiner e meio para uma carreta sider e R\$ 400,00 para a contratação de uma carreta sider em relação a contratação de um porta contêiner.

Por outro lado, ao realizar esse tipo de operação, paga-se com o frete de uma carreta sider movimentação de um contêiner de chumbo mais meio contêiner de separador. Na prática, troca-se o frete de três veículos do tipo porta-contêiner (sendo dois para o transporte de chumbo e um para o transporte de separador) por dois fretes da carreta sider (cada carreta transportando uma carga inteira de chumbo e meia carga de separadores). Assim temos:

- Frete de três porta contêineres: $3 \times \text{R\$}3.800,00 = \text{R\$} 11.400,00$
- Frete de duas carretas tipo sider + 3 transbordos (sendo dois de chumbo e um de separador) = $2 \times \text{R\$} 4200 + 3 \times \text{R\$} 600 = \text{R\$} 10.200$
- *Saving* = $\text{R\$} 11.400 - \text{R\$} 1.200,00 = \text{R\$} 1.200,00$

Considerando o volume anual do ano de 2018 de operações possíveis, que foi de 400, temos um *saving* anual total de R\$ 480.000,00.

O número de operações possíveis do ano de 2018 é igual ao total de contêineres de separador trazidos no ano, uma vez que o número de contêineres de chumbo é muitíssimo superior ao de separador, havendo, assim, disponibilidade de contêineres de chumbo para realizar as operações unificadas de frete a qualquer momento, desde que hajam contêineres de separador disponíveis.

6.2 Primarização de fretes

No tocante a primarização do fretes, foram construídas, com base em reuniões e no diagrama de causa e efeito, as seguintes sugestões para elevar a produtividade dos veículos:

- Garantir, na contratação, que os rodotrens sempre receberão demandas *inbound* para as quais haja possibilidade de realizar operações casadas de frete. Dessa forma, cada viagem do veículo gerará um frete;
- Garantir antecedência de uma semana nas programações de contratação, evitando assim que os veículos parem enquanto a contratação procura possíveis programações para eles;
- Foi sugerido um cronograma, no qual o veículo deve sair para entregar dois contêineres cheios no porto às 6 de manhã, realizar a entrega ao meio dia e coletar dois novos contêineres de insumo, regressando a fábrica antes das 18 horas para que possa ser descarregado e carregado na madrugada e reiniciar o cronograma diário na manhã seguinte. Dessa forma, cada veículo realizaria 4 fretes ao dia;
- Para o cronograma citado acima, seriam criados indicadores de desempenho para monitorar as principais causas de inadequação dos veículos ao cronograma. (Exemplo: saída do veículo às 9 da manhã ao invés das 5). Dessa forma, será possível de maneira sistemática, levantar as principais causas de ineficiências e trata-las.

Além disso, foi projetado o potencial de *saving* mensal caso o cronograma seja seguido a risca ao longo do mês. Segundo a transportadora do grupo, cada frete que custa R\$ 3.200,00 gera um lucro de R\$ 400,00 para a transportadora. Considerando que cada veículo consegue fazer dois fretes por viagem e, dentro do cronograma, quatro fretes por dia de segunda a sábado o faturamento bruto mensal da empresa seria de R\$614.400,00 e um faturamento líquido de R\$ 76.800,00.

Já para a empresa de baterias, a vantagem residiria no aumento da oferta de um frete mais competitivo. Caso a transportadora do grupo consiga seguir o cronograma sugerido, haveria uma oferta mensal de 192 fretes pelo valor de R\$ 3.200,00 que é, em média, R\$ 400,00 mais barato do que o valor médio do frete praticado pelo mercado. Assim haveria um *saving* mensal de R\$ 76.800,00

6.3 Modelo de operações casadas

6.3.1 Testes do modelo de programação semanal de entregas e coletas

Para encontrar, semanalmente, dentro das restrições existentes, a melhor alternativa de programação de veículos, foi construído, com o auxílio da ferramenta *sovler*, um modelo de programação inteira.

Inicialmente, foi testado o seguinte cenário:

Tabela 6 - Exemplo de demanda semanal 1.

Projeção Semanal de movimentação			
Contêineres tipo 40'			
Deadlines Cabotagem (Outbound)		Recebimento (Inbound)	
Categoria A	3	Separador	8
Categoria B	3	Sucata	6
Categoria C	4		

No primeiro cenário, a previsão de pedidos de venda a serem expedidos via cabotagem aaaa de dez contêineres, sendo três da categoria “A”, três da categoria “B” e quatro da categoria “C”.

Para o cenário supracitado, o modelo retornou a seguinte sugestão.

Tabela 7 - Programação exemplo 1.

	Se.	Su.	C.A	C.B	C.C	Operações casadas
Segunda-feira	4	0	3	0	1	4
Terça-feira	4	5	0	3	3	6
Quarta-feira	0	1	0	0	0	0
Quinta-feira	0	0	0	0	0	0
Sexta-feira	0	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0
						10

Operações Inbound
 Operações Outbound

Para o cenário em questão, a sugestão mostra a possibilidade de casar 100% de toda a operação *outbound*. Considerando o desconto de 25% por operação, teríamos nessa semana modelo, a redução de custo num valor equivalente a dois fretes e meio.

Importante notar que todas as restrições foram respeitadas.

Tabela 8 - Restrições de demanda.

Projeção Semanal de movimentação			
Contêineres tipo 40'			
Deadlines Cabotagem (Outbound)		Recebimento (Inbound)	
Categoria A	3	Separador	8
Categoria B	3	Sucata	6
Categoria C	4		
Programação de movimentação			
Contêineres tipo 40'			
Deadlines Cabotagem		Recebimento	
Categoria A	3	Separador	8
Categoria B	3	Sucata	6
Categoria C	4		

Tabela 9 - Restrições de capacidade.

	Total Separador	Limite diário	Total Sucata	Limite diário	Total cabotagem	Limite diário
Segunda	4	4	0	0	4	10
Terça	4	4	5	5	6	8
Quarta	0	4	1	5	0	5
Quinta	0	4	0	5	0	5
Sexta	0	4	0	5	0	5
Sábado	0	0	0	5	0	5

Num segundo cenário, força-se a restrição relacionada ao prazo de atendimento dos pedidos categoria A.

Tabela 10 - Demanda semanal, exemplo 2.

Projeção Semanal de movimentação			
Contêineres tipo 40'			
Deadlines Cabotagem (Outbound)		Recebimento (Inbound)	
Categoria A	20	Separador	15
Categoria B	3	Sucata	10
Categoria C	4		

Nesse caso, essa foi a sugestão dada:

Tabela 11 - Programação, exemplo 2.

	Se.	Su.	C.A	C.B	C.C	Operações casadas
Segunda-feira	4	0	7	0	0	4
Terça-feira	4	4	8	0	0	8
Quarta-feira	4	1	5	0	0	5
Quinta-feira	4	0	0	3	1	4
Sexta-feira	3	0	0	0	3	3
Sábado	1	5	0	0	0	0
						24


 Operações Inbound
 Operações Outbound

É possível notar que, devido a restrição de prazo de entrega dos contêineres de cabotagem categoria “A”, a sugestão dada pelo modelo abre mão da realização de três operações casadas na segunda-feira. A sugestão mostra que, na segunda, deve-se realizar três entregas e sete coletas. Assim sendo, das sete coletas, quatro reaproveitariam os contêineres e veículos utilizados nas quatro operações de entrega de separador, os outros três precisariam ser contratados a parte, sem descontos no frete.

Para esse cenário, haveria um *Saving* correspondente a seis fretes.

O próximo cenário mostra um grande volume acumulado de chegadas de contêineres de separador ao porto.

Tabela 12 - Demanda semanal, exemplo 3.

Projeção Semanal de movimentação			
Contêineres tipo 40'			
Deadlines Cabotagem (Outbound)		Recebimento (Inbound)	
Categoria A	3	Separador	35
Categoria B	3	Sucata	6
Categoria C	4		

Para este cenário, o modelo não encontra nenhuma solução viável. Na prática, isso ocorre porque a capacidade acumulada de recebimento do centro de distribuição é de apenas 15 contêineres. Em semanas como essa, é recomendável negociar a utilização de recursos extras por parte do centro de distribuição com o objetivo de aumentar a sua capacidade de recebimento, não somente no intuito de viabilizar operações casadas, mas também no sentido

de evitar custos extras de sobreestadia e/ou Demurrage. O mesmo raciocínio pode ser aplicado num possível caso de um aumento repentino no volume de chegada de contêineres de sucata. Por esse motivo, não será detalhado um cenário de aumento de volume de contêineres de sucata.

6.3.2 Análise de sensibilidade

Para a análise de sensibilidade, será considerada a seguinte demanda semanal como base:

Tabela 13 - Demanda semanal, base para análise de sensibilidade.

Projeção Semanal de movimentação			
Contêineres tipo 40'			
Deadlines Cabotagem (Outbound)		Recebimento (Inbound)	
Categoria A	8	Separador	16
Categoria B	4	Sucata	6
Categoria C	3		

Todas as análises serão feitas com essa demanda, e as restrições citadas anteriormente, em cada cenário, será feita apenas uma mudança com relação a essa estrutura padrão.

A sugestão dada pelo modelo para o cenário acima é a seguinte:

Tabela 14 - Programação, exemplo base.

	Se.	Su.	C.A	C.B	C.C	Operações casadas
Segunda-feira	4	0	0	4	0	4
Terça-feira	4	5	8	0	0	8
Quarta-feira	4	1	0	0	3	3
Quinta-feira	4	0	0	0	0	0
Sexta-feira	0	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0
						15

Operações Inbound
 Operações Outbound

No intuito de propor cenários diferentes, algumas restrições são modificadas para avaliar o impacto das mesmas na função objetivo.

Primeiramente, a capacidade de recebimento de separador no centro de distribuição é reduzida em 100% na segunda-feira. A resposta dada pelo modelo é:

Tabela 15 - Programação com diminuição da capacidade do centro de distribuição.

	Se.	Su.	C.A	C.B	C.C	Operações casadas
Segunda-feira	0	0	0	0	0	0
Terça-feira	4	5	8	0	0	8
Quarta-feira	4	1	0	4	0	4
Quinta-feira	4	0	0	0	3	3
Sexta-feira	4	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0

15

Operações Inbound
 Operações Outbound

O valor da função objetivo não foi alterado, entretanto, é possível observar que os pedidos de cabotagem começam a ser atendidos apenas na terça. Ainda assim, todos os pedidos seriam liberados um dia antes da data limite.

No segundo cenário, a capacidade de recebimento de separador é aumentada em 50%. Esse foi o resultado obtido.

Tabela 16 - Programação com aumento da capacidade do centro de distribuição.

	Se.	Su.	C.A	C.B	C.C	Operações casadas
Segunda-feira	6	0	2	4	0	6
Terça-feira	4	5	6	0	0	6
Quarta-feira	4	1	0	0	3	3
Quinta-feira	2	0	0	0	0	0
Sexta-feira	0	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0

15

Operações Inbound
 Operações Outbound

Mais uma vez, o valor da função objetivo não muda, mas a distribuição das datas de atendimento muda, com os pedidos de venda sendo enviados entre dois e três dias antes de suas datas de corte.

Em seguida, testou-se o modelo para um cenário no qual a demanda por entrega de contêineres da categoria “A” aumenta para 20 unidades em uma semana.

Tabela 17 - Exemplo de aumento de demanda da categoria A.

	Se.	Su.	C.A	C.B	C.C	Operações casadas
Segunda-feira	2	0	7	0	0	2
Terça-feira	4	4	8	0	0	8
Quarta-feira	4	1	5	0	0	5
Quinta-feira	4	1	0	4	1	5
Sexta-feira	2	0	0	0	2	2
Sábado	0	0	0	0	0	0

22

Operações Inbound
 Operações Outbound

O valor da função objetivo aumenta de 15 para 22 unidades. Entretanto, vale salientar que o aproveitamento de operações casadas por unidade *outbound* cai de 100% para 91,67%. De vinte e quatro contêineres demandados para a semana, somente vinte e dois são atendidos com operações casadas.

Por fim, o modelo é executado num cenário no qual a demanda pelos pedidos de cabotagem categoria “A” é igual a zero.

Tabela 18 - Programação, eliminação da demanda da categoria A.

	Se.	Su.	C.A	C.B	C.C	Operações casadas
Segunda-feira	4	0	0	4	0	4
Terça-feira	4	5	0	0	3	3
Quarta-feira	4	1	0	0	0	0
Quinta-feira	4	0	0	0	0	0
Sexta-feira	0	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0
						7

Operações Inbound
 Operações Outbound

O valor da função objetivo cai de 15 para 7 unidades, entretanto, observa-se que os prazos de atendimento aos pedidos de venda são atendidos com boa margem.

É notório que, para maximizar os resultados, é importante buscar sinergia entre os volumes de demanda de pedidos de venda e recebimento de pedidos de exportação. Isso é possível através de negociação com clientes e fornecedores, que levem em consideração fatores como o abastecimento das fábricas e os níveis de estoque de cada um dos clientes. É extremamente válido, em termos de custo de frete, explorar as margens existentes tanto para entrega de pedidos quanto para o recebimento de insumos visando um maior número de oportunidades de realizar as chamadas operações casadas.

7 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como intuito abordar estratégias, a partir de abordagens qualitativas e quantitativas que pudessem gerar sugestões para redução de custo de frete na operação de transporte terrestre de contêineres de um fabricante de baterias automotivas.

A estratégia de união de cargas leves e pesadas, a exemplo do chumbo e separador, mostrou-se efetiva em termos de custos, mas operacionalmente complexa, tendo em vista diversos fatores que precisam ser levados em consideração, a exemplo do tempo de operação de transbordo, os prazos de entrega de cada material e questões relacionadas ao recebimento fiscal das mercadorias depois de mescladas.

A primarização do frete apareceu como vantajosa em termos de custos, o perfil do veículo escolhido para a operação apareceu como causa-raiz das maiores problemáticas que estão impedindo os veículos de serem produtivos e melhorar o balanço do grupo, tanto na ponta de custos, quanto na ponta de lucros.

Com relação as operações casadas, o modelo mostrou-se efetivo para geração da programação semanal de movimentação com base na demanda, respeitando as restrições relevantes existentes, garantindo o atendimento aos prazos de entrega nos clientes e explorando ao máximo as oportunidades de redução de custo de frete.

Com relação as implicações gerenciais do trabalho, destacam-se o mapeamento inicial da problemática de primarização de frete, a demonstração do *saving* na operação de união de cargas leves e pesadas e o modelo de programação inteira que pode ser utilizado como ferramenta para reduzir o esforço operacional na programação semanal de veículos e garantir o menor custo de frete.

REFERÊNCIAS

- AC CAMPOS. **O que é armador e seu papel no comércio exterior**. 2018. Disponível em <<http://accamposcomex.com/blog/o-que-e-armador-e-seu-papel-no-comercio-exterior/>>. Acesso em outubro, 2019.
- AGÊNCIA BRASIL. Exportação de frutas cresce 18,3% nos primeiros meses de 2018. 2018. Disponível em <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-04/exportacao-de-frutas-cresce-183-nos-primeiros-meses-de-2018>>. Acesso em novembro 2019.
- BALDAM, R. L.; NETO, M. R.; LORENZONI, L. L.; COSTA, L.; JUNIOR, T. P. C. **Métodos para aumento da produtividade dos terminais de contêineres baseado em *lean service***. Journal of Lean Systems. Vol. 3, nº 2, pp. 131-150, 2018.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos – Logística empresarial**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- CABRAL, M. P. **DEMURRAGE: A Sobre-Estadia de Contêiner no Transporte Marítimo Internacional**. 2013. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Estratégia, Planejamento e operação**. São Paulo, Pearson , 2004.
- CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Transporte rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**, Brasília, 2017. Disponível em <http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_transporte_rodoviario_infraestrutura.pdf>. Acesso em novembro, 2019.
- DIAS, M. A. **Logística, transporte e infraestrutura: armazenagem, operador logístico via TI, multimodal**. São Paulo: Atlas, 2012.
- GONÇALVES, I. V. F. . **Logística aquaviária – modal de cabotagem: desafios e ganhos para o transporte no Brasil**. 2017. Monografia de estágio supervisionado (Graduação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

ILOS. **Matriz de transporte de cargas**, 2019. Disponível em <<https://www.ilos.com.br/web/novo-governo-e-as-novas-perspectivas-para-a-area-de-transportes/attachment/34249/>>. Acesso em novembro, 2019.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. 2 ed. São Paulo. Pearson Prentice Hall: 2009.

MDIC. **Balança comercial brasileira: semanal**. 2019. Disponível em <<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-semanal>>. Acesso em novembro, 2019.

POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

SIMPLIFICA FRETES. **Entenda o que é demurrage de container**. 2017. Disponível em <<https://blog.simplificafretes.com.br/entenda-o-que-e-demurrage-de-container/>>. Acesso em outubro, 2019.