



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE**  
**E GESTÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS**  
**DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO**

**MBA EM GESTÃO DE PROJETOS**

**ANDRÉA VALÉRIA CERVANTES DE OLIVEIRA MONTEIRO**

**A Pesquisa Operacional na Gestão de Transporte do Exército  
Brasileiro: A Otimização Aplicada no Módulo Transporte do  
Projeto Estratégico SIGELOG**

**BRASÍLIA**

**2020**

**ANDRÉA VALÉRIA CERVANTES DE OLIVEIRA MONTEIRO**

**A Pesquisa Operacional na Gestão de Transporte do Exército Brasileiro: A Otimização Aplicada no Módulo Transporte do Projeto Estratégico SIGELOG**

Projeto de Monografia apresentado ao Departamento de Administração da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Projetos.

**Professor Orientador:** Professor Doutor Herbert Kimura.

BRASÍLIA

2020

**ANDRÉA VALÉRIA CERVANTES DE OLIVEIRA MONTEIRO**

**A Pesquisa Operacional na Gestão de Transporte do Exército Brasileiro: A Otimização Aplicada no Módulo Transporte do Projeto Estratégico SIGELOG**

A Comissão Examinadora, abaixo identificada, aprova o Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Gestão de Projetos da aluna

**Andréa Valéria Cervantes de Oliveira Monteiro**

Prof. Dr. Herbert Kimura  
Professor-Orientador

Prof. Dr. Evaldo César Cavalcante Rodrigues  
Professor-Examinador

Msc. Ricardo Shinzato  
Coronel do Exército-Examinador

Brasília, 31 de agosto de 2020.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos aqueles da área de Logística, principalmente na Gestão de Transporte, que queiram aprofundar seus conhecimentos em otimização com a utilização da Pesquisa Operacional.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, que me guia em todos os dias da minha vida, me fortalecendo a cada amanhecer.

À minha mãe Elisabeth, por me conceder a vida e pela incansável dedicação e amor que me dedica todos os dias.

Ao meu esposo Regivaldo, pela compreensão pelos momentos ausentes para realização e conclusão dessa especialização em Gestão de Projetos; e pelo amor e carinho sempre presentes.

Aos meus filhos, Isabella e Arthur, que tiveram a maturidade de compreender tantos momentos dedicados ao curso e porque são os amores de minha vida.

Ao Gen Div Orlando e aos integrantes da Assessoria do SIGELOG por me permitir realizar este curso pelo Comando Logístico.

Ao Coronel Ricardo Shinzato por me repassar tanto conhecimento da gestão de transporte executada no módulo de transporte do SIGELOG e de tantos outros conhecimentos de logística.

Aos integrantes do ECT por ajudarem a compreender melhor o processo de transporte.

Aos professores do curso de MBA em Gestão de Projetos da Universidade de Brasília - UnB, por terem repassado, com muita propriedade, seus conhecimentos adquiridos ao longo de suas vidas acadêmicas.

Ao meu orientador Prof. Doutor Herbert Kimura, pelas orientações precisas, correções e sugestões que muito me ajudaram na construção deste TCC.

Aos colegas dessa 2ª turma MBA EB/UNB, por termos compartilhado conhecimentos e experiências tão diversas e demonstrando altíssimo padrão acadêmico aos nossos professores.

A todos os familiares, amigos e colegas que me ajudaram ao longo desta caminhada.

"Quem perde seus bens perde muito. Quem perde um amigo perde mais. Mas quem perde a coragem perde tudo."

Miguel de Cervantes

## RESUMO

O Exército Brasileiro e seus diversos órgãos se voltam cada vez mais para a modernização de suas tecnologias, o que implica a busca de dados processados com significados para soluções de problemas na tomada de decisões. Vivemos a era do *Big Data*, da grande quantidade de dados, da facilidade de armazenamento em nuvem de dados. Nesse contexto, existem as ferramentas de *Business Intelligence (BI)*, que convertem dados brutos em *dashboards* e relatórios, e de *Data Science*, que emprega métodos científicos para exploração de dados, estabelecimento de hipóteses e seus respectivos testes, simulações e modelagens estatísticas. Este trabalho tem por objetivo apresentar uma aplicação dessa ciência dos dados, entendendo-a como um caminho para a nova realidade da otimização, ou seja, buscar a racionalização nos processos de transporte com economia de recursos. Para tal, utiliza a metodologia da Pesquisa Operacional, tanto com métodos exatos, a exemplo do problema do caixeiro viajante com a utilização da programação linear inteira (PPLI), quanto com métodos heurísticos (aproximativos), como o de Clarke e Wright (1964), para otimizar rotas na entrega de suprimentos pelo Sistema de Transporte do Exército Brasileiro. Os resultados da pesquisa mostraram que o módulo de Transporte do SIGELOG permite obter informações de rastreamento da carga; de fluxo de demanda de todas as classes de suprimento, entre as Regiões Militares e dentro delas, permitindo análise da cadeia de suprimento e sendo, portanto, um benefício a sua utilização tanto no nível nacional, quanto no regional. A pesquisa mostra também a necessidade de implementação de melhorias no processo de transporte, principalmente no que diz respeito à capacitação e à arrumação das cargas dentro dos veículos e, por último, aponta para uma economia de recursos significativa possibilitada pela utilização de um modelo matemático de roteirização.

**Palavras-Chave:** Pesquisa Operacional, Logística de Transporte do Exército, Exército Brasileiro, Defesa.

## **ABSTRACT**

*The Brazilian Army and its various bodies are increasingly turning to the modernization of their technologies, which implies the search for processed data with meanings for solving problems in decision making. We live in the era of Big Data, the large amount of data, the ease of data cloud storage. In this context, there are Business Intelligence (BI) tools, which convert raw data into dashboards and reports, and Data Science, which employs scientific methods for data exploration, hypothesis establishment and their respective tests, simulations and statistical modeling. This work aims to present an application of this data science, understanding it as a path to the new reality of optimization, that is, to seek rationalization in transportation processes with economy of resources. To this end, it uses the Operational Research methodology, both with exact methods, such as the traveling salesman problem with the use of the entire linear programming (PPLI), and with heuristic (approximate) methods, such as Clarke and Wright (1964), to optimize routes in the delivery of supplies by the Brazilian Army's Transport System. The research results showed that the SIGELOG Transport module allows to obtain cargo tracking information; demand flow of all classes of supply, between and within the Military Regions, allowing analysis of the supply chain and, therefore, a benefit to its use both at the national and regional levels. The research also shows the need to implement improvements in the transport process, mainly with regard to the training and storage of loads inside vehicles and, finally, it points to a significant saving of resources made possible by the use of a mathematical model of scripting.*

**Keywords:** *Operational Research, Army Transport Logistics, Brazilian Army, Defense.*



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1 – Alinhamento Estratégico do Prg EE SLMT.....	27
Figura 2 – Estrutura do SIGELOG.....	28
Figura 3 – Módulos do SIGELOG.....	31
Figura 4 – Tela do SIGELOG Listar Missão para o Comando.....	32
Figura 5 – Eixos de Transporte Nacional.....	37
Figura 6 – Planejamento da rota do Eixo de transporte no SIGELOG.....	38
Figura 7 – Pontos itinerários no SIGELOG.....	39
Figura 8 – Acompanhamento no SIGELOG da passagem da viatura nos PI.....	40
Figura 9 – Monitoramento em tempo real das viaturas do eixo de Transporte.....	41
Figura 10 – SIGELOG internet.....	42
Figura 11 – Exemplo de fluxo de rede.....	48
Figura 12 - Rota inicial do método CW.....	51
Figura 13 - Rota final do método CW.....	51
Figura 14 – Organograma do COLOG.....	54
Figura 15 – Mapa com Eixo Nordeste.....	56
Figura 16 – Rede de retorno do Eixo Nordeste (Roteirização por Região Militar).....	73
Figura 17 – Caminho mínimo após aplicação do SOLVER e LPSOLVE do R.....	76
Figura 18 – Fluxo de rede a ser executado após retorno do Eixo Nordeste.....	77
Figura 19 – Características dos contêineres sobre as viaturas.....	78
Figura 20 – Rotas obtidas após método de Clarke e Wright.....	80

### GRÁFICOS

Gráfico 1 – Solicitações de Transporte no Módulo Transporte.....	32
Gráfico 2 - Ordem de Fornecimento (ODF) – Peso total em Kg – Cl A entre RM.....	58
Gráfico 3 - Ordem de Fornecimento (ODF) – Cubagem total em m <sup>3</sup> – Cl A entre RM.....	58
Gráfico 4 - Ordem de Transferência (ODT) – Peso em Kg – Cl A entre RM .....	60
Gráfico 5 - Ordem de Transferência (ODT) – Peso em Kg – Cl A entre 1ª RM e demais RM .....	60

Gráfico 6 - Ordem de Transferência (ODT) – Cubagem em m <sup>3</sup> – Cl A entre RM.....	61
Gráfico 7 - Ordem de Transferência (ODT) – Cubagem em m <sup>3</sup> – Cl A entre 1 <sup>a</sup> RM e demais RM .....	62
Gráfico 8 - Resposta a utilização de aplicativo para arrumação de carga.....	63
Gráfico 9 – Resposta ao tipo de aplicativo para arrumação da carga.....	64
Gráfico 10 – Resposta a utilização de UEPS.....	64
Gráfico 11 – Resposta com motivos da não utilização do método UEPS.....	65
Gráfico 12 – Resposta ao grau de importância em relação as condições da via.....	65
Gráfico 13 - Resposta ao grau de importância em relação a congestionamento na via.....	66
Gráfico 14 - Resposta ao grau de importância em relação a arrumação das cargas.....	66
Gráfico 15 - Resposta ao grau de importância em relação a distância até o destino.....	66
Gráfico 16 - Resposta ao grau de importância em relação ao ponto de apoio.....	67
Gráfico 17 - Resposta ao grau de importância em relação a existência de posto de abastecimento.....	67
Gráfico 18 - Resposta em relação a quantidade de militares com capacitação em arrumador de carga.....	68
Gráfico 19 – Respostas em relação as habilitações de motorista.....	68
Gráfico 20 - Respostas em relação as oportunidades de melhoria no processo de transporte.....	69
Gráfico 21 – Pedidos de Transporte Nacional.....	70
Gráfico 22 – Peso total (t) e Cubagem total (m <sup>3</sup> ) dos pedidos de Transporte Nacional.....	71
Gráfico 23 – Pedidos de Transporte Regional.....	71
Gráfico 24 – Peso total (t) e Cubagem total (m <sup>3</sup> ) dos pedidos de Transporte Regional.....	71
<b>QUADROS</b>	
Quadro 1 – Classes de suprimento.....	29
Quadro 2 – Matriz de distância literal.....	47
Quadro 3 – Ordem de Fornecimento (ODF) – Peso total em Kg – Cl A entre RM.....	57
Quadro 4 - Ordem de Fornecimento (ODF) – Cubagem total em m <sup>3</sup> – Cl A entre RM.....	58

Quadro 5 - Ordem de Transferência (ODT) – Peso total em Kg – Cl A entre RM.....	59
Quadro 6 - Ordem de Transferência (ODT) – Cubagem total em m <sup>3</sup> – Cl A entre RM.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Versão paralela do Algoritmo de Clarke e Wright.....	50
Tabela 2 – Algoritmo da lista de savins.....	51
Tabela 3 - 1º dia de retorno do Eixo Nordeste.....	72
Tabela 4 - 2º dia de retorno do Eixo Nordeste.....	72
Tabela 5 - 3º dia de retorno do Eixo Nordeste.....	72
Tabela 6 – Coordenadas Geográficas do SIGELOG.....	74
Tabela 7 – Matriz de distâncias em Km após fórmula de Haversine.....	75
Tabela 8 – Resultado do PCV pelo Solver/ Excel e Ipsolve/ R.....	75
Tabela 9 – Matriz de distâncias em Km no fluxo de rede.....	77
Tabela 10 – Cargas das demandas de retorno.....	78
Tabela 11 – Ganhos de Economia de Clarke e Wright.....	78
Tabela 12 - Ganhos de Economia de Clarke e Wright ordenados.....	78
Tabela 13 – Rotas Factíveis.....	79
Tabela 14 – Resultados da aplicação de CW com NRPCl pelo Ipsolve/ R.....	79
Tabela 15- Distâncias percorridas e quantidades de viaturas no retorno do Eixo Nordeste.	81
Tabela 16 – Distâncias percorridas e quantidades de viaturas após roteirização.....	81
Tabela 17 – Comparação entre processos de entrega.....	81

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMAN	Academia Militar das Agulhas Negras
AET	Autorização Especial de Trânsito
BI	<i>Business Intelligence</i>
C Op Log	Centro de Operações Logísticas
CASNAV	Centro de Análise e Sistemas na Marinha do Brasil
CDS	Centro de Desenvolvimento de Sistemas
COLOG	Comando Logístico
CVRP	<i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i>
CW	Clarke e Wright
DQBRN	Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear
EB	Exército Brasileiro
ECT	Estabelecimento Central de Transporte
EME	Estado-Maior do Exército
EPEX	Escritório de Projetos do Exército
EPT	Eixo Principal de Transporte
FS	Forças Singulares
HMA	Hospital Militar de Área
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
MAPROEx	Mapeamento de Processo do Exército
NEGAPEB	Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento de Projetos no Exército Brasileiro
NEGAPORT	Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento do Portfólio e dos Programas Estratégicos do Exército Brasileiro
NOTLOG	Norma para Transporte Logístico de Superfície
NRPCL	<i>Node Routing Problem with Capacity and Length Constraints</i>
ODF	Ordem de Fornecimento
ODT	Ordem de Transferência
OM	Organização Militar

OMET	Organização Militar Executora de Transporte
OMLS	Organizações Militares Logísticas Singulares
OP	Órgão Provedor
PBCT	Peso Bruto Total Combinado
PCV	Problema do Caixeiro Viajante
PEEEx	Plano Estratégico do Exército
PI	Ponto Itinerário
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PO	Pesquisa Operacional
PPLI	Problema de Programação Linear Inteira
Pq R Mnt	Parque regional de Manutenção
Prf EE	Portfólio Estratégico do Exército
Prg EE SLMT	Programa Estratégico do Exército Sistema Logístico Militar Terrestre
PRV	Problema de Roteamento de Veículo
PRVC	Problema de Roteamento de Veículo Capacitado
PRVJT	Problema de Roteamento de Veículo com Janela de Tempo
RM	Região Militar
RT	Requisição de Transporte
SBPO	Sociedade Brasileiro de Pesquisa Operacional
SIGELOG	Sistema Integrado de Gestão Logística
SIL	Sistema Integrado de Logística
SISCOFIS	Sistema de Controle Físico
SISDOT	Sistema de Dotação
SISLOGD	Sistema de Logística de Defesa
STA	Sistema de Transporte da Aeronáutica
STD	Sistema de Transporte de Defesa
STEB	Sistema de Transporte do Exército Brasileiro
STMB	Sistema de Transporte da Marinha do Brasil
TI	Tecnologia da Informação

TSP

*Travelling Salesman Problem*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1 Contextualização.....	18
1.2 Formulação do problema.....	19
1.3 Objetivo Geral .....	20
1.4 Objetivos Específicos .....	20
1.5 Justificativa.....	20
<b>2 REVISÃO TEÓRICA .....</b>	<b>22</b>
2.1 Gestão de Projetos .....	22
2.2 Desempenho na Gestão de Projetos.....	24
2.3 Projeto SIGELOG .....	26
2.4 Pesquisa Operacional na Gestão de Transportes .....	33
2.4.1 Pesquisa Operacional.....	33
2.4.2 Roteirização de Veículos.....	35
2.4.3 Tecnologia embarcada aplicada na Logística de Transporte.....	39
<b>3 MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA.....</b>	<b>43</b>
3.1 Tipologia e descrição geral dos métodos de pesquisa .....	43
3.1.1 Estudo de caso.....	44
3.1.2 Metodologia.....	45
3.1.2.1 Problema de Programação Linear Inteira (PPLI).....	45
3.1.2.2 Fluxo de Rede (Grafo).....	47
3.1.2.3 Método Heurístico de Clarke e Wright.....	50
3.1.2.4 Método de Roteamento dos nós com restrições de capacidade e comprimento (NRPCL).....	52
3.2 Caracterização da organização, setor ou área objeto do estudo .....	53
3.3 Participantes da pesquisa .....	54
3.4 Caracterização e descrição dos instrumentos de pesquisa.....	54
3.5 Procedimentos de coleta e de análise de dados.....	55
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES. ....</b>	<b>56</b>
4.1 Eixo Nordeste.....	56



4.2 Demanda de Suprimentos.....	57
4.2.1 Demanda nas Regiões Militares no SIGELOG originada por ODF.....	57
4.2.1.1 Classe de Suprimento A.....	57
4.2.2 Demanda nas Regiões Militares no SIGELOG originada por ODT.....	59
4.2.2.1 Classe de Suprimento A.....	59
4.3 Avaliação do Processo de Transporte.....	62
4.4 Análise do Módulo Transporte do SIGELOG.....	70
4.5 Proposta de Roteirização.....	72
4.5.1 Problema do Caixeiro Viajante (PCV) com Problema de Programação Linear Inteira (PPLI).....	73
4.5.2 Heurística de Clarke e Wright e método NRPCL.....	76
4.5.3 Comparação de custos.....	80
<b>5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>83</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>94</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Exército Brasileiro (EB) encontra-se num processo de transformação da Força em busca de novas tecnologias da informação e soluções rumo à era do conhecimento. Tempo em que as ferramentas tecnológicas crescem de importância para a solução criativa e sustentável de problemas nas mais diversas áreas de atuação da Força Terrestre.

Dentro deste contexto e segundo Diretrizes do seu Comandante, o Exército Brasileiro criou o portfólio de Programas Estratégicos, observando um efetivo aprimoramento dos sistemas e uma gestão efetiva dos recursos disponíveis, uma vez que no triênio 2020-2023 estima-se que os recursos destinados aos custos desta necessária transformação sofrerão uma significativa redução. Assim, faz-se crucial a busca por sistemas de otimização nas diversas áreas de atuação do Exército para o cumprimento de suas missões constitucionais.

O Portfólio Estratégico do Exército (Ptf EE), conjunto de documentos estabelecidos pelo Escritório de Projetos do Exército (EPEX) do Estado-Maior do Exército (EME), está dividido em três dimensões (Defesa da Sociedade, Dimensão Humana e Geração de Força) e vinculado à dimensão intitulada Geração de Força, encontra-se o Programa Estratégico do Exército Sistema Logístico Militar Terrestre (Prg EE SLMT), que, por sua vez, está dividido em três projetos estratégicos: Centro de Operações Logísticas (C Op Log); Sistema de Transporte do Exército Brasileiro/Adequação e instalação de transporte (STEB/AIT) e Sistema Integrado de Gestão Logística (SIGELOG).

Dando continuidade ao processo de transformação do Exército rumo à era do conhecimento, o Plano Estratégico do Exército para o presente triênio (PEEX 2020-2023) enfatiza, em seu objetivo estratégico de número oito, a estratégia de implantação de uma efetiva gestão logística. Esta estratégia desdobra-se na ação estratégica que consiste em implantar o Sistema Integrado de Gestão Logística (SIGELOG), baseado em Tecnologia de Informação e Comunicações.

O projeto SIGELOG é um *software* composto por módulos, alguns já entregues, outros ainda em desenvolvimento. Entre os módulos já entregues estão o de controle de acesso, o de identificação e o de transporte. Cada módulo possui um gerente, que conduz o processo de criação das funcionalidades junto a uma empresa de desenvolvimento de *software* contratada, em conjunto com o Centro de Desenvolvimento de Sistemas do Exército (CDS). Este trabalho está afeto ao módulo de transporte, tendo em vista que se vale de seus lançamentos para uma

análise do atual sistema de transportes rodoviários e para a proposição de otimização de rotas por meio da utilização da pesquisa operacional.

### 1.1 Contextualização

Para uma adequada compreensão da questão tratada, é necessário entender o significado e a origem da palavra logística. Segundo TEPIC, Jovan *et al.* (2011), o surgimento da palavra "logística" se correlaciona temporalmente com a invenção do motor a vapor, no século XVIII (1764) e possui duas versões, ambas de origem francesa. Na primeira versão, "*logistique*", deriva do posto militar "*Marechal des logis*", que indica o responsável pela organização das tropas de apoio militar. Na outra versão, remete a "*loger*", vocábulo que se refere a uma organização militar em um acampamento.

No Exército Brasileiro a palavra logística está inserida em muitas definições.

Segundo o Manual de Campanha do Exército Brasileiro intitulado Logística Militar Terrestre, "a logística militar terrestre deve ser concebida para atender às operações de amplo espectro, em situações de guerra e não guerra, com uma estrutura capaz de evoluir de uma situação de paz para a de guerra/conflito armado." (BRASIL, 2018, p. 1-1). "Na doutrina da logística militar terrestre adotada pelo EB, as funções logísticas são: suprimento, manutenção, transporte, engenharia, recursos humanos, saúde e salvamento" (BRASIL, 2018, p. 3-1).

No que diz respeito à função logística denominada transporte, "o Exército Brasileiro integra, com as demais Forças Armadas, o Sistema de Transporte de Defesa (STD), mantendo, desde a situação de normalidade, o Sistema de Transporte do Exército Brasileiro (STEB)." (BRASIL, 2018, p. 3-14).

Este trabalho está direcionado para a função logística de transporte, que, segundo o Manual Logística Militar Terrestre é "a função que envolve os conceitos de movimento, que consiste na ação de deslocar recursos (pessoal, material, estoques e outros) de uma região para outra, e de transporte, que engloba os meios especializados para movimentar esses recursos, incluindo os equipamentos para manipulação de material" (BRASIL, 2018, p. 3-14).

A função logística de transporte está muito relacionada com a função logística de suprimento, uma vez que esta se vale daquela para a provisão das Organizações Militares (OM) com as diversas classes de suprimento necessárias às organizações e às forças apoiadas.

Relaciona-se, também, à função logística de manutenção, uma vez que o transporte envolve a necessidade de viaturas em boas condições de usabilidade e segurança.

## **1.2 Formulação do problema**

Segundo o Manual de Transporte para uso das Forças Armadas, o Sistema de Transporte de Defesa (STD) é parte integrante do Sistema de Logística de Defesa (SISLOGD) e está dividido em Sistema de Transporte da Marinha do Brasil (STMB); Sistema de Transporte do Exército Brasileiro (STEB); e Sistema de Transporte da Aeronáutica (STA). (BRASIL, 2013)

O STEB é utilizado para atender demandas de transporte de suprimentos das organizações militares distribuídas por 12 regiões militares dentro do território nacional.

No território de cada RM estão localizados os Depósitos de Suprimentos (D Sup), Batalhões Logísticos (B Log), Parques de Manutenção (Pq R Mnt) e Companhias de Transporte (Cia Trnsp) para apoio ao STEB.

As demandas de transporte podem ser intrarregionais (dentro de uma mesma RM) ou inter-regional (entre diferentes RM). As demandas intrarregionais são atendidas por transporte regional, que pode ocorrer entre Órgãos Provedores (OP) regionais e Organizações Militares apoiadas na área de responsabilidade da RM em que esses OP regionais estão inseridos ou entre Organizações Militares da mesma RM. As demandas inter-regionais são atendidas por transporte nacional, que ocorre entre OP nacionais e OP regionais ou entre Órgãos Provedores de diferentes RM. O transporte nacional é realizado em eixos prioritários de transporte (Amazônico, Norte, Nordeste e Sul), que ocorrem uma única vez a cada semestre para cada eixo. O ponto de partida desses eixos ocorre no Estabelecimento Central de Transporte (ECT), no Rio de Janeiro (RJ). O ECT é uma Organização Militar Executora de Transporte (OMET) nacional, embora toda OM, em princípio, possa exercer tal papel. Grande parte destas demandas são atendidas por meio de transporte rodoviário.

Diante das considerações, o presente trabalho busca responder à seguinte pergunta: Como atender as demandas de transporte, tanto nacional quanto regional, de forma mais otimizada, com redução de custos e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis?

### **1.3 Objetivo Geral**

Este trabalho tem por objetivo geral analisar o sistema de transporte de cargas pelo Exército Brasileiro com base em informações do SIGELOG, com vistas a uma proposta de otimização de rotas, dadas as demandas existentes e as capacidades disponíveis.

### **1.4 Objetivos Específicos**

1.4.1. Demonstrar as demandas feitas no módulo de transporte do SIGELOG de uma classe de suprimento e capacidades da atual estrutura de Gestão de Transporte no Exército Brasileiro.

1.4.2. Identificar oportunidades de melhoria no módulo transporte do projeto SIGELOG.

1.4.3. Utilizar a pesquisa operacional como ferramenta para otimização de rotas, em um dos eixos de transporte, por meio de modelos de roteirização.

### **1.5 Justificativa**

Em tempos de recursos financeiros escassos, torna-se necessário buscar alternativas otimizadas para cumprir a missão de transporte sem perder a qualidade e satisfazendo aos vários requisitos logísticos.

Segundo SPERANZA, M. Grazia (2018), os problemas de transporte e logística tiveram que ser resolvidos por muito tempo, antes da invenção dos computadores, por Pesquisa Operacional (*Operational Research – OR*, na sigla em inglês) e com os primeiros modelos de otimização, a *OR* contribuiu de forma significativa para tornar os sistemas de transporte eficientes.

O presente trabalho visa propor soluções de otimização de rotas e/ou de distribuição de suprimentos em fluxo de rede, de modo a reduzir custos no transporte de carga e aumentar o atendimento da demanda de suprimentos do Exército Brasileiro. Como observa Ballou (2006), o custo de transporte normalmente representa de um a dois terços dos custos logísticos totais.

O trabalho está dividido em quatro partes. Nesta primeira parte, a introdução, fizemos uma contextualização do tema escolhido, a formulação do problema, a definição dos objetivos e a justificativa. Na segunda parte, expomos uma revisão teórica do tema, abordando a gestão de projetos, o desempenho na gestão de projetos, o projeto objeto desse trabalho: o SIGELOG

e a pesquisa operacional na gestão de transportes. Na terceira parte, abordamos os métodos e as técnicas de pesquisa. Por fim, na última apresentamos resultados dos dados trabalhados.

## 2 REVISÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como objetivo realizar uma revisão da literatura acerca da gestão de projetos, do desempenho em projetos, principalmente os de desenvolvimento de *softwares* e da pesquisa operacional aplicada à gestão de transporte.

A intenção é buscar na literatura embasamento teórico para justificar a inclusão, no projeto estratégico SIGELOG, do conceito de *Data Science*, ou seja, a ciência dos dados, que utiliza uma grande quantidade de dados (*Big Data*) para formulação de hipóteses e testes de hipóteses, modelos de simulações e modelagens estatísticas.

### 2.1 Gestão de projetos

A gestão de projetos no Exército Brasileiro é relativamente recente. O Escritório de Projetos do Exército (EPEX) foi criado em 2005, por intermédio da Portaria nº 224-EME, de 23 de dezembro de 2005, que aprovou a Diretriz para a implantação e para o funcionamento do escritório.

Com a criação do EPEX, foram aprovados, em 2007, as Normas de Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento de Projetos no Exército Brasileiro (NEGAPEB), que revogaram uma das primeiras normas de gerenciamento de projetos, que foi a aprovada pela portaria Nº111-EME, de 22 de outubro de 2001. As NEGAPEB utilizam conceitos estabelecidos no PMBOK - Guia de Melhores Práticas em Gestão de Projetos.

A Portaria Nº 176 - EME, de 29 de agosto de 2013, aprovou uma nova atualização das NEGAPEB, que procuram atualizar conceitos e metodologias e estão em uso até o presente momento, embora haja em andamento uma nova atualização. (BRASIL, 2013)

No Exército Brasileiro, cada vez mais vem crescendo a cultura do gerenciamento de projetos e, mais recentemente, de programas. Desta forma, o conhecimento mais aprofundado nessas áreas se torna importante frente às exigências de instituições de auditoria, que a todo tempo cobram a justificativa dos gastos, o cumprimento de prazos e os benefícios destes projetos e programas.

“Entregar projetos que atendam às metas de prazo, custo e especificações planejadas e que também atendam aos objetivos de negócio que o justificaram é ainda um desafio a ser superado pelas as empresas.” (CHAOS REPORT, 1995; MARQUES JUNIOR, 2000; SHENHAR; DVIR, 2007 apud JUNIOR *et al.*, 2011, p. 1)

Patah e Carvalho (2012) sugerem que o sucesso no gerenciamento de projetos traz mais benefícios com relação a prazo e margem do que em relação a benefícios financeiros.

Moreno e Silva (2010) relatam que, apesar dos crescentes avanços em técnicas e conhecimentos na área de gerência de projetos (GP), ainda são registradas altas taxas de fracasso em projetos associados à Tecnologia de Informação (TI).

Como se pode constatar, gerenciar projetos é um grande desafio para o gerente de projeto e sua equipe, ainda mais quando se trata de projeto de tecnologia da informação, como é o caso do SIGELOG, que integra informação de vários sistemas existentes ligados à logística de material. Muitas são as partes interessadas em um projeto de desenvolvimento de *software*, com conhecimentos diferenciados e experiências diversificadas. É necessária uma gestão com muita comunicação e integração entre essas partes interessadas, para que o seu desenvolvimento não ultrapasse prazos de entregas a ponto de se tornar defasado em relação a novas formas de desenvolvimento de *software*.

De Oliveira Corrêa (2016) reforça a ideia de que pontualidade nas entregas dos projetos de *software* é um dos problemas que mais ocorrem na gestão de projetos e que muitas das vezes isto se deve à falta de comprometimento com entregas.

Realizar entregas em um projeto de TI não é uma tarefa fácil, uma vez que o ritmo de cada parte interessada segue uma lógica bem diferente. Se por um lado, temos as partes interessadas do negócio e que estão preocupadas em dizer como funcionam seus processos nas várias fases do ciclo logístico do projeto SIGELOG; por outro, temos as partes interessadas da parte técnica de TI, preocupadas em traduzir toda a demanda do negócio em codificações, códigos e telas do novo *software*.

Vahidnia, Tanrıöver e Askerzade (2016) fizeram uma análise de riscos e foram identificados os principais fatores de riscos provenientes da gestão de projetos de *softwares*. Alguns dos principais fatores de riscos evidenciados nesse trabalho foram a lacuna entre tecnologia e o conhecimento da equipe, projetos com grande escopo, falta de experiência do gerente do projeto, o planejamento incipiente, o baixo conhecimento e entendimento das necessidades dos clientes, a falta de testes, a identificação de defeitos tarde demais, a falta de conhecimento com processos de engenharia de *softwares*, a falta de treinamento da equipe e a dependência de uma “pessoa-chave”.



Todos os problemas elencados no parágrafo anterior, mostram a dificuldade de gerenciar um projeto de desenvolvimento de *software*, que normalmente são projetos de valor elevado, o que torna imperioso evitar que todas estas falhas, uma vez que estas gerarão manutenções futuras no sistema, provocando custos adicionais.

Kerzner (2018) simplifica concluindo que a desconfiança e o medo do gerente de projetos levaram executivos a criar a posição de patrocinador do projeto, deixando para os gerentes de projeto decisões predominantemente técnicas e operacionais.

No caso do projeto SIGELOG, há a peculiaridade de que as pessoas do negócio que envolve o ciclo logístico trabalham em organizações militares de variada natureza. Sendo assim, há necessidade de que a comunicação seja muito bem afinada para que, ao final, o sistema propicie uma integração de fato e atenda a todos aqueles que se utilizarão de suas diversas fases do ciclo logístico.

Em (PMI, 2014) apud Cyganczuk *et al.* (2018) observou que um dos problemas mais frequentes em projetos citado por 64,2% das organizações foi o problema de comunicação e que dentre as habilidades necessárias e valorizadas ao gerenciar projetos, 61,6% das organizações revelaram a comunicação como sendo a principal habilidade, seguido da liderança com 57,8%, e da negociação, com 43,6%.

## **2.2 Desempenho na Gestão de Projetos**

O desempenho dos projetos do Exército é avaliado por meio de ferramentas de monitoramento e controle e de gerenciamento da qualidade estabelecidos nas NEGAPEB, que ainda muito voltadas para custos e prazos; e, ao mesmo tempo, carentes de uma metodologia consolidada no caso de projetos de desenvolvimento de *softwares*.

O desempenho na gestão de projetos não depende somente da verificação do desempenho financeiro, mas também, como identificaram Barclay e Osei-Bryson (2010) apud Oliveira *et al.* (2016) que existem três problemas referentes à avaliação de desempenho em projetos: (i) diferentes percepções do que seja um bom desempenho em projetos; (ii) objetivos incompletos ou não claros e (iii) sistema tradicional de indicadores como custo e tempo.

Ao observar estas afirmações, percebe-se a importância do uso de avaliação de desempenho em gerenciamento de projetos, como um instrumento de construção de conhecimento por parte dos gestores, para que planos e decisões estejam coerentes com os

contextos singulares de cada projeto, considerando assim diversas perspectivas em termos de objetivos e de indicadores.

De acordo com as NEGAPEB, em seu art. 215:

As análises de desempenho medem, comparam e analisam as informações do cronograma como as datas reais de início e término, porcentagem completa e duração restante para o trabalho em andamento. Uma parte importante do controle de cronograma é decidir se uma variação constatada requer ação corretiva. (BRASIL, 2013)

No caso em estudo, o projeto diz respeito ao desenvolvimento de um produto de tecnologia da informação, o *software* SIGELOG, e sendo assim, há necessidade de uma metodologia mais específica de avaliação da qualidade e do desempenho das ferramentas de Tecnologia da Informação (TI), para que se avaliem não apenas entregas feitas no prazo e no custo previsto, mas também a adequação do produto atendendo as necessidades das partes interessadas.

Al-Obthani e Ameen (2018) relatam que na literatura existem muitos modelos de avaliação da qualidade para produtos de *software*. Cada um desses modelos de qualidade contém um conjunto de características de qualidade (atributos ou fatores, conforme a terminologia adotada em alguns modelos).

Constata-se que o uso desses modelos para avaliação da qualidade do *software* SIGELOG ainda não ocorre, embora perceba-se que existe a necessidade de uma avaliação de desempenho do sistema como um todo para que ao final o produto seja satisfatório e produza valor para o Exército e para a sociedade.

Embora não haja uma avaliação de qualidade do SIGELOG como um todo, em dezembro de 2019 foi realizada uma pesquisa sobre a utilização do Módulo de Transporte do Sistema Integrado de Gestão Logística para todas as regiões militares, conforme Anexo A. Esta pesquisa foi distribuída para todas as regiões militares e dentre os 21 respondentes, pode-se observar nas respostas que 47,6% responderam que há necessidade de melhoria na infraestrutura de TI, 28,6% responderam que há necessidade de melhoria nos formulários do módulo e 38,1% responderam que outras melhorias seriam necessárias, tais como retirar o travamento do sistema a cada caractere digitado, ser mais ágil e prático e ter uma interface menos confusa.

Da mesma forma como foi feito no módulo transporte, uma avaliação de qualidade do *software* SIGELOG como um todo é muito importante, já que, apesar de telas aparentemente complexas e cheias de campos para lançamento de informações, servirá para trazer dados

consolidados em tempo real para a tomada de decisão em tempo hábil e sem divergências de informações.

### **2.3 Projeto SIGELOG**

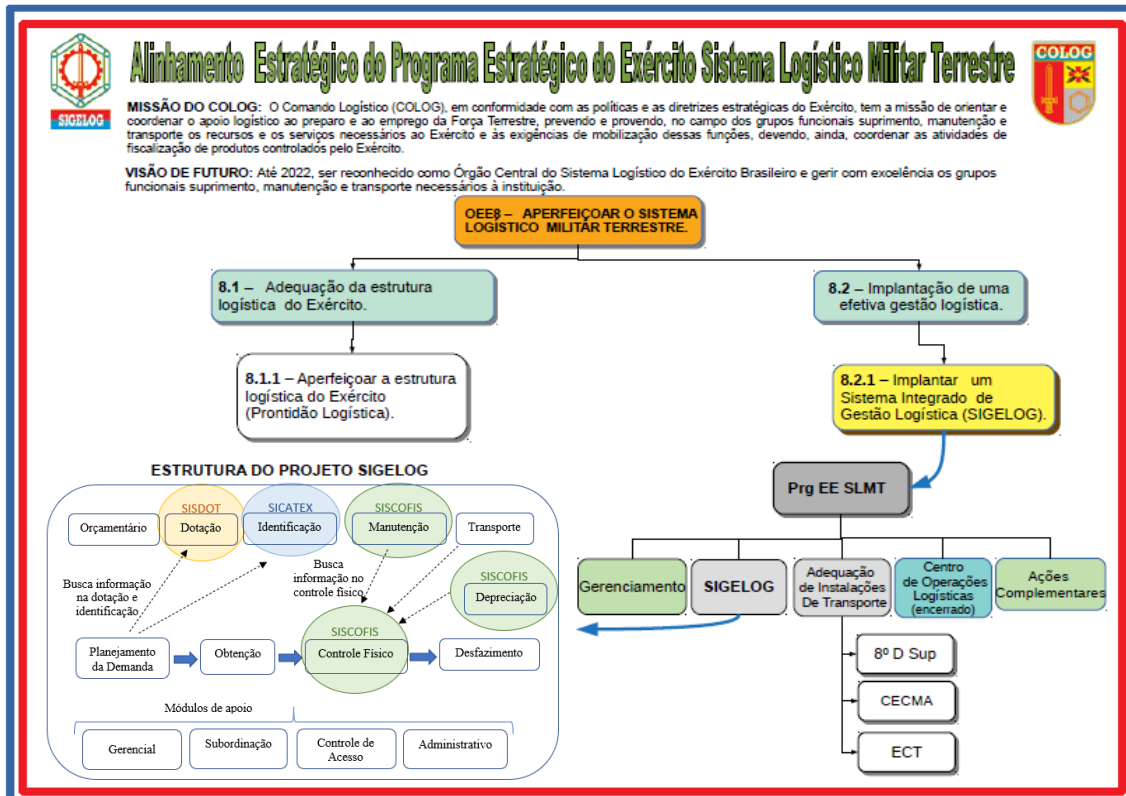
O Projeto SIGELOG, cuja origem remete ao Projeto de Modernização do Sistema de Material do Exército (SIMATEX), foi implantado por meio da Portaria nº 202-EME, de 8 de setembro de 2014, com o objetivo de evoluir para um sistema logístico mais amplo, moderno e informatizado, abrangendo: o ciclo de vida dos materiais; o planejamento da aquisição; a gestão de contratos; o controle físico, financeiro e contábil; a manutenção; o transporte; a alienação, entre outras áreas logísticas.

O Projeto de Modernização do SIMATEX foi inicialmente denominado Sistema Integrado de Logística (SIL), evoluindo de acordo com o desenvolvimento para a denominação atual: Sistema Integrado de Gestão Logística (SIGELOG), que funciona em intranet. Para as situações de aplicação pelo transporte há uma versão do SIGELOG para ambiente de internet.

Atualmente a equipe de gerenciamento deste projeto e do Programa Sistema Logística Militar Terrestre encontra-se na Assessoria Especial do Comandante Logístico (Ass Esp Cmt Log) do Comando Logístico (COLOG).

Conforme Estudo de Sustentabilidade e já mencionado, o Projeto do Sistema Integrado de Gestão Logística (SIGELOG) é integrante do Programa Estratégico do Exército Sistema Logística Militar Terrestre (Prg EE SLMT), no período de 2020 a 2027 referente à 2ª e à 3ª tranches, no que contempla o ciclo de vida final do Programa para que, finalmente, se alcance a efetiva gestão logística. O Prg EE SLMT encontra-se dentro de um alinhamento Estratégico do Exército previsto em seu PEEEx 2020-2023, período que coincide com o período da 2ª tranche do Prg EE SLMT, conforme figura 1.

**Figura 1:** Alinhamento Estratégico do Prg EE SLMT



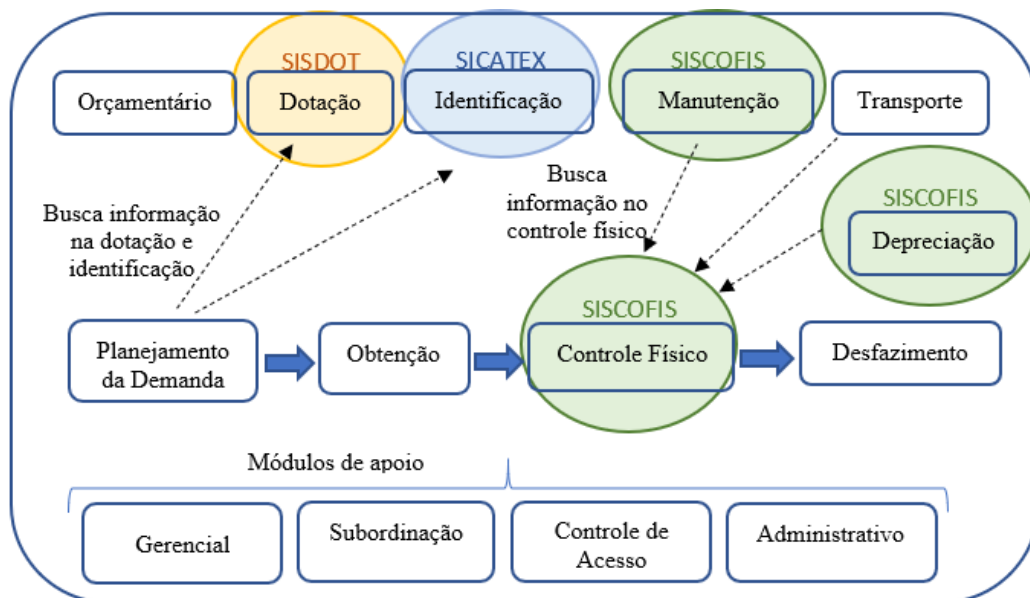
Fonte: A própria autora

Como se pode perceber, para se alcançar uma efetiva gestão logística, a aplicação da Tecnologia da Informação (TI) nos processos organizacionais se torna cada vez mais imperiosa, uma vez que proporciona eficiência, redução de custos e qualidade dos produtos. Para isso, há grande necessidade de revisão de seus processos e sistemáticas de trabalho. Sendo assim, o Exército Brasileiro iniciou em 2014 o projeto MAPROEx – Estudo Logístico de Material do Exército Brasileiro. O MAPROEx tinha o objetivo de mapear e rever os processos logísticos relacionados ao ciclo completo do material, ou seja, desde o planejamento da demanda do material até o seu descarte final. Mais de 300 processos de atividades e rotinas de trabalho desenvolvidas em todo o Exército foram revistos e remapeados. Somente após a conclusão deste trabalho se pôde pensar na automação, medida que permitirá a otimização do fluxo de informação logística.

Com o remapeamento dos processos foi possível identificar a necessidade de interligação de vários sistemas corporativos do Exército Brasileiro que hoje operam de forma estanque. Exemplos desses sistemas são o Sistema de Dotação (SISDOT), que estabelece qual o

quantitativo de material por Organização Militar, e o Sistema de Controle Físico (SISCOFIS), que faz o registro de tudo que entra e sai de material dentro do Exército Brasileiro, entre outros. Hoje, esses sistemas funcionam separadamente, o que dificulta a troca de informações correlacionadas. Para a superação de problemas como esses, chegou-se ao conceito criado por volta de 1990 de *Enterprise Resource Planning*, ou seja, Planejamento de Recursos Empresariais, que traz em sua essência o desenvolvimento de um *software* que facilita o fluxo de informações integradas, por meio de módulos e com base de dados única. A figura 2 mostra a estrutura concebida para o SIGELOG com base nestes conceitos.

**Figura 2:** Estrutura do SIGELOG



Fonte: A autora, baseada em CDS (2018)

Mais ainda, o ERP traz consigo o conceito de tecnologia embarcada no transporte de carga para que seja feito o rastreamento da mesma. O *software* SIGELOG- *internet* herdou esse conceito de forma que permite obter informações georreferenciadas, para que se garanta o controle da movimentação dos materiais no território nacional com segurança.












O Exército Brasileiro movimenta anualmente um grande volume de materiais de várias classes de suprimento para, com isso, garantir o cumprimento de funções logísticas de suprimento, manutenção e transporte. Isto é feito por meio de documentos de Ordem de Fornecimento, Ordem de Transferência, Ordem de Recolhimento e Requisições de Transporte.

Segundo as Normas para o Transporte Logístico de Superfície (NOTLOG), a Requisição de Transporte (RT) é o documento básico utilizado pela RM para atender a uma necessidade de transporte de carga de uma OM, sendo preenchida na OM de origem, isto é, aquela que detém a posse ou o controle do material a ser transportado e encaminhada para a RM à qual a OM esteja vinculada. (BRASIL, 2002)

Segundo Manual de Campanha Logística Militar Terrestre, a função logística está relacionada à previsão e à provisão de todas as classes de suprimento necessárias às OM e às forças apoiadas e compreende três fases: o levantamento das necessidades, a obtenção e a distribuição. (BRASIL, 2018)

O Exército Brasileiro divide os materiais em dez classes de suprimento. O ciclo logístico dessas classes é o objeto de gestão do SIGELOG. Elas são descritas no Manual de Campanha de acordo com quadro 1, observando números e cores.

**Quadro 1:** Classes de suprimento

I - Material de Subsistência, incluindo ração animal e água.	
II - Material de intendência, englobando fardamento, equipamento, móveis, utensílios, material de acampamento, material de expediente, material de escritório e publicações. Inclui vestuário específico para Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (DQBRN).	
III - Combustíveis, óleos e lubrificantes (sólidos e a granel).	
IV - Material de Construção, incluindo equipamentos e materiais de fortificação.	
V - Armamento	
V - Munição (inclusive DQBRN), incluindo foguetes, mísseis, explosivos, artificios pirotécnicos e outros produtos relacionados.	
VI - Material de engenharia e cartografia.	
VII - Material de Tecnologia da informação, comunicações, eletrônica e informática. Inclui equipamentos de imageamento e de transmissão de dados e voz.	
VIII - Material de Saúde (humana e veterinária), inclusive sangue.	
IX - Material de <del>Motomecanização</del> , aviação e naval. Inclui viaturas para DQBRN.	
X - Materiais não incluídos nas demais classes, itens para o bem estar do pessoal, artigos reembolsáveis e equipamentos (detecção e descontaminação) DQBRN.	

Fonte: A autora com base no Manual de Campanha - EB70-MC-10.238

Dentre essas classes de suprimento, muitas são de caráter sensível, como munição e produtos controlados, como, por exemplo, explosivos. Outras incluem veículos de elevadíssimo valor, como o de motomecanização, o de aviação e o naval, que englobam veículos blindados, aeronaves e embarcações de diversos tipos e portes. Por este motivo, há necessidade de um sistema capaz de, por intermédio de tecnologias modernas, permitir o controle desses materiais com precisão e segurança, durante sua movimentação de uma OM para outra.

O projeto SIGELOG encontra-se com 64,83% de suas entregas concluídas. Possui diversas funcionalidades desenvolvidas e em utilização, como é o caso do módulo transporte, que permite ao Comando Logístico se beneficiar do sistema para realizar o transporte nacional e acompanhar o transporte regional de materiais pelo território nacional. Na figura 3, pode-se observar todos os 12 módulos que compõem o SIGELOG.

O módulo de identificação recebe a definição de atributos do catálogo, definição de atributos do patrimônio, identificação dos itens do catálogo e manutenção dos itens do catálogo.

O módulo de controle físico permite o controle de dependências e de depósitos, o recebimento e entrada, o armazenamento, a distribuição, o consumo e a descarga de material.

O módulo de planejamento da demanda permite a manutenção da cadeia de suprimento, projetos, operações, contrato de objetivos logísticos e o atendimento de necessidades emergenciais.

O módulo obtenção administra as licitações, contratações e acompanhamento dos contratos.

O módulo manutenção permite realizar o planejamento da manutenção, o controle da manutenção na garantia, o controle da manutenção preventiva e preditiva, os exames de revalidação e de cálculo da indisponibilidade.

O módulo transporte operacionaliza o planejamento para execução do transporte nacional e regional.

O módulo orçamentário realiza o controle orçamentário. O módulo de depreciação administra a depreciação do material.

O módulo de desfazimento promove a alienação e destruição do material. O módulo de subordinação permite a configuração das subordinações entre as OM.

O módulo administrativo trata de assuntos administrativos.

O módulo alerta configura alertas para o usuário a respeito de algum assunto do SIGELOG.

O módulo gerencial traduz em indicadores e relatórios as informações lançadas nos outros módulos e o sistema de controle de acesso realiza o cadastro para acesso ao sistema.

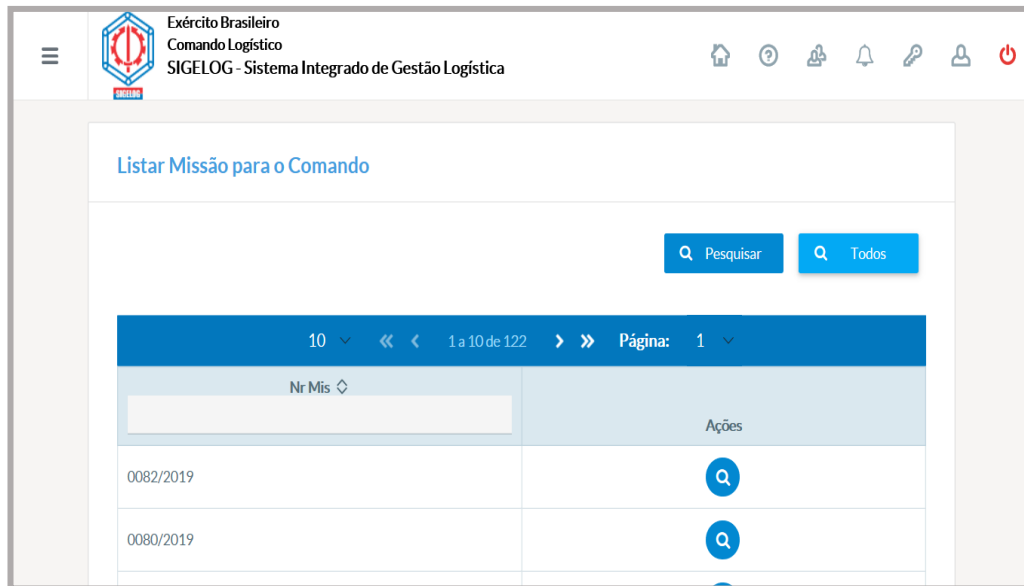
Cada um desses módulos permitirá ao decisor fazer acompanhamento nas mais diversas fases logísticas. Um exemplo é o mostrado na figura 4, em que lista todas as missões de transportes que foram definidas com todos os seus detalhes para que o Comando possa acompanhar em tempo real cada missão de transporte estabelecida. Esses são exemplos de duas telas das mais de 200 existentes no *software*.

**Figura 3:** Módulos do SIGELOG

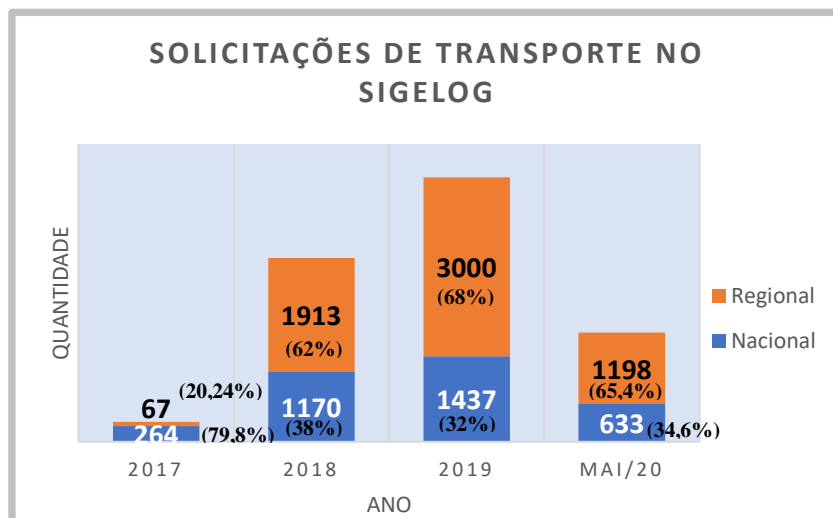


Fonte: SIGELOG



**Figura 4:** Tela do SIGELOG Listar Missão para o Comando

Fonte: SIGELOG

**Gráfico 1:** Solicitações de Transporte no Módulo Transporte

Fonte: SIGELOG

A quantidade de usuários cadastrados utilizando o SIGELOG está em número de 1978 cadastrados e percebe-se que a quantidade de solicitações, feitas no módulo transporte, para transporte nacional e regional segue numa crescente, à medida que o projeto vem sendo divulgado nas OM do Exército Brasileiro, conforme gráfico 1. E como se pode observar, ao longo dos anos, a demanda regional é quase que o dobro da demanda nacional. Este fato merece

atenção no sentido que tem consequências no planejamento da distribuição e no dimensionamento da frota de veículos.

## **2.4 A Pesquisa Operacional na gestão de transporte**

### **2.4.1 Pesquisa Operacional (PO)**

Para se falar em pesquisa operacional é necessário, primeiramente, conhecer como ela surgiu e em que contexto ocorreram suas primeiras aplicações.

Segundo Bonini *et al.* (2015), a história da Pesquisa Operacional remonta de muito antes do século XX, quando líderes militares já recorriam a estudiosos, para que estes modelassem e resolvessem problemas táticos, como foi em 1934 quando a Inglaterra criou o Comitê para Estudo Científico em Defesa Aérea com o objetivo de usar a tecnologia para melhorar e modernizar os métodos já usados pela defesa aérea inglesa contra aviões inimigos, sendo um ano depois inventado o radar.

Segundo o site *The Operational Research Society*, o termo "pesquisa operacional" foi utilizado pela primeira vez em 1938 para descrever a aplicação da ciência em operações militares, a fim de melhorá-las. Dois exemplos importantes foram a otimização de comboios transatlânticos para diminuir a ameaça de submarinos e o reposicionamento dos radares de defesa aérea.

Para Pessoa *et al.* (2016), a Pesquisa Operacional (PO), campo autônomo da ciência, segundo a Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SBPO), tem seu foco voltado para a resolução de problemas reais, e tem sua origem no campo militar. Desta forma, não é surpresa o interesse de suas técnicas para aplicações tanto no campo tático quanto no estratégico.

A PO surgiu no Brasil no final da década de 1950. Em 1959, em São Paulo, o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) iniciou o ensino de disciplinas de PO com algumas abordagens tais como: Teoria dos Jogos, Simulação, Teoria das filas, Estatística.

Para Pessoa *et al.* (2016), em 1975, no Rio de Janeiro, foi criado o Centro de Análise e Sistemas Navais (CASNAV) na Marinha do Brasil, com a finalidade de realizar a avaliação operacional e otimizar o emprego das Fragatas Classe Niterói, primeira classe de navios da Marinha a empregar sistemas digitais para operar suas armas e sensores.

Segundo DA SILVA, Cleidinei Augusto *et al.* (2017), a Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) reestruturou seu currículo e, entre outras modificações, inseriu a disciplina eletiva de Pesquisa Operacional na grade de disciplinas de bacharelado em Ciências Militares. A partir de 2016, sob o modelo de ensino por competências, os cadetes da AMAN passaram a estudar a Pesquisa Operacional.

Como se pode observar ao longo dos anos nas instituições militares citadas anteriormente, a Pesquisa Operacional tem voltado para o ambiente militar, berço de sua origem. Diante da era do conhecimento, da Ciência dos dados, da *Business Intelligence* (BI), do *Big Data*, do *Data Mining*, a necessidade de soluções de otimização de recursos e previsão de informações para a tomada de decisão cresce a cada dia, seja no meio civil seja no meio militar, justificando a retomada de estudos mais aprofundados desta técnica. Esta é a proposta para este trabalho, ou seja, trazer para o Exército Brasileiro mais aplicações de Pesquisa Operacional em seus processos.

Neste trabalho, parte-se das premissas de que no âmbito estratégico todos os depósitos e OMET estão onde deveriam estar, e que no âmbito tático a frota já está previamente dimensionada. Sendo assim, trabalha-se no âmbito operacional que tratará da distribuição física do material. Neste caso, está-se falando da roteirização de veículos, que pode ser abordada com ou sem restrições. Muitos são os métodos para roteirização de veículos. Abordarei um método para roteirização sem restrição e outro para roteirização com restrições.

Para roteirização sem restrições, uma aplicação muito conhecida na pesquisa operacional é a do problema do caixeiro viajante (PCV), ou seja, *Travelling Salesman Problem* (TSP), que, segundo Ragsdale (2015) pode ser sucintamente descrito como um vendedor que quer achar a rota menos dispendiosa (ou mais curta) para visitar clientes em  $n$  cidades diferentes, passando por cada cidade uma única vez antes de voltar para casa.

No entanto, é importante observar que, embora simples, quando o número de cidades a serem visitadas é muito grande a quantidade de rotas possíveis se torna muito grande, uma vez que esta quantidade é obtida por  $(n-1)! = (n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times \dots \times 2 \times 1$  rotas. Assim, se tivermos que visitar 3 cidades, 2 rotas serão possíveis; se tivermos que visitar 5, serão 24 rotas possíveis. Porém, se tivermos que visitar 13, já aumenta significativamente para 479.001.600 rotas possíveis.

Diante deste fato e de que na prática é natural que as entregas de materiais em depósitos estejam sob restrições de tempo, de capacidade e quantidade de veículos, de efetivo de motoristas com determinada habilitação, de velocidade máxima, de horários de carga e descarga, de trânsito, entre outras variáveis, utilizarei também um método aproximativo para este tipo de roteirização com restrições.

Este problema é o que toda região militar se depara ao longo do ano, quando faz a distribuição local do material para suas OM apoiadas.

#### **2.4.2 Roteirização de Veículos**

Sobre o tema roteirização de veículos, muitos são os tipos de problemas que podem ser adotados. Diz-se que são extensões do problema de roteamento de veículos (PRV) em sua forma básica, como por exemplo, o problema de roteamento de veículos com janela de tempo (PRVJT), o problema do roteamento de veículo capacitado (PRVC), problema de roteamento de veículo com múltiplos depósitos, entre muitos outros.

Segundo Lucas *et al.* (2017) o problema de Roteamento de Veículos (*Vehicle Routing Problem - VRP*) inicialmente estudado por (Dantzig e Ramser, 1959), consiste no atendimento de requisições de um conjunto de clientes através de uma frota de veículos, onde cada veículo possui uma capacidade, em peso e volume, que deve ser respeitada.

Entende-se que no PRV existe um ponto de origem que é chamado de depósito, podendo existir um ou mais, e pontos de entrega a serem atendidos. Desta forma, os maiores objetivos deste tipo de problema é reduzir gastos de transporte, reduzir distâncias percorridas e atender os clientes no menor tempo possível.

Quando se busca uma distribuição eficiente de recursos limitados para atender a um determinado objetivo em geral, maximizar lucros ou minimizar custos, esta aplicação no problema do transporte se torna extremamente útil, no qual existem produtos em uma origem (depósitos) e demandas destes produtos nos destinos (clientes), que necessitam de transporte para serem atendidos. Surgem, então, algumas linhas de ação a serem consideradas pelo decisor, como a busca da melhor localização dos depósitos, a melhor rota para que os depósitos sejam supridos, a melhor forma de organizar o suprimento dentro das viaturas/ contêineres, entre outras.

A containerização é entendida como um método de remessa em que as mercadorias são colocadas em contêineres. Após o carregamento inicial, as mercadorias não são manuseadas

novamente até que elas sejam descarregadas no destino. (Vitasek, 2005) apud SALAM e KHAM (2016, p. 236)

No Exército, principalmente no transporte nacional, que percorre grandes distâncias, a utilização de contêineres é muito frequente. Se por um lado tem a vantagem da segurança e da praticidade de troca, caso necessário, de uma viatura para outra por motivo de pane da mesma; por outro, muitas vezes não permite utilizar esses contêineres em sua capacidade plena, seja por motivos de arrumação não otimizada, seja por restrições de empilhamento da carga ou mesmo de tipos de materiais que não podem ser reunidos, por motivos de segurança, em um mesmo contêiner, como é o caso de munição e armamento, a menos que esteja retornando para o Rio de Janeiro para manutenção nas OM específicas para esta finalidade.

O Caderno de Instrução de Preparação das Cargas para o Transporte orienta como as cargas devem ser embaladas e acondicionadas dentro das viaturas/ contêineres. (BRASIL, 2017). Para que haja um preenchimento correto dessas viaturas/ contêineres há a necessidade da correta informação das dimensões e pesos dos volumes e do tipo de material. Normalmente, esta tarefa depende exclusivamente da experiência do operador, o que nem sempre traz as melhores soluções.

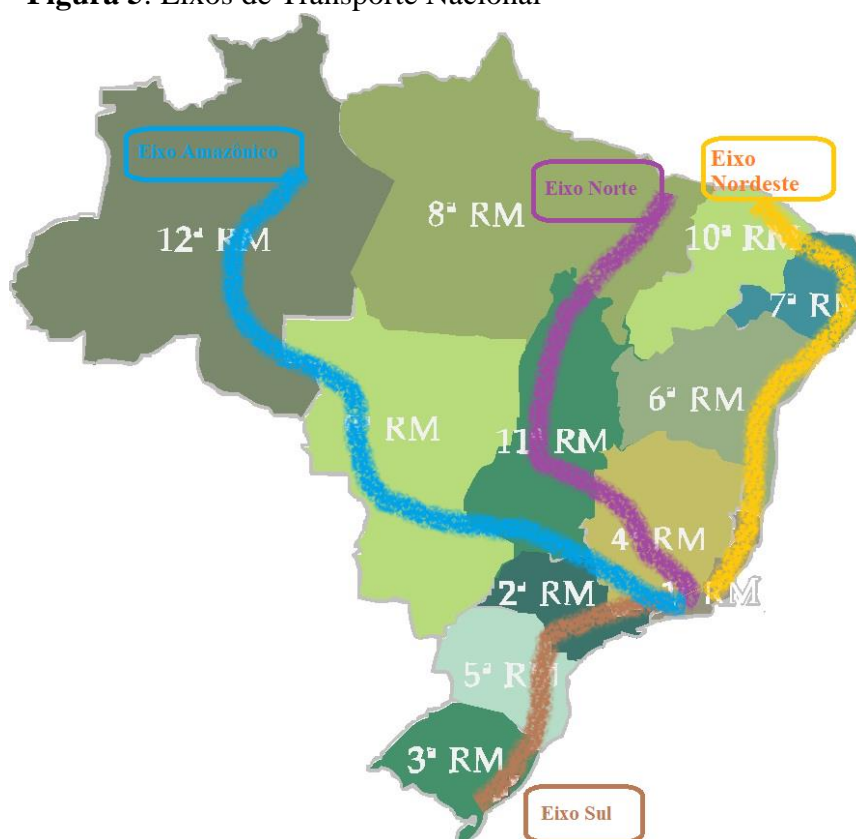
Este é um outro campo da Pesquisa Operacional que pode ser explorado, ou seja, o da maximização do espaço, uma vez que toda a logística de transporte do Exército se depara a todo momento com esta fase de acondicionamento em contêineres, em viaturas, em embarcações e em aeronaves.

Ainda em relação a peso e volume dentro das viaturas há que se considerar também o quociente peso-volume da carga. Para Ballou (2006) este quociente é uma mensuração especialmente significativa, já que os custos de transporte e de armazenagem estão a ele diretamente relacionados, uma vez que quanto mais densos, menores os custos de transporte e de armazenagem e vice-versa.

Segundo Goulart (2018), o estudo completo da roteirização necessita de: levantamento da distância percorrida pelo transporte; tipo de rodovia a ser utilizada; condições da rodovia; restrições operacionais tipo pontes com limitação de peso, meteorologia, volumes de tráfego; órgãos com jurisdição sobre a via; taxas e tarifas; postos policiais; modelo de operação da rodovia.

Neste sentido, quanto ao fator meteorologia, vale observar o regime de chuvas em que o COLOG planeja as missões utilizando os eixos nacionais de transporte, conforme identificados na figura 5. Como exemplo, pode-se citar a realização do eixo Nordeste. No caso deste eixo, são duas missões semestrais no ano. A primeira se realiza por volta no mês de junho; a segunda, no mês de novembro. A que é realizada no mês de junho coincide com o maior período de chuvas no Nordeste, o que pode comprometer o desempenho das viaturas e o tempo de execução da missão.

**Figura 5:** Eixos de Transporte Nacional



Fonte: A própria autora

Segundo o Manual de Transporte para uso nas Forças Armadas, a roteirização consiste no levantamento otimizado das rotas de transporte, considerando as condições de tráfego, de segurança do fluxo, necessidade de pontos de apoio ou transbordo intermediários, assim como outros fatores levantados no planejamento. (BRASIL, 2013)

O Manual prescreve a necessidade de definir os locais de recebimento das cargas por tipo de transporte, buscando reduzir possíveis ameaças sobre a concentração dos suprimentos,

proporcionando maior fluidez da transposição intermodal, evitando congestionamentos dos meios utilizados e conferindo maior agilidade a cada um dos modais adotados. (BRASIL, 2013)

Como se percebe, a roteirização é muito mais que definir melhores rotas. Traz em sua definição muitos outros fatores que devem ser levados em consideração, para se dizer que de fato executou uma boa roteirização.

No SIGELOG, a definição das rotas dos Eixos Prioritários de Transporte (EPT) e de outros eixos que sejam necessários são definidas conforme experiências já vivenciadas nestas rotas, uma vez que não se dispõe ainda de um algoritmo com base em modelos matemáticos para roteirização. Os endereços das rotas são definidos por meio da inclusão dos pontos itinerários (PI), conforme figura 6, onde são definidos o logradouro, cidade, estado, se é ponto de ida ou de volta, longitude, latitude, entre outras informações relativas ao PI.

A latitude, a longitude de cada PI e a distância entre eles não é calculada automaticamente. São inseridos no sistema manualmente, conforme figura 7.

**Figura 6:** Planejamento da rota do Eixo de transporte no SIGELOG

Ordem	Tipo Perc	Descr	Est	Cidade	Logradouro	Bairro	Ações
1	Ida	1º D Sup	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rua Doutor Garnier, 390	Triagem	+
2	Ida	Pq R.Mnt/ 1º RM	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	ESTR SAO PEDRO ALCANTARA, 3536	MAGALHÃES BASTOS	+
3	Ida	BMSA	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Jolo Vicente, 2135-2151	Deodoro	+
4	Ida	DC Mun	Rio de Janeiro	Paracambi	ESTRADA DO CABRAL RJ 127 KM 6		+
5	Ida	ECT	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	RUA MONS MANUEL GOMES, 82	SÃO CRISTOVÃO	+
6	Ida	21º D Sup	São Paulo	São Paulo	AV. RAIMUNDO FERREIRA DE MAGALHÃES, 147	VILA ANASTACIO	+

Fonte: SIGELOG

**Figura 7:** Pontos itinerários no SIGELOG

The screenshot displays the 'Incluir Ponto de Itinerário' (Add Itinerary Point) form within the SIGELOG system. The form is overlaid on a sidebar menu containing various units like '9º GAC', 'Lanchonete Fenix', 'Hotel Ibis', '9º B Sup', '11º RC Mec', and '6º D Sup'. The form fields are as follows:

- Descrição:** A text input field with a search icon.
- Tolerância/Km:** A text input field.
- Pertence ao EB?:** Radio buttons for 'Não' (selected) and 'Sim'.
- CEP:** 26600-000
- Estado:** RJ
- Cidade:** Paracambi
- Logradouro:** Othon dos Santos
- Bairro:** Lages
- Latitude:** Vir máx: 90.000000, Vir min: -90.000000, Ex: 43.523698
- Longitude:** Vir máx: 180.000000, Vir min: -180.000000, Ex: 43.523698

At the bottom of the form, there are two buttons: a red 'Cancelar' button and a blue 'Salvar' button.

Fonte: SIGELOG

Um dos objetivos do módulo transporte no SIGELOG é superar a prática de inserir manualmente dados como a distância entre os PI, buscando este tipo de informação em mapa digital, por exemplo. O que se deseja é que as rotas sejam definidas automaticamente em função das restrições de transporte estabelecidas e da matriz de distâncias entre os pontos a serem visitados. Para isto, busca-se um algoritmo de roteirização, baseado em modelos matemáticos, objeto deste trabalho e apresentado no capítulo 4.

### 2.4.3 Tecnologia embarcada aplicada na Logística de transporte

No SIGELOG, as cargas são movimentadas pelas rotas nas missões de transporte definidas pelo COLOG para serem monitoradas em cada ponto do itinerário. Os chefes das viaturas carregam as informações em um tablet com chip para sinal de GPS, de modo que é possível verificar a rota executada, ficando estes dados gravados no sistema. É o que se chama de tecnologia embarcada.

Segundo Goulart (2018), o conceito de tecnologia embarcada parece um pouco complexo, pois trata-se de um conjunto de aplicações de alta performance e que, em se tratando especificamente de veículos de carga, apenas 25% são rastreados por algum tipo de dispositivo no Brasil.



Na figura 8, é possível ver a interface do SIGELOG em que se representa o monitoramento das cargas em suas respectivas viaturas numa missão de transporte. Percebem-se as seguintes informações: as viaturas com suas respectivas placas e a visualização dos PI planejados, em amarelo, para cada viatura. Quando os PI são atingidos, o sistema muda o ícone para a cor verde. Enquanto o PI não é alcançado, permanece na cor vermelha.

**Figura 8:** Acompanhamento da passagem da viatura nos PI no SIGELOG

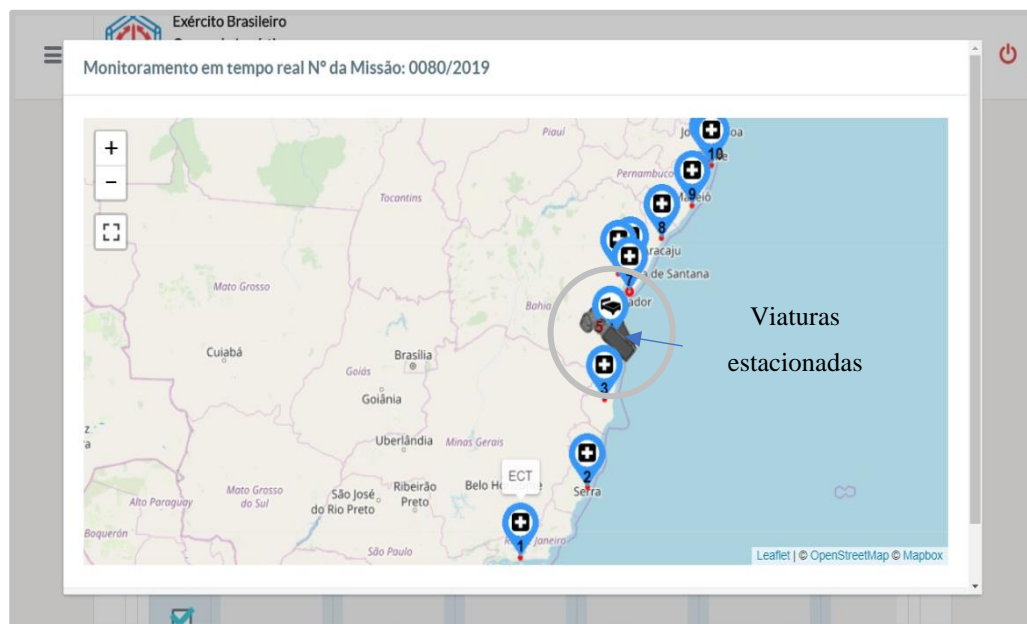
	Vtr	ECT	38° BI	TG 06-025	15° BPM	35° BI	2° Cia de Sup 6° D Sup
<input type="checkbox"/>							
<input type="checkbox"/>	1* KVC-5396*	✓	✓	✓	✓	!	
<input type="checkbox"/>	2* LRF-4136*	✓	✓	✓	✓	!	
<input type="checkbox"/>	3* OLQ-3112*	✓	✓	✓	✓	!	!
<input type="checkbox"/>	4* LLJ-1921*	✓	✓	✓	✓	!	
<input checked="" type="checkbox"/>	5* KWE-6557*	✓	✓	✓	!	!	

! Planejado
✓ Atingido
✗ Não Atingido

Fonte: SIGELOG

Na figura 9, verifica-se a interface com o posicionamento de cada viatura, parada ou em movimento, em tempo real no mapa do Brasil, ou seja, durante todo o tempo em que a missão de transporte está ocorrendo.

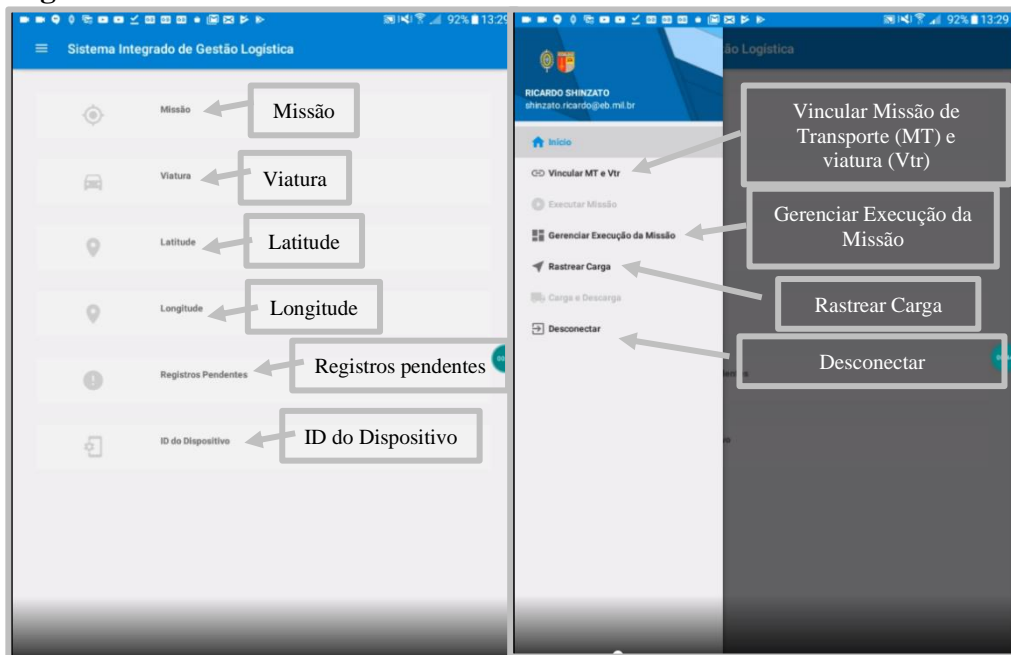
**Figura 9:** Monitoramento em tempo real das cargas nas viaturas do Eixo de transporte no SIGELOG



Fonte: SIGELOG

O SIGELOG informa ao gestor em que cidade as viaturas se encontram e o motivo por que elas estão estacionadas. No caso mostrado na figura 9, o motivo é um ponto de dormida, já que o ícone convencional é de uma cama. Os demais ícones mostram todos os pontos por onde as viaturas passarão. É possível também saber a natureza do material que está atrelado a cada uma delas em toda a rota. Com isso, atinge-se um benefício que não tem como medir, que é a segurança de saber que a viatura está onde deveria estar e com o material que deveria conter, possibilitando também a mitigação de riscos como o extravio de carga, por exemplo. Isto oferece ao decisor, em seus vários níveis de responsabilidade, a possibilidade de fazer o acompanhamento da integridade e segurança do material.

A ferramenta que permite fornecer informação para este monitoramento é um aplicativo do SIGELOG para *internet*, que permite a vinculação da carga às viaturas, por exemplo, conforme observado em duas telas iniciais do SIGELOG *internet* na figura 10. Isto é feito por meio da leitura por código de barras (*QR code*). As etiquetas possuem padrões de identificação apostas nas unidades de carga para transporte, permitindo saber todas as informações em relação a carga transportada, tais como: origem, destino, cubagem, peso, documento de referência, entre outras informações.

**Figura 10:** SIGELOG internet

Fonte: SIGELOG

### **3. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA**

Neste capítulo, descreve-se o modo como a pesquisa foi operacionalizada sob os seguintes aspectos: tipo e descrição geral da pesquisa; caracterização da organização, setor ou área objeto do estudo; participantes da pesquisa; caracterização dos instrumentos de pesquisa; e descrição dos procedimentos de coleta e de análise de dados empregados.

Com relação a base de dados, este trabalho se valeu de dados extraídos diretamente do SIGELOG e secundariamente de dados obtidos em pesquisa de avaliação do processo de transporte no Exército Brasileiro. Quanto a sua natureza, procurou-se fazer uma aplicação de Pesquisa Operacional com os dados obtidos do módulo transporte do SIGELOG. A abordagem é essencialmente quantitativa, uma vez que buscou traduzir em informações gerenciais, dados brutos obtidos do SIGELOG.

Quanto aos objetivos, o trabalho descreve a realidade do transporte nacional e regional de acordo com os dados lançados no módulo transporte, sem que nenhuma interferência tenha sido feita ou qualquer juízo de valor. Por esse motivo tem caráter descritivo. Porém, quando se utiliza a Pesquisa Operacional para traçar rotas ótimas ou muito próximas delas, entra-se no campo da prescrição. Os modelos prescritivos se valem de determinadas variáveis independentes, como a distância entre os pontos a serem visitados no transporte, por exemplo, e que estão sob o controle do decisor para buscar os melhores valores para a variável dependente custo total, seja ele equivalente a distância total, tempo total, entre outros.

A pesquisa possui caráter longitudinal, uma vez que é realizada com uma coleta dos dados ao longo do tempo, ou seja, 2017, 2018, 2019 e o período de janeiro a maio de 2020.

#### **3.1 Tipologia e descrição geral dos métodos de pesquisa**

De acordo com Zanella (2009), a pesquisa destina-se a duas amplas finalidades: uma, voltada para o enriquecimento teórico – pesquisa pura –, e outra, para o valor prático – pesquisa aplicada.

A pesquisa foi, quanto aos fins, descritiva, prescritiva e explicativa, uma vez que se utilizou de questionário e do banco de dados do SIGELOG para análise de dados logísticos lançados no módulo transporte e proposição de método de roteirização. A abordagem foi quantitativa e mista. Os dados utilizados serão primários com a utilização de questionário, e secundários, por meio da consulta de relatórios disponibilizados no SIGELOG.

### 3.1.1 Estudo de caso

Neste trabalho, utiliza-se com base em informações obtidas no banco de dados do módulo transporte do SIGELOG, um estudo de caso de uma missão de transporte nacional realizada no eixo nordeste em 2019. Lembrando que, segundo Yin (2015), o estudo de caso é uma investigação de experiências vividas que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real.

A referida missão teve por objetivo seguir uma rota que se iniciou no ECT, organização militar localizada no Rio de Janeiro - RJ, com vários destinos até que chegasse ao destino final no 10º D Sup, em Natal-RN. Nesta missão, unidades de cargas de vários tipos de classes de suprimento foram transportadas em contêineres, em veículos pesados, para depósitos de suprimento, para posterior distribuição para as organizações militares regionais, por meio do transporte regional. Feitas as entregas até seu destino final, as viaturas retornam para o ECT, trazendo o que se chama de carga de retorno, ou seja, materiais que estavam nos depósitos localizados ao longo do eixo nordeste, aguardando a passagem do comboio referente à missão de transporte em curso, para enviar para OM do Rio de Janeiro – RJ, tais como Batalhões de Manutenção e Depósitos Centrais.

Cabe observar que no banco de dados do SIGELOG é possível obter informações de peso e volume de toda a carga que está sendo transportada, com origem, destino, ponto de carregamento, de descarregamento, entre outras informações.

Como exemplo, mostra-se a otimização da rota após o eixo nordeste ter retornado ao seu ponto de início, ou seja, a rota a ser realizada pelo ECT para a entrega da carga de retorno do eixo às organizações militares dentro da cidade do Rio de Janeiro, ou seja, um transporte do tipo regional. Inicialmente, faz-se a aplicação do algoritmo do caminho mínimo entre os pontos a serem visitados na entrega, utilizando a ferramenta SOLVER do MS Excel e pelo LPSOLVE do *software* R (R Core Team 2020) e, em seguida, o algoritmo de Clarke e Wright (CW) (1964) combinado com PPLI, levando em consideração a demanda nos nós, ou seja, nas OM, e a capacidade das viaturas. O nosso objetivo com esta aplicação é propor a melhor rota, ou seja, a de menor custo; e se a quantidade de viaturas empregadas na entrega da carga de retorno é a solução ótima, ou se, ao contrário, existe uma solução melhor. Entenda-se que este estudo de caso se repete toda vez que se depara com um transporte regional, uma vez que os depósitos de suprimento realizam entregas durante todo o ano para suas OM apoiadas.

### **3.1.2 Metodologia**

Na teoria do planejamento e gerenciamento de transportes, o roteamento de veículo encontra-se no nível operacional, enquanto a localização dos depósitos está no nível estratégico e o dimensionamento da frota, no nível tático Ghiani e Laporte (2004). A escolha da metodologia ocorre em função do número de variáveis que se tem e do número de restrições que se deve atender, uma vez que os modelos matemáticos exigem maior ou menor número de passos em função de sua complexidade. Neste trabalho, mostra-se este fato utilizando dois destes tipos de modelos para roteamento, um exato por meio do problema de programação linear inteira (PPLI) e outro aproximativo por meio do algoritmo de Clark e Wright combinado com PPLI.

Segundo Ragsdale (2015) diversos são os problemas de fluxo de rede e na área de logística, os mais comuns são problemas de transbordo, problemas do caminho mais curto; de fluxos máximos de transporte/ distribuição; e problemas generalizados de fluxo de rede.

Segundo Ballou (2006), o método de Clarke e Wright (1964) proporciona soluções, que em média são 2% mais caras que a solução ótima. Novaes (2007) observa ainda que existem métodos de melhoria de roteiro que podem aperfeiçoar ainda mais os resultados, como é o caso dos métodos 2-opt e 3-opt, desenvolvidos por Lin e Kernighan (1973).

Sendo assim, como já mencionado mostram-se duas formas de se obter uma solução otimizada, uma utilizando o problema de programação linear inteira para a busca de um caminho mínimo na rede compostas por um depósito central e outras OM a serem visitadas; e outra, com a utilização do algoritmo de Clarke e Wright, para estabelecer rotas de solução muito próxima da solução ótima levando em consideração a capacidade dos veículos utilizados.

#### **3.1.2.1 Problema de programação linear Inteira (PPLI)**

O problema de programação linear tem por objetivo a otimização de uma função linear maximizando-a ou minimizando-a. Esta função linear é conhecida como função-objetivo e normalmente está relacionada a custo total, lucro total, distância total, entre outros. Para a solução desta função deve-se considerar um sistema de equações linear de igualdades ou desigualdades composto por restrições do modelo.

Para Hillier e Lierbman (1998), o adjetivo “linear” significa que é requerido que todas as funções matemáticas no modelo sejam funções lineares e que a palavra “programação” se refere à planejamento e não a programação de computadores, como pode parecer.

A forma-padrão, segundo Hillier e Lierbman (1998), do modelo de problema de programação linear formula um modelo matemático que busca valores de  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  de modo que se busca:

$$\text{Maximizar/ Minimizar } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

As restrições nada mais são do que funções das variáveis  $x_j$ , ou seja,  $f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  e podem ser “maior ou igual que”, “menor ou igual que” ou “igual a” a um valor específico  $b_i$ .

No caso em estudo, nossas restrições são do tipo “menor ou igual a” um valor específico  $b_i$ , que são quantidades de saídas, chegadas ou sub-rotas em torno de cada OM, incluindo o ECT.

$$\text{Sujeito às restrições: } \begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \end{aligned}$$

$$\vdots$$

$$\begin{aligned} a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\leq b_m \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n &\geq 0 \end{aligned}$$

A função a ser maximizada/ minimizada  $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$  é chamada de função-objetivo, que para este trabalho utiliza-se a minimização da distância total a ser percorrida pelo ECT até a entrega da carga de retorno nas OM determinadas. As variáveis  $x_j$  são variáveis de decisão, de modo que se forem inteiras não-negativas estamos diante do problema de programação linear inteira. No nosso trabalho estas variáveis serão do tipo 0 ou 1, de modo que se o arco (caminho) pertencer à solução do problema assumirá o valor 1; caso contrário, assumirá o valor 0. Os valores de  $a_{ij}$  serão todos iguais a 1, uma vez que desejamos saber se  $x_j$  pertence ou não a rota. Os valores de  $a_{ij}, b_i$  e  $c_i$  são os chamados parâmetros do modelo.

O PPLI foi utilizado para resolver o Problema do Caixeiro Viajante (PCV) e conforme Pessanha (2017) e Miller–Tucker–Zemlin (1960), o modelo pode ser formulado com a equação (1), que representa a função-objetivo a ser minimizada, (2) que representa a restrição para que haja apenas uma rota de saída de cada cidade, (3) que representa que haja apenas uma rota de entrada em cada cidade e (4) que estabelece que não haja sub-rotas.

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq 1, j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad i, j = 1, \dots, n;$$

$$u_i \in \mathbb{Z} \quad i = 2, \dots, n;$$

$$\sum_{i=1, i \neq j}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, n; \quad (2)$$

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, n; \quad (3)$$

$$u_i - u_j + n x_{ij} \leq n-1 \quad 2 \leq i \neq j \leq n; \quad (4)$$

$$0 \leq u_i \leq n-1 \quad 2 \leq i \leq n.$$

Para este modelo, o custo  $c_{ij}$  considerado foi a distância  $d_{ij}$  entre as OM a serem visitadas conforme quadro 2.

**Quadro 2:** Matriz de distâncias literal

	1 - ECT	2 - OM2	3 - OM3	4 - OM4
1- ECT	-	$d_{12}$	$d_{13}$	$d_{14}$
2 - OM1	$d_{21}$	-	$d_{23}$	$d_{24}$
3 - OM2	$d_{31}$	$d_{32}$	-	$d_{34}$
4 - OM3	$d_{41}$	$d_{42}$	$d_{43}$	-

Fonte: A própria autora

Após a solução deste modelo chega-se ao resultado do valor de Z, com uma solução que se chama de ótima.

Para Hillier e Lieberman (1998), uma solução ótima é uma solução viável que tem o valor mais favorável da função-objetivo e uma solução viável é uma solução em que todas as restrições são satisfeitas.

### 3.1.2.2 Fluxo de Rede (Grafo)

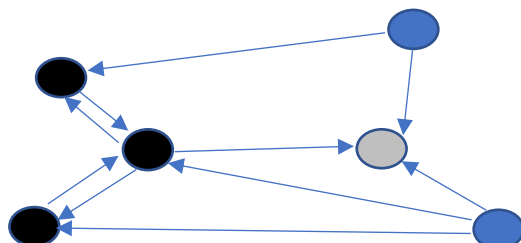
Para se falar de fluxo de rede, primeiramente é necessário entender o conceito de teoria dos grafos. Um grafo é um par  $(V, A)$ , onde V são vértices e A são arestas, de modo que esse conjunto de vértices podem ser, por exemplo, organizações militares e as arestas os possíveis caminhos entre uma e outra.

De acordo com Ragsdale (2015) os problemas do fluxo de rede são caracterizados por grafos (figura 11), de modo que os círculos são chamados de nós, e as setas são chamadas arcos direcionados. Os nós de oferta (círculo na cor azul) podem representar empresas fornecedoras do material; os nós de transbordo (círculo na cor preta), aqueles estabelecimentos que tanto



recebem quanto enviam para outros nós como, por exemplo, os depósitos; e os nós de demanda (círculo na cor cinza), que são aqueles que recebem os materiais e não repassam para outros nós.

**Figura 11:** Exemplo de fluxo de rede



Fonte: A própria autora

Na logística de transporte do Exército, é frequente deparar-se com esse tipo de fluxo de rede em muitas situações. Os nós de ofertas correspondem a todas as organizações militares que necessitam enviar suprimento para os nós de demanda. Estes representam as organizações militares que necessitam receber os suprimentos. Por sua vez, os nós de transbordo são os depósitos que recebem e distribuem este material.

Desta forma, definir as melhores rotas para fazer esta distribuição é um diferencial a ser inserido no SIGELOG, já que tal distribuição vale lembrar mesmo realizada com base na legislação vigente, efetiva-se em muitos aspectos, numa base empírica, ou seja, em experiências já vividas nestas missões de transporte, sem que haja a garantia de uma otimização comprovada por meio de um algoritmo resultante de um modelo matemático, ou seja, com escasso embasamento científico.

Segundo Hillier e Lieberman (1998), uma cadeia entre os nós  $i$  e  $j$  é uma sequência de arcos conectando estes dois nós. Quando a direção da viagem na cadeia também é especificada, é chamada de caminho. Um ciclo é uma cadeia conectando um nó a ele mesmo sem retornar nos seus passos. Uma rede é considerada um grafo com um fluxo de algum tipo em seus ramos. Há numerosos exemplos de sistemas satisfazendo essa definição de rede.

O objetivo do fluxo de rede é determinar quanto de material deverá escoar pelos arcos de modo a suprir todas as demandas e da forma mais econômica. Cada um dos arcos representa uma variável de decisão e o fluxo ótimo será aquele de valor ótimo da variável.

Cada arco tem um custo, conceito que vai além da mera natureza orçamentária ou contábil: pode ser um pagamento em dinheiro, uma distância ou algum outro tipo de penalidade.

Para Ragsdale (2015), da mesma forma que o número de arcos na rede determina o número de variáveis na formulação da PL de um problema de fluxo de rede, o número de nós determina a quantidade de restrições. Observa também que muitas cidades estão desenvolvendo modelos computadorizados de suas rodovias e ruas para ajudar veículos de emergência a identificar a rota mais curta até um dado local, uma vez que isso pode salvar vidas.

Cabe ressaltar que o Exército não só faz entrega de materiais. Ele também possui Hospitais Militares de Área (HMA) que atendem militares e suas respectivas famílias e, em muitas situações, se vale de suas ambulâncias para prestar socorro médico. Assim, o caminho que essas ambulâncias irão percorrer poderá salvar uma vida, como bem observa RAGSDALE, Clift T (2015). Ter no SIGELOG um algoritmo que proponha essas rotas mais econômicas e mais rápidas é de fundamental importância.

Este método do caminho mais curto foi uma das aplicações utilizadas no estudo de caso, ou seja, a determinação da rota mais curta a ser executada pelo ECT ao retornar do eixo nordeste, uma vez que traz uma carga de retorno para entregar em OM na cidade do Rio de Janeiro e região metropolitana. O objetivo é confrontar os custos da sequência de entregas do modo como normalmente é feito com a possibilidade otimizada indicada pela aplicação. Entende-se que uma sequência de entregas em uma rota mais curta deve ser procurada, para que os custos sejam minimizados.

Para esta aplicação, utilizou-se a ferramenta SOLVER do Excel e LPSOLVE do *software* R, capaz de determinar a rota ótima em função da matriz de distância entre as OM e das restrições estabelecidas no modelo; e considerando que tal distância foi a penalidade (custo) considerada e em função das restrições estabelecidas.

Evidentemente que esta é uma parte da roteirização, uma vez que já se viu que outras variáveis devem ser levadas em consideração, como a capacidade dos veículos disponíveis para transporte, efetivo de motoristas, horários de entrega, entre outros. Assim, conhecer uma sequência das OM a serem visitadas dentro de uma rota ótima, trará para o tomador de decisões um indicador de rota com redução de custos.

Como foi descrito em capítulo 2, no PCV, quando o número de cidades a serem visitadas aumenta, o tempo de processamento computacional da solução ótima se torna muito elevado, o que nos remete a procurar métodos não tão ótimos, porém bons o suficiente para resultados

muito próximos do ótimo. Das alternativas possíveis, considera-se adequado para a resolução do problema o método heurístico de Clarke e Wright (1964).

### 3.1.2.3 Método Heurístico de Clarke e Wright

Como visto anteriormente, os métodos heurísticos se encaixam na classificação dos métodos aproximativos e o método de Clarke e Wright está enquadrado nas heurísticas clássicas por economia. Segundo Novaes (2007) este método aparece embutido em muitos *softwares* de roteirização, já que permite de forma satisfatória incluir diversos tipos de restrições.

Esta heurística do tipo *saving* (economia) é uma regra prática baseada em um modelo econômico do tipo que tem como regra a substituição de rotas mais caras dentro de uma rede a ser visitada por rotas de menor custo, de modo que se chegue a uma rota cada vez melhor e como observa Novaes (2007) com distância total percorrida mínima, redução do número de veículos empregados gerando, por consequência, redução nos investimentos e custos operacionais. O diferencial deste método em relação ao do caminho mínimo ou rota mais curta encontra-se no fato de que este levará em consideração as capacidades de peso e volume dos veículos e também buscará uma distância total percorrida mínima. Desta forma, está-se diante de uma variação do problema de roteamento de veículos (*Vehicle Routing Problem - VRP*), que é o problema de roteamento do veículo capacitado (*Capacitated Vehicle Routing Problem - CVRP*).

Segundo Oliveira e Delgado (2015), existem duas versões do algoritmo de Clarke e Wright (1964) *Savings*: a versão paralela e a versão sequencial. A diferença entre as versões está na estratégia de seleção e no número de rotas construídas a cada passo do algoritmo. Enquanto a versão sequencial apenas trata de uma rota por vez e busca, durante a análise, a extensão máxima para cada rota; a versão paralela permite que mais de uma rota seja construída e procura a melhor união factível entre os nós. Neste trabalho, foi utilizada a versão paralela, conforme tabelas 1 e 2.

---

#### **Tabela 1** : Versão paralela do Algoritmo de Clarke e Wright

---

##### **Algorithm 1:** Clarke e Wright *Savings*

---

**Entrada:** Conjunto de vértices  $V$  e conjunto de arestas  $E$ , capacidade máxima  $Q$  dos veículos

**Saída:** Conjunto de rotas

1 *routes* ← create initial routes ( $V$ );

2 *savings\_list* = compute savings list ( $V$ );

---

---

```

3 foreach  $i, j \in \text{savings list}$  do
4 if  $\text{feasible\_merge}(i, j, Q)$  then
5    $\text{routes} \leftarrow \text{merge\_routes}(i, j);$ 
6 return  $\text{routes}$ 

```

---

Fonte: OLIVEIRA, Rômulo e DELGADO, Karina (2015)

No algoritmo  $i$  e  $j$  representam os clientes a serem atendidos por um depósito e  $Q$  representa a capacidade do veículo que fará estes atendimentos.

**Tabela 2** : Algoritmo da lista de *savings*

---

**Algorithm 2:** *compute savings list*

---

**Entrada:** Conjunto de vértices  $V$

**Saída:** Lista de *savings*, ordenada por ordem decrescente de economia

```

1  $\text{savings list} = \{\};$ 
2 foreach  $i, j \in V - \{0\}$  do
3    $S_{ij} = C(0, i) + C(0, j) - C(i, j);$ 
4    $\text{savings list} \leftarrow S_{i,j};$ 
5    $\text{sort\_decreasing}(\text{savings list});$ 
6 return  $\text{savings list}$ 

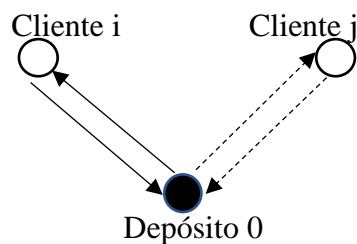
```

---

Fonte: OLIVEIRA, Rômulo e DELGADO, Karina (2015)

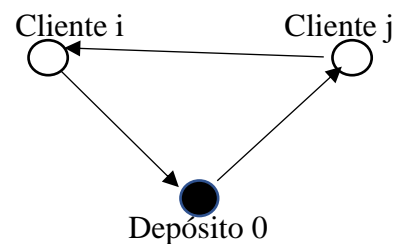
Lysgaard (1997) relata que a ideia básica do método é a economia de custos ao juntar duas rotas separadas em uma única rota, conforme Figura 13. O depósito representa o início do processo.

**Figura 12:** Rota inicial do método CW



Fonte: A própria autora

**Figura 13:** Rota final do método CW



Fonte: A própria autora

O algoritmo inicia com a pior situação, ou seja, um veículo parte do depósito com a carga destinada somente a um cliente. Após fazer a entrega desta carga no cliente  $i$ , o veículo retorna ao depósito e logo em seguida parte para atender outro cliente, o cliente  $j$ . Assim, o veículo do depósito fará duas viagens, conforme figura 12.

Nesta primeira forma, a distância total  $D$  percorrida pelo veículo, considerando  $d_{oi}$  e  $d_{oj}$  as distâncias entre o depósito e os clientes  $i$  e  $j$  é dada por:

$$D = 2d_{oi} + 2d_{oj}$$

Na segunda forma, conforme figura 14, há uma melhoria no processo de entrega, ou seja, os clientes  $i$  e  $j$  são juntados em uma mesma rota de entrega, de modo que a distância total  $D'$ , que o veículo do depósito percorrerá será:

$$D' = d_{oi} + d_{oj} + d_{ij}$$

Ao incluir os clientes  $i$  e  $j$  em uma mesma rota, haverá um ganho  $G$  dado por:

$$G_{ij} = D - D' = d_{oi} + d_{oj} - d_{ij}$$

Para realizar a análise dos ganhos nas ligações entre os clientes, serão consideradas algumas restrições básicas do problema:

- a rota inicia e termina no mesmo ponto, ou seja, no depósito 0;
- a capacidade de carga ( $Q$ ) do veículo será analisada, de modo que não seja excedida nem em peso, nem em volume;
- o veículo percorre todos os clientes antes de seu retorno para o depósito; e
- não haverá sub-rotas.

#### **3.1.2.4 Método de Roteamento dos nós com restrições de capacidade e comprimento (NRPCL)**

Segundo Ghiani e Laporte (2004), o método *Node Routing Problem with Capacity and Length Constraints (NRPCL)* consiste na construção de rotas de veículos (de menor custo), de modo que cada cliente é visitado exatamente uma única vez e que está associado a uma demanda, que não poderá ultrapassar a capacidade do veículo.

O problema pode ser formulado considerando  $K$  conjuntos de rotas que satisfazem às restrições de capacidade e comprimento,  $y_k$  ( $k \in K$ ) é uma variável de decisão binária igual a 1 se a rota  $k$  for uma resultante de um método de otimização e 0, caso contrário. Para este trabalho,  $y_k$  foram formadas pelo método de Clarke e Wriqth. O custo  $c_k$  é a distância total de cada rota formada e define-se ainda que  $a_{ik}$ ,  $i \in V'$ ,  $k \in K$ , é uma constante binária igual a 1 se o vértice  $i$  está incluso na rota  $k$ , e 0 caso contrário.

Sendo assim, o problema pode ser formulado como segue:

Minimize  $\sum_{k \in K} c_k y_k$

Sujeito às restrições:

$\sum_{k \in K} a_{ik} y_k \geq 1, i \in V'$ , estabelece que cada cliente é atendido por uma rota.

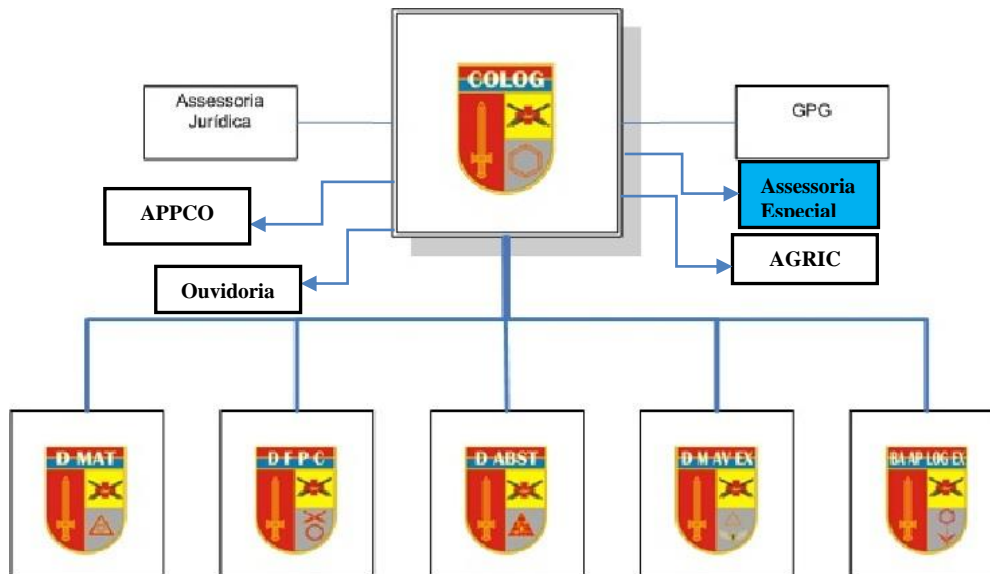
$\sum_{k \in K} y_k = m, y_k \in \{0,1\}, k \in K$ , estabelece que exatamente  $m$  veículos são usados.

Uma vez realizada a formulação como descrito anteriormente, o problema foi resolvido da mesma forma que o do caminho mínimo com o método de problema de programação linear inteira, de modo a buscar as rotas que tornem a solução muito próxima da ótima e com ganho de processamento computacional grande.

### 3.2 Caracterização da organização objeto do estudo

A organização militar onde a pesquisa está sendo realizada é o Comando Logístico (COLOG) da instituição Exército Brasileiro. O lócus da pesquisa está na Assessoria Especial do Comando Logístico, conforme organograma da figura 14.

De acordo com o Plano de Gestão do COLOG 2020-2023, o Comando Logístico em conformidade com as políticas e as diretrizes estratégicas do Exército, tem a missão de orientar e coordenar o apoio logístico ao preparo e ao emprego da Força Terrestre, prevendo, provendo e mantendo, nos campos das funções logísticas de Suprimento, Manutenção, Transporte e Salvamento, os recursos, os serviços e meios necessários para garantir a geração, o desdobramento, a sustentabilidade e a reversão ao Exército Brasileiro e às exigências de mobilização desses grupos funcionais (sic), devendo, ainda, coordenar as atividades de produtos controlados pelo Exército.

**Figura 14:** Organograma do COLOG

Fonte: Regulamento do COLOG

Como Visão de Futuro, o Plano de Gestão tem o propósito de, até 2023, contribuir para a transformação do Exército, por meio da gestão e da governança dos grupos funcionais (Suprimento, Manutenção, Transporte e Salvamento) (sic) sob responsabilidade do COLOG, para que a Força Terrestre enfrente, com os meios adequados, os desafios do século XXI, respaldando as decisões soberanas do Brasil no cenário internacional.

### 3.3 Participantes da pesquisa

Em agosto de 2020 foi distribuído um questionário de avaliação do processo de gestão de transporte, conforme apêndice A, para cinquenta organizações logísticas e de execução de transporte para as diversas Regiões Militares, tais como Parques de Manutenção, Batalhões Logísticos, Depósitos de Suprimento, Companhias de Transporte e Estabelecimentos e Depósitos Centrais.

### 3.4 Caracterização e descrição dos instrumentos de pesquisa

A pesquisa foi realizada com dados secundários, cuja base de dados foi extraída do SIGELOG; e dados primários, obtidas das respostas dos questionários distribuídos.

O primeiro passo foi o levantamento de dados do módulo transporte por meio de seus relatórios e, principalmente, dos dados do eixo nordeste, que foi o foco de nossa aplicação.

Em seguida, utilizou-se a técnica de pesquisa de questionário, que segundo Marconi e Lakatos (2007) é um instrumento de coletas de dados constituídos por uma série de perguntas que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador. No caso, foram utilizados os formulários online, que é prático e atendem perfeitamente aos objetivos da pesquisa.

### **3.5 Procedimentos de coleta e de análise de dados**

O procedimento de coleta de dados neste trabalho foi, primordialmente, com a coleta de dados lançados no módulo transporte do SIGELOG e por meio de questionário distribuído para organizações militares de transporte.

Quanto ao procedimento de análise, recorreu-se à análise de gráficos, de tabelas de cruzamento de dados de demandas de transporte entre regiões militares e de modelos matemáticos de roteirização de veículos.



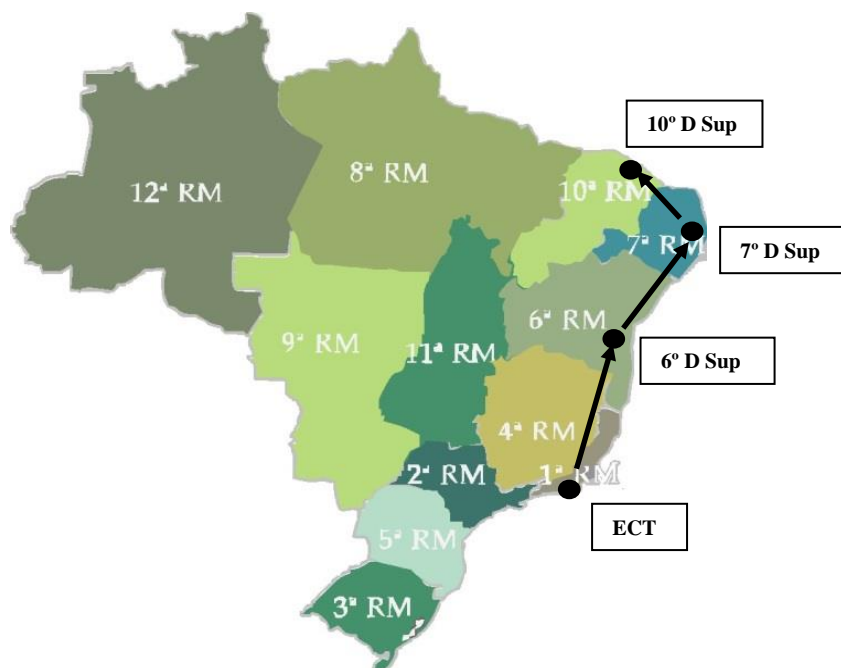
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, mostram-se dois modelos de roteirização, por meio da aplicação da pesquisa operacional como ferramenta para otimização de rotas, em um dos eixos de transporte nacional quando do seu retorno; as análises das demandas, capacidades da atual estrutura de Gestão de Transporte no Exército Brasileiro, por meio dos resultados descritivos dos dados lançados no SIGELOG desde 2017 até o período de janeiro a maio de 2020 e dos resultados da pesquisa distribuída por OM Logísticas; e as oportunidades de melhoria na gestão de transporte do COLOG, por meio da análise gráfica de dados de utilização do módulo transporte do SIGELOG.

### 4.1 Eixo Nordeste

O eixo nordeste começa no ECT, após receber das OM do estado do Rio de Janeiro materiais de diversas classes de suprimento para serem distribuídas aos depósitos de suprimento ao longo do eixo, para que estes façam a distribuição em suas RM, conforme figura 15 e depois retorna com cargas de retorno, se houver, dos depósitos para as OM do estado do Rio de Janeiro ou para que siga em outro Eixo de Transporte, que ocorre ao longo do ano.

**Figura 15:** Mapa com Eixo Nordeste



Fonte: A própria autora

## 4.2 Demandas de Suprimentos

Quando se fala em otimização, analisar fluxo de demandas das cargas entregues tem grande importância, uma vez que todo o processo de transporte toma como base para dimensionamento da missão de transporte as características destas demandas, ou seja, peso, volume, origem e destino, entre outras. Sendo assim, e com base em todos os pedidos que foram feitos no SIGELOG para transporte, por motivo de fornecimento ou transferência, foi realizada uma análise das demandas da classe de suprimento A, a título de exemplo do nível de informação que o SIGELOG pode fornecer. Para tal, e com a utilização do *Cross Tabulation* do *software* SPSS, fez-se a totalização dos pesos e cubagens dos pedidos, que foram feitos por ordem de fornecimento e por ordem de transferência; e verificando a região militar de origem e a região militar de destino desses pedidos. Anexou-se uma tabela com a totalização dos pesos e cubagens de todos os pedidos que foram demandados de uma região para outra ou para a mesma região militar e seus respectivos gráficos.

Nas tabelas, as células pintadas em azul representam solicitações de transporte intrarregional, ou seja, para dentro da própria região e, em amarelo, solicitações de transporte inter-regional, ou seja, entre regiões militares diferentes.

### 4.2.1 Demanda nas Regiões Militares no SIGELOG originada por ODF

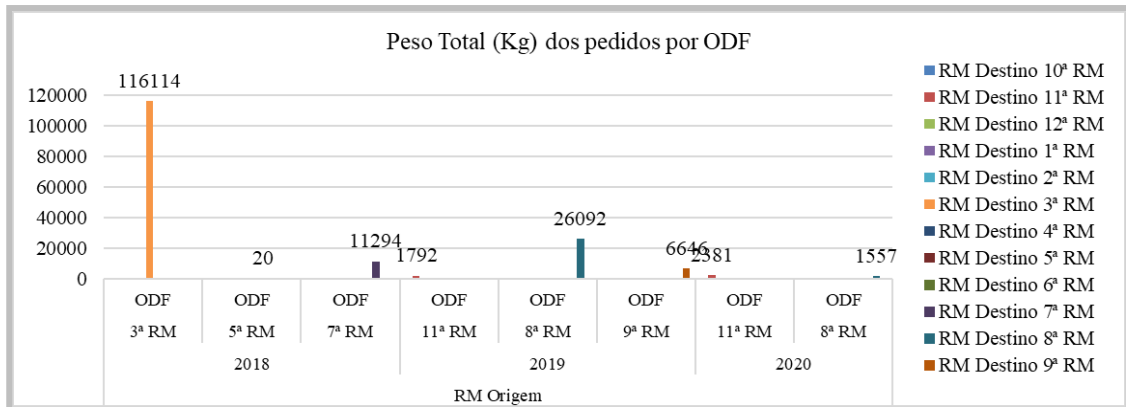
A Ordem de fornecimento é o documento que uma Diretoria ou o Cmdo RM utilizam para autorizar o OP a fornecer determinado material para uma OM apoiada.

#### 4.2.1.1 Classe de Suprimento A

**Quadro 3:** Ordem de Fornecimento (ODF) – Peso total em Kg – Cl A entre RM

FORNECIMENTO - PESO TOTAL EM Kg				RM Destino											
				10ª RM	11ª RM	12ª RM	1ª RM	2ª RM	3ª RM	4ª RM	5ª RM	6ª RM	7ª RM	8ª RM	9ª RM
RM Origem	2018	3ª RM	ODF						116114						
		5ª RM	ODF								20				
		7ª RM	ODF										11294		
	2019	11ª RM	ODF		1792										
		8ª RM	ODF											26092	
		9ª RM	ODF												6646
	2020	11ª RM	ODF		2381										
		8ª RM	ODF											1557	

Fonte: SIGELOG

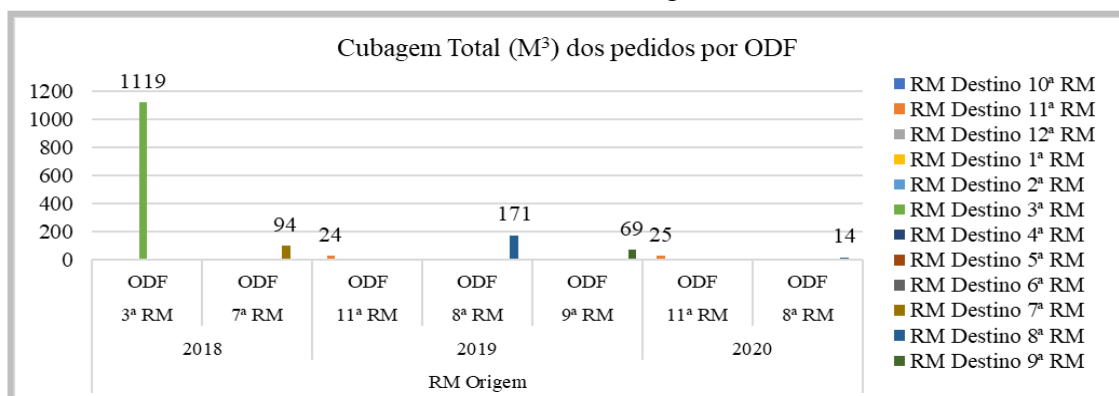
**Gráfico 2:** Ordem de Fornecimento (ODF) – Peso total em Kg – CI A entre RM

Fonte: SIGELOG

**Quadro 4:** Ordem de Fornecimento (ODF) – Cubagem total em m<sup>3</sup> – CI A entre RM

FORNECIMENTO - CUBAGEM TOTAL EM M <sup>3</sup>				RM Destino											
				10ª RM	11ª RM	12ª RM	1ª RM	2ª RM	3ª RM	4ª RM	5ª RM	6ª RM	7ª RM	8ª RM	9ª RM
RM Origem	2018	3ª RM	ODF						1119						
		7ª RM	ODF										94		
	2019	11ª RM	ODF		24										
		8ª RM	ODF											171	
		9ª RM	ODF												69
	2020	11ª RM	ODF		25										
8ª RM		ODF											14		

Fonte: SIGELOG

**Gráfico 3:** Ordem de Fornecimento (ODF) – Cubagem total em m<sup>3</sup> – CI A entre RM

Fonte: SIGELOG

Como se pode observar no quadro 3, todos os pedidos de fornecimentos ocorreram dentro das próprias regiões militares. As maiores demandas de fornecimento, em peso e volume, foram relativas ao transporte regional no âmbito da 3ª RM com um total de 116.114 Kg e 1119 m<sup>3</sup>, em 2018; e no âmbito da 8ª RM com 26.092 Kg e 171 m<sup>3</sup>, em 2019. Antes do SIGELOG,

um tipo de informação desta natureza somente seria possível obter por meio de planilhas solicitadas nas regiões militares, num processo relativamente demorado, não imediato. Com os lançamentos destes pedidos no SIGELOG, conseguiu-se ter em segundos uma exata dimensão do fluxo destas demandas e, desta forma, contribuir para que o decisor possa melhor realizar seu planejamento logístico.

#### 4.2.2 Demanda das Regiões Militares no SIGELOG originada por ODT

A ordem de transferência é o documento que determina a transferência de material de uma OM para outra, por nivelamento, dentro da área de uma mesma RM; e por remanejamento, entre OM de RM distintas.

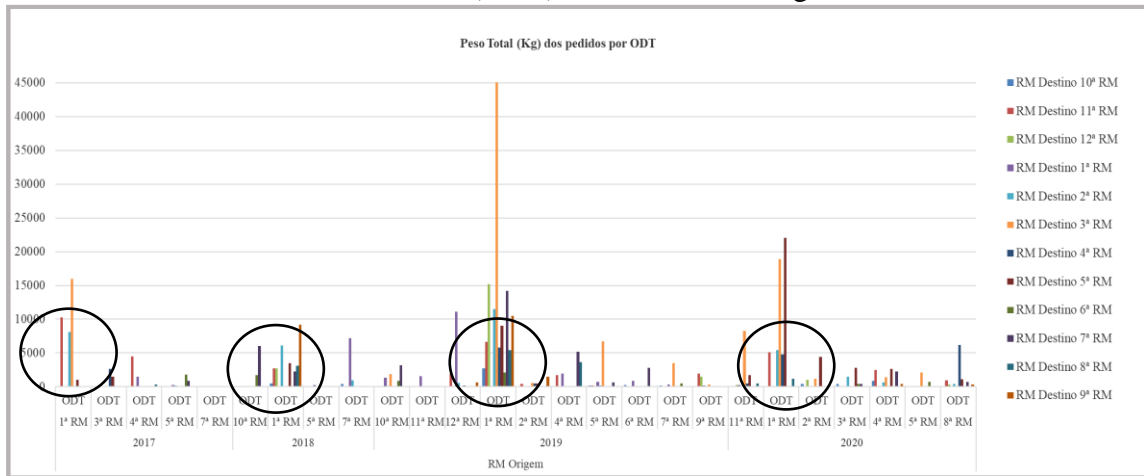
##### 4.2.2.1 Classe de Suprimento A

**Quadro 5:** Ordem de Transferência (ODT) – Peso total em Kg – Cl A entre RM

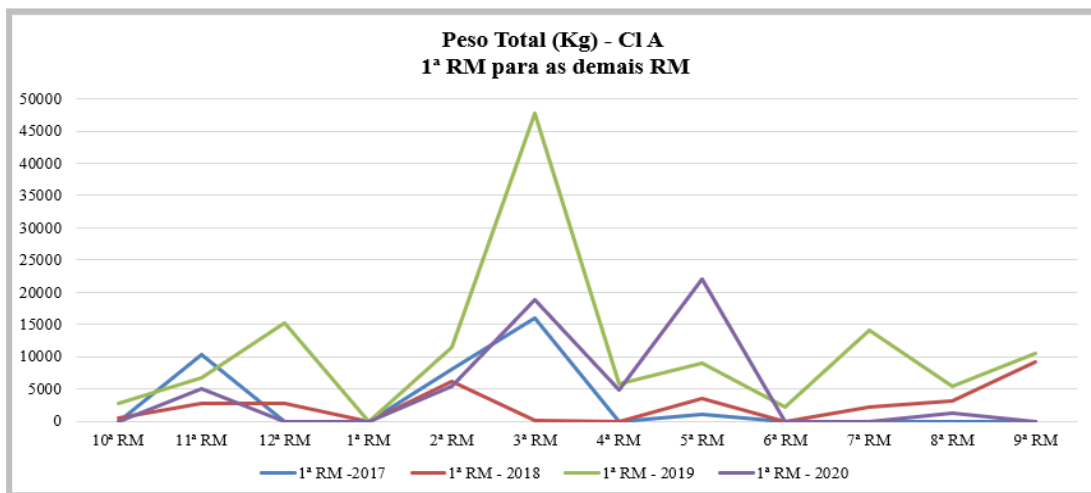
TRANSFERÊNCIA - PESO EM Kg				RM Destino											Totais RM Origem		
				10ª RM	11ª RM	12ª RM	1ª RM	2ª RM	3ª RM	4ª RM	5ª RM	6ª RM	7ª RM	8ª RM		9ª RM	
RM Origem	2017	1ª RM	ODT		10281			8115	15950		1000						35346
		3ª RM	ODT					60		2620	1517						4197
		4ª RM	ODT		4523		1490		90						340		6443
		5ª RM	ODT				278	183					1790	885			3136
		7ª RM	ODT										145				145
	2018	10ª RM	ODT						18				1707	6058			7783
		1ª RM	ODT	477	2712	2702		6100	122			3525		2248	3094	9156	30136
		5ª RM	ODT					278									278
		7ª RM	ODT	381		49	7172	982				43	88				8715
	2019	10ª RM	ODT					1376		1900			894	3182			7352
		11ª RM	ODT					1568	80						120		1810
		12ª RM	ODT		1850		11100	550			42				60	685	14399
		1ª RM	ODT	2688	6652	15194		11515	47745	5778	9013	2089	14173	5428	10519		130794
		2ª RM	ODT		454		100		532	528	478					1512	3604
		4ª RM	ODT		1700		1956	19						5222	3645		12542
		5ª RM	ODT	224	199		722	168	6755				84	635	10	81	8878
		6ª RM	ODT	245	113		887				41			2838			4124
		7ª RM	ODT	218			348			3479			474				4519
	9ª RM	ODT		1990	1500	200	60	378	15		5					4148	
	2020	11ª RM	ODT			250	300	6	8300	500	1700	4	6	500			11566
		1ª RM	ODT		5077			5425	18868	4810	22077			1211			57468
		2ª RM	ODT	402		1005			1194		4400						7001
		3ª RM	ODT	430				1487			2808	450	430				5605
		4ª RM	ODT	910	2500	110		660	1410		2660		2250			410	10910
		5ª RM	ODT				140	110	2120			690					3060
		8ª RM	ODT	70	926	342	42	380		6204	1084		713		338		10099
		Totais RM Destino			6045	38977	21152	27957	35918	108843	20692	50310	8415	38640	14408	22701	

Fonte: SIGELOG

Diferentemente do que ocorreu na ordem de fornecimento, os pedidos de transferência ocorreram todos entre regiões militares diferentes, o que motivará um fluxo grande no transporte nacional, como se pode observar no quadro 5.

**Gráfico 4:** Ordem de Transferência (ODT) – Peso total em Kg – CI A entre RM

Fonte: SIGELOG

**Gráfico 5:** Ordem de Transferência (ODT) – Peso total em Kg – CI A entre 1ª RM e demais RM

Fonte: SIGELOG

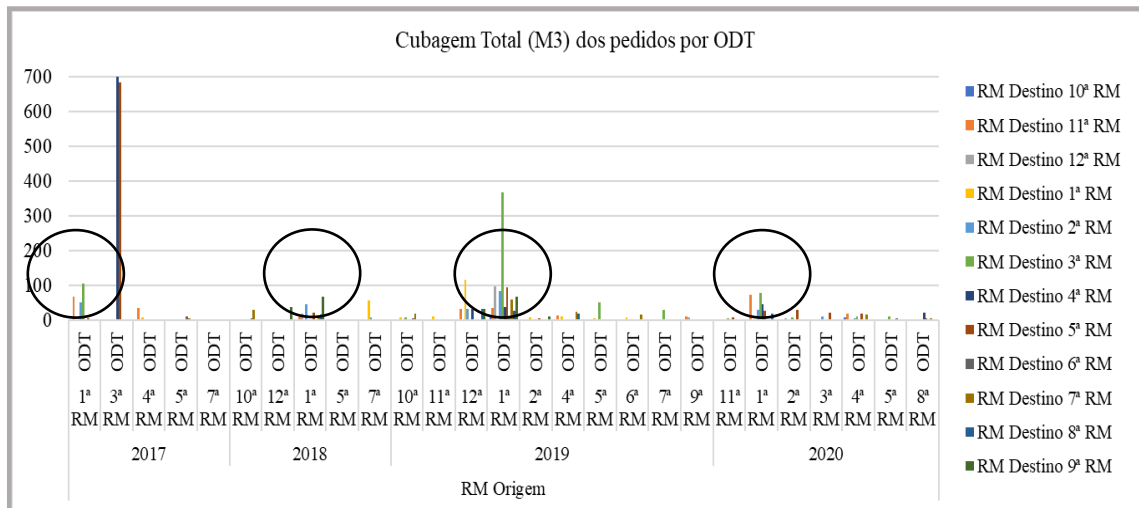
Verifica-se também, por meio dos gráficos 4 e 6, que o maior fluxo das demandas em peso e volume anualmente teve como origem a 1ª RM, e como destinos as diversas outras regiões militares. As maiores demandas ocorreram da 1ª RM para a 2ª RM, 3ª RM e 5ª RM, como se pode observar nos gráficos 5 e 7, chegando a um total para a 3ª RM de 47745 Kg e 368 m<sup>3</sup> no ano de 2019. Este fluxo maior nestas RM é natural que ocorra, uma vez que possuem percentuais elevados de OM do Exército Brasileiro.

**Quadro 6:** Ordem de Transferência (ODT) – Cubagem total em m<sup>3</sup> – Cl A entre RM

TRANSFERÊNCIA - CUBAGEM TOTAL EM M <sup>3</sup>				RM Destino											Totais RM Origem	
RM Origem	Ano	ODT		10ª RM	11ª RM	12ª RM	1ª RM	2ª RM	3ª RM	4ª RM	5ª RM	6ª RM	7ª RM	8ª RM		9ª RM
RM Origem	2017	1ª RM ODT		68				52	107		5					232
		3ª RM ODT					1		1598	685						2284
		4ª RM ODT		36			9								4	49
		5ª RM ODT					2	2					11	6		21
		7ª RM ODT														0
	2018	10ª RM ODT											6	30		36
		12ª RM ODT														38
		1ª RM ODT		3	12	20		45	2			22		10	16	68
		5ª RM ODT					2									2
		7ª RM ODT		2				57	8							67
	2019	10ª RM ODT						8		8			6	19		41
		11ª RM ODT					10	2							4	16
		12ª RM ODT			33		117	33			33				33	282
		1ª RM ODT		12	34	97		84	368	38	95	10	60	27		892
		2ª RM ODT			4		8		3	4	5					36
		4ª RM ODT			14			10						25	19	68
		5ª RM ODT		2	2			5	1	51			1	4	0	67
		6ª RM ODT		1	1			7						17		26
		7ª RM ODT		2				3		29			4			38
		9ª RM ODT			11	9	2			1						23
	2020	11ª RM ODT				2	2			6	4	9			4	27
		1ª RM ODT			73				30	79	46	26			20	274
		2ª RM ODT		2		5				8		30				45
		3ª RM ODT		2				10				22	4	2		40
		4ª RM ODT		7	18	1		5	10		19			16		79
		5ª RM ODT					1	1	12				6			20
		8ª RM ODT		1	4	2		2			22	6		5		44
		Totais RM Destino			34	310	136	243	276	684	1745	924	48	194	127	224

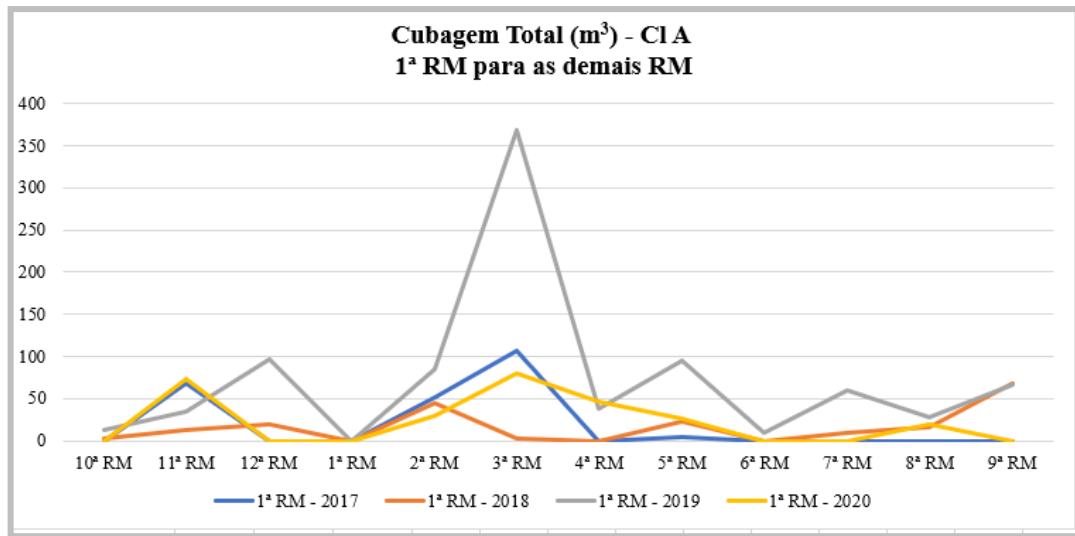
Fonte: SIGELOG

**Gráfico 6:** Ordem de Transferência (ODT) – Cubagem total em m<sup>3</sup> – Cl A entre RM



Fonte: SIGELOG

**Gráfico 7:** Ordem de Transferência (ODT) – Cubagem total em m<sup>3</sup> – Cl A entre 1ª RM e demais RM



Fonte: SIGELOG

Com estes exemplos, é possível verificar que o SIGELOG nos permitirá ter uma ampla visualização de todas as necessidades de movimentação das classes de suprimento pelo território nacional, e assim atender prontamente às funções logísticas com maior efetividade.

Segundo Ballou (2006), é importante saber onde e quando ocorrerá a demanda. A localização espacial da demanda é indispensável para planejar a localização dos armazéns, o balanceamento dos estoques na rede e alocar geograficamente os recursos de transporte.

### 4.3 Avaliação do Processo de Transporte

Da mesma forma que se faz a análise das demandas, é necessário ter conhecimento das capacidades dos depósitos, uma vez que traz a informação do quanto se consegue absorver das demandas realizadas. Por meio de pesquisa realizada em agosto de 2020, conforme apêndice A, com cinquenta organizações militares logísticas e de transporte foi possível verificar algumas capacidades dos depósitos, em área (m<sup>2</sup>), volume (m<sup>3</sup>) e peso (t), por classes de suprimento e por região militar; verificar outras capacidades necessárias para a melhoria do processo de transporte, tais como capacitações e oportunidades de melhoria em algumas fases do processo como o do carregamento, por exemplo. As respostas são de trinta e três respondentes das diversas regiões militares e as classes de suprimento foram descaracterizadas com letras meramente aleatórias.

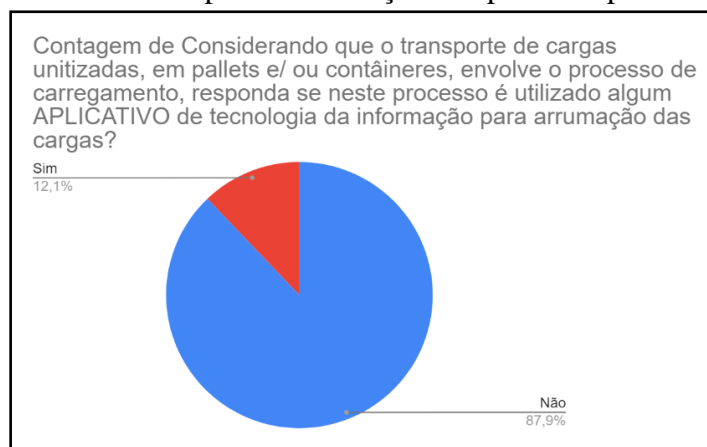
A primeira pergunta foi em relação as capacidades em peso, volume e área dos depósitos, o que nos permite saber de forma aproximada estes valores em todas as regiões militares. Com base nas respostas dos 33 respondentes da pesquisa, foi possível verificar que as maiores capacidades em área, peso e volume estão na 1ª RM. Cabe observar que estas informações estarão disponíveis no SIGELOG, para que se possa saber com exatidão as dimensões dos depósitos, seus níveis de estoque e suas localizações.

Outra pergunta feita na pesquisa foi em relação a utilização de aplicativo para arrumação das cargas nos veículos na fase de carregamento e conforme gráfico 8; 87,9% não utilizam nenhum tipo de aplicativo. Este é outro campo da pesquisa operacional (PO) a ser desenvolvido e inserido no SIGELOG.

Junqueira *et al.* (2010) menciona que existem vários tipos de modelo que resolvem este problema, como, por exemplo, o Problema de Carregamento de Contêineres 3D - PCC3D (*Knapsack Loading Problem*) e o Problema de Carregamento de Múltiplos Contêineres - PCMC (*Multi-Container Loading Problem*).

Cabe observar também que a arrumação da carga dentro dos contêineres está diretamente relacionada com os tipos de embalagens disponíveis para unitização.

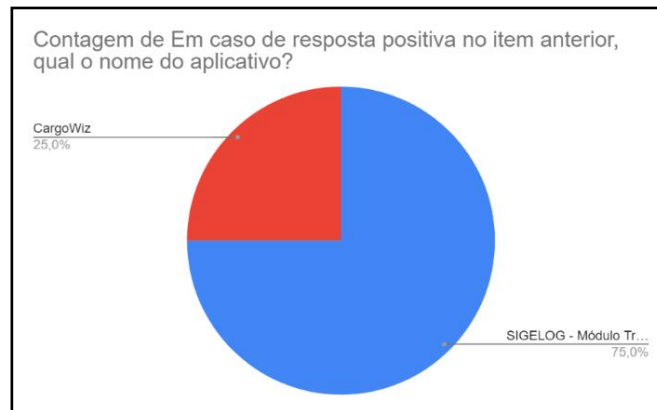
**Gráfico 8:** Resposta a utilização de aplicativo para arrumação de carga



Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

Apenas um respondente relata que utiliza um *software* de otimização de arrumação de cargas, o CargoWiz, conforme se observa no gráfico 9.

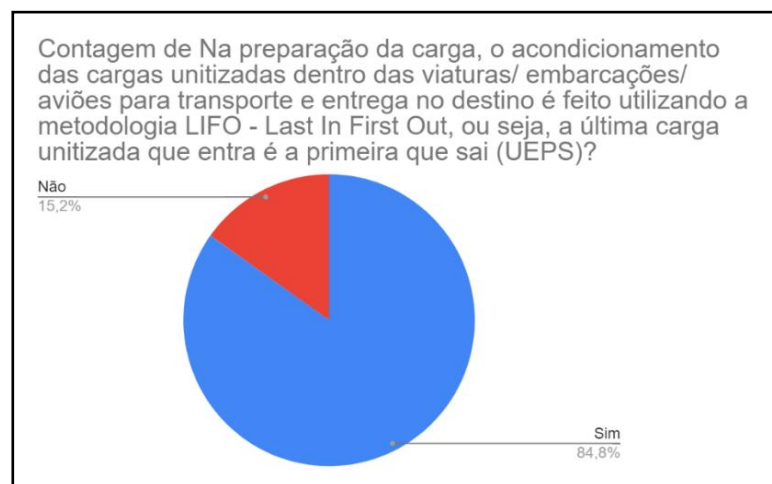


**Gráfico 9:** Resposta ao tipo de aplicativo para arrumação da carga

Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

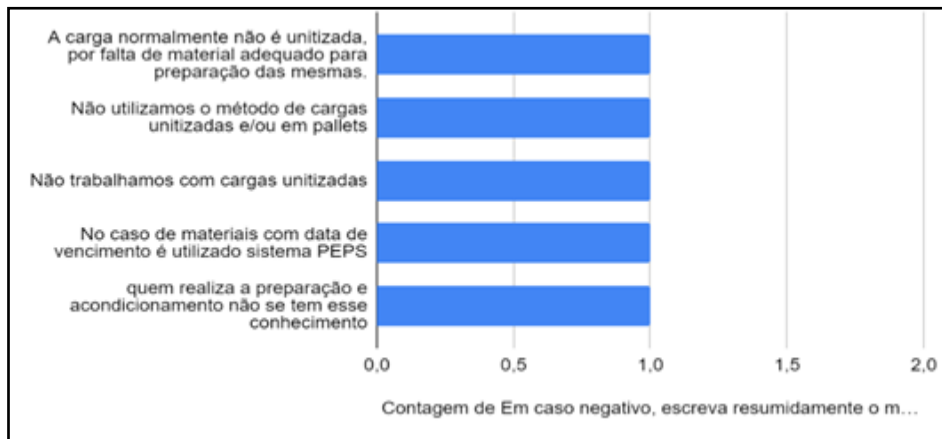
O *software* CargoWiz é um programa utilizado em logística para itens de envio retangulares, carregamento de paletes, engradados, caixas de papelão, entre outros, em veículos, caminhões ou contêineres.

Ainda em relação ao carregamento, também procura-se saber se as cargas são arrumadas de forma que a primeira que vai ser entregue seja a última a ser colocada no veículo e, conforme gráfico 10; 84,8% responderam que sim 15,2% responderam que não.

**Gráfico 10:** Resposta a utilização de UEPS

Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

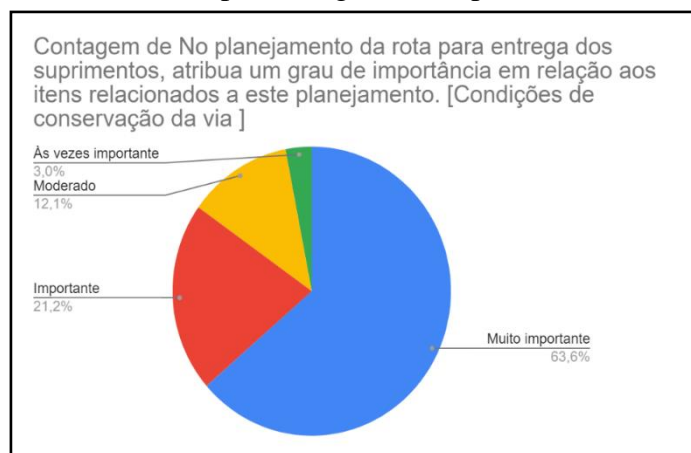
Em relação aos 15,2% que responderam que não seguem a técnica UEPS, foram relatados os motivos conforme gráfico 11.

**Gráfico 11:** Resposta com motivos da não utilização do método UEPS

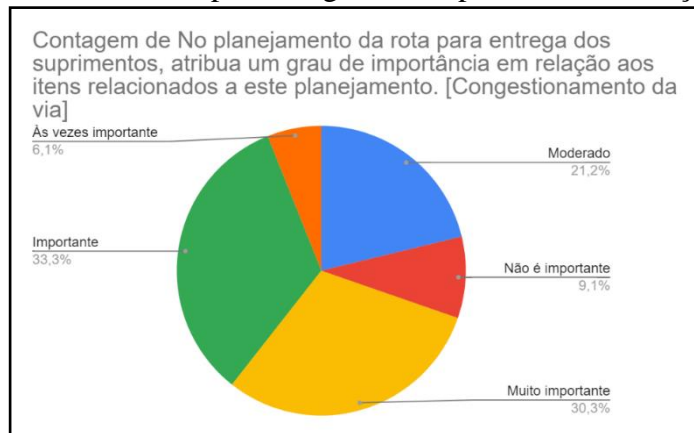
Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

Chama a atenção que alguns respondentes tenham respondido que não unitizam suas cargas para o transporte ou mesmo utilizam pallets, sendo suas classes de suprimento sujeitas a unitização. No SIGELOG, a missão de transporte para ser definida depende primeiramente da informação de que a carga foi unitizada.

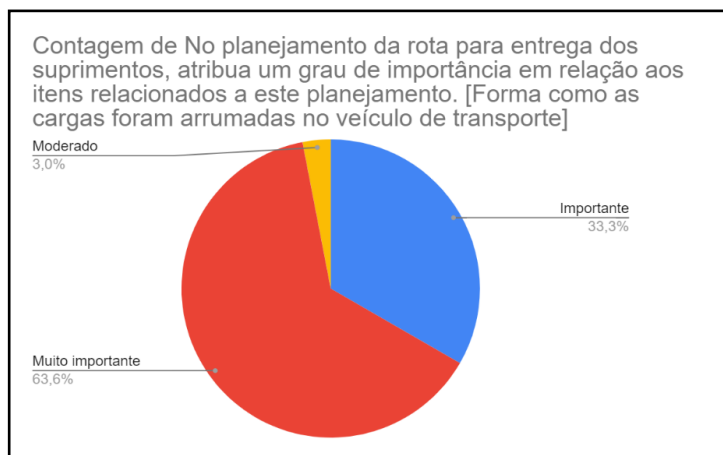
Em relação ao planejamento da rota, verificou-se o grau de importância que os respondentes atribuíram aos fatores que influenciam na otimização das rotas tais como: condições de conservação da via, congestionamento da via, forma como as cargas foram arrumadas no veículo, menor distância até o destino, existência de ponto de apoio e de posto de abastecimento. De forma geral, conforme gráficos de 12 a 17, todos esses fatores foram considerados importantes ou muito importantes para os respondentes. Isto demonstra que ao buscar uma rota ótima, essas variáveis devem ser levadas em consideração.

**Gráfico 12:** Resposta ao grau de importância em relação as condições da via

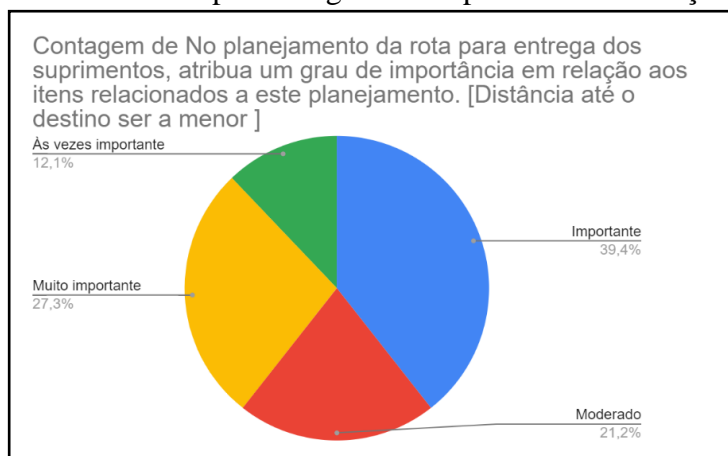
Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

**Gráfico 13:** Resposta ao grau de importância em relação a congestionamento na via

Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

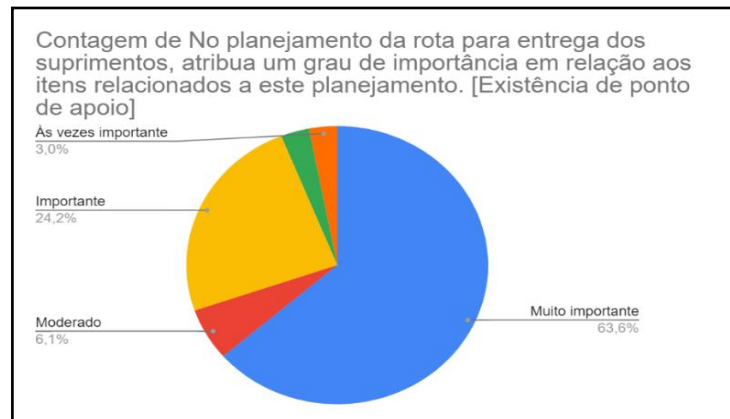
**Gráfico 14:** Resposta ao grau de importância em relação a arrumação das cargas

Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

**Gráfico 15:** Resposta ao grau de importância em relação a distância até o destino

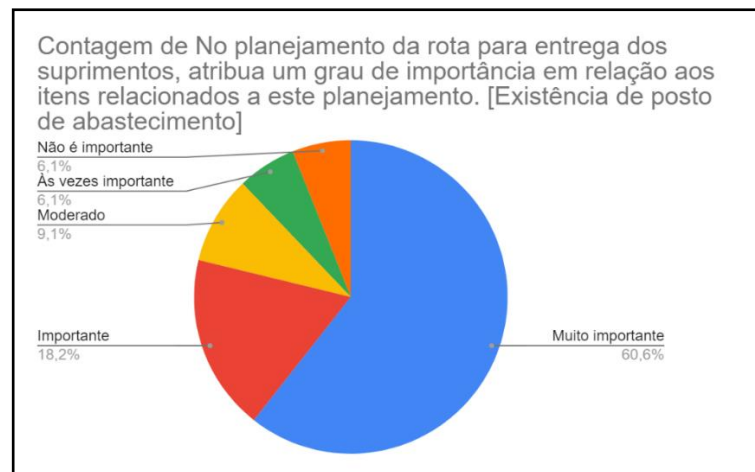
Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

**Gráfico 16:** Resposta ao grau de importância em relação ao ponto de apoio



Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

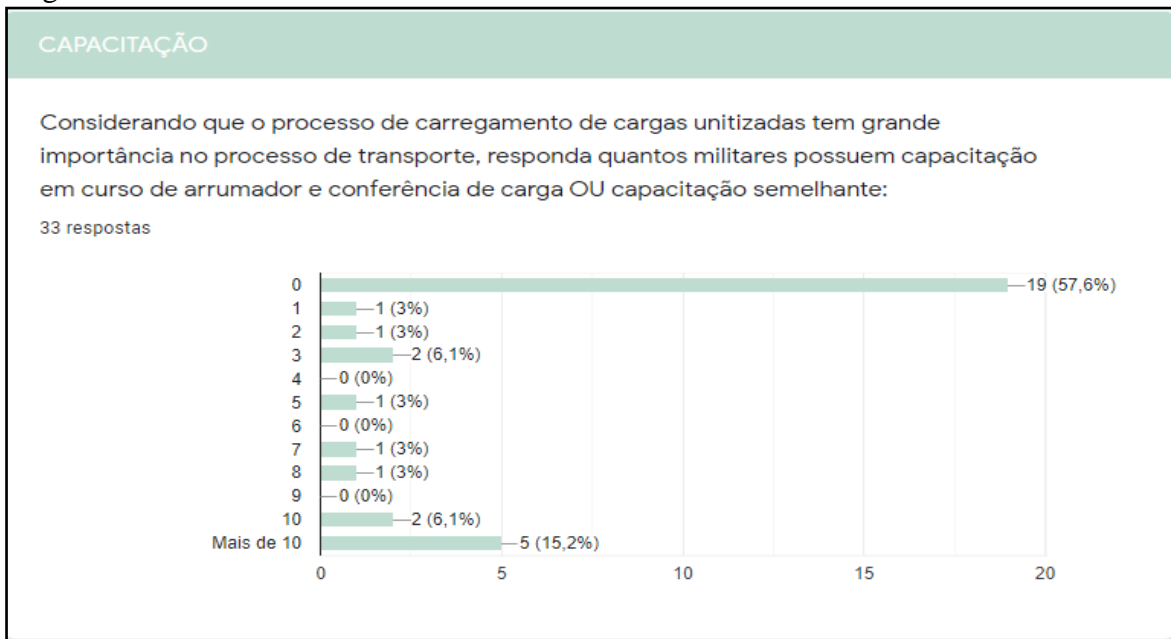
**Gráfico 17 -** Resposta ao grau de importância em relação a existência de posto de abastecimento



Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

Outro ponto abordado foi em relação a capacitação em arrumador e conferente de carga. Dos 33 respondentes, conforme gráfico 18; 57,6% responderam que nenhum militar possui este curso ou semelhante. Este percentual é elevado, se considerar que a arrumação correta da carga traz benefícios em relação a segurança e ao melhor aproveitamento das capacidades dos veículos.

**Gráfico 18:** Resposta em relação a quantidade de militares com capacitação em arrumador de carga



Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

Dos respondentes, 2 relataram que realizaram capacitação nesta área, conforme respostas dadas.

Em caso de capacitação semelhante, qual o nome do curso?

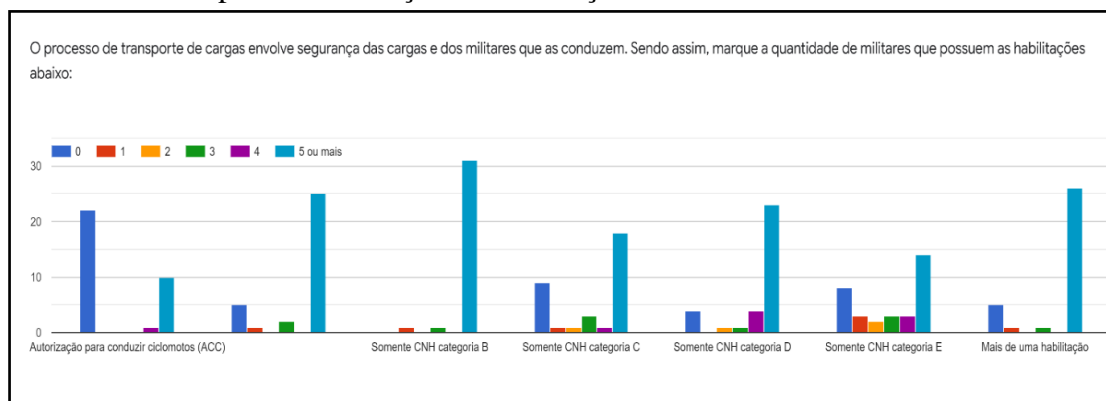
2 respostas

Cargas indivisíveis (SENAT)

Controlador de Suprimento

Em relação aos diversos tipos de habilitações de motorista, percebe-se, conforme gráfico 19, que a maioria dos respondentes responderam que em suas OM, 5 ou mais militares possuem habilitações dos diversos tipos.

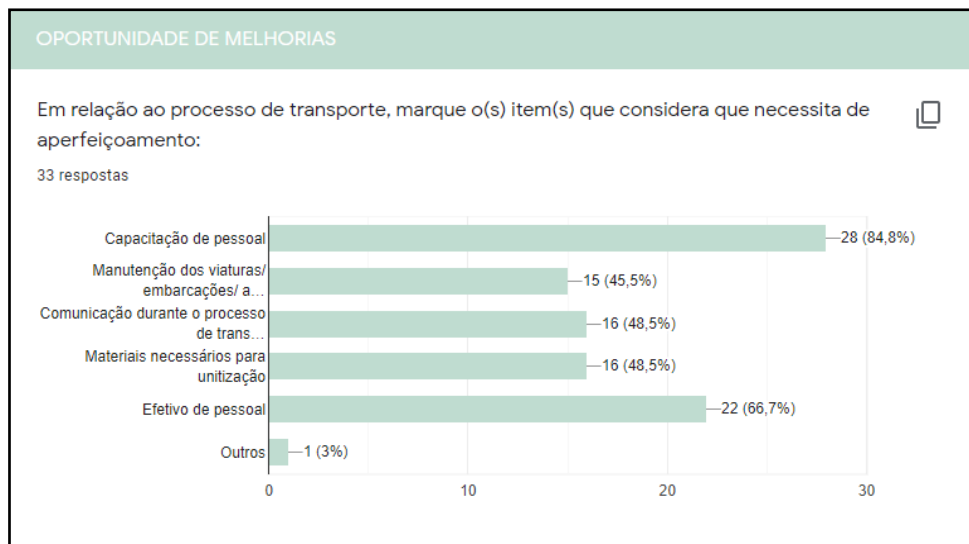
**Gráfico 19:** Respostas em relação as habilitações de motorista



Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

Por último, foi solicitado que se marcasse uma ou mais oportunidades de melhoria no processo de transporte e os percentuais obtidos são demonstrados conforme gráfico 20 e percebe-se que os maiores percentuais foram para capacitação e efetivo de pessoal. De nada adianta uma rota otimizada, se, por falta de capacitação, não se consegue arrumar a carga de forma ótima dentro do veículo ou se leva muito tempo para a realização deste processo. Quando se fala que se deseja reduzir custos de transporte, muitos conceitos estão envolvidos e não dizem respeito a somente melhor rota, mas também menor tempo, menor efetivo, entre outros.

**Gráfico 20:** Respostas em relação as oportunidades de melhoria no processo de transporte



Fonte: Pesquisa Avaliação do Processo de Transporte

Outras sugestões foram dadas conforme respostas do item.

Em caso de ter marcado outros, diga qual(is) item(s) que necessita de aperfeiçoamento.

2 respostas

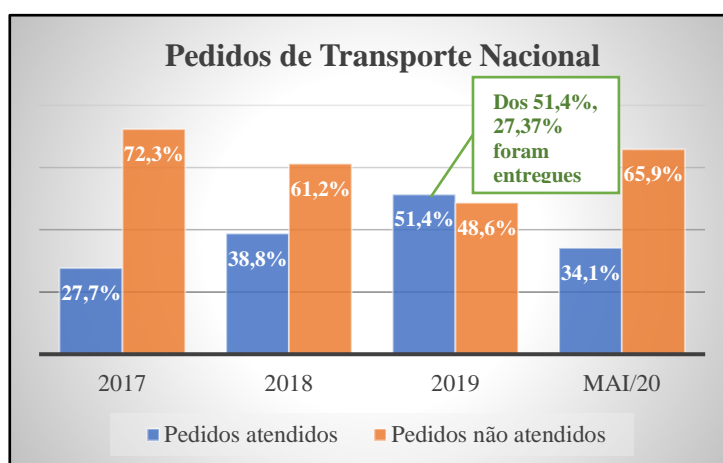
- Efetivo de pessoal, capacitação de pessoal, manutenção da viatura
- Se for trabalhar com paletes, todo que receberem material paletizado precisam de empilhadeira e pessoal habilitado para movimentar as cargas.

#### 4.4 Análise do Módulo Transporte do SIGELOG

O módulo transporte do SIGELOG está em utilização desde 2017, principalmente para o transporte nacional, que ocorre nos quatro eixos de transporte (Amazônico, Norte, Nordeste e Sul).

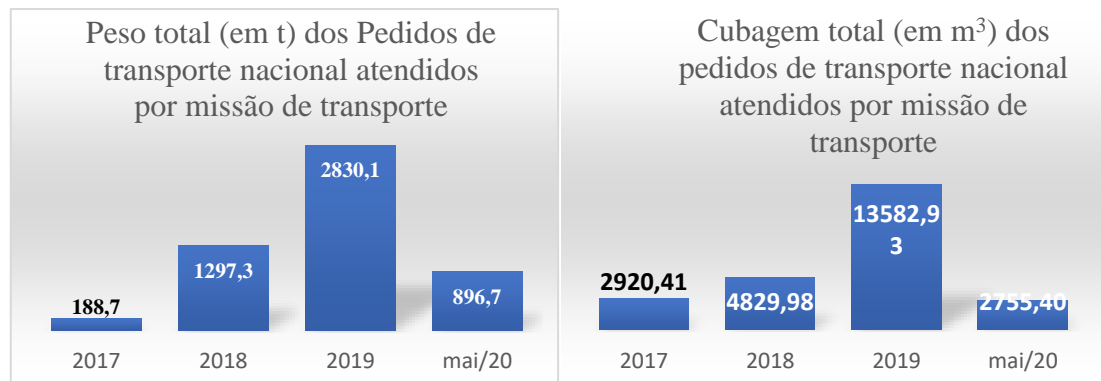
Realizando uma análise de todas as variáveis em relação aos pedidos que foram feitos no módulo transporte do SIGELOG, foi possível observar, com a utilização do *Cross Tabulation* do *software* SPSS, conforme gráfico 21, no que tange ao transporte nacional, que de todos os pedidos realizados em 2017, 27,7% foi atendido por uma missão de transporte. Em 2018, este percentual aumentou para 38,8% e em 2019 para 51,4%, o que demonstra um aumento da utilização do módulo, porém com um percentual ainda pequeno. Observou-se também que dos 51,4% dos pedidos atendidos por uma missão em 2019, apenas 27,37% consta como entregue. Este baixo percentual pode se dever ao fato de que não esteja ocorrendo o lançamento de que a carga foi entregue, uma vez que este procedimento não é automático.

**Gráfico 21:** Pedidos de Transporte Nacional

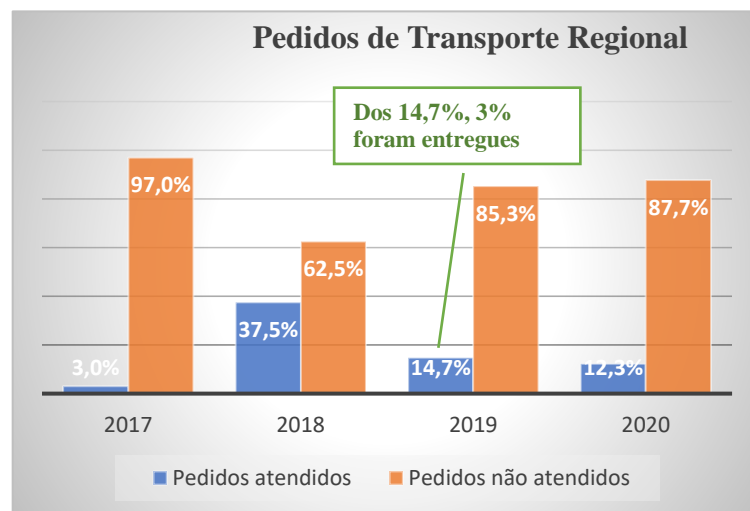


Fonte: SIGELOG

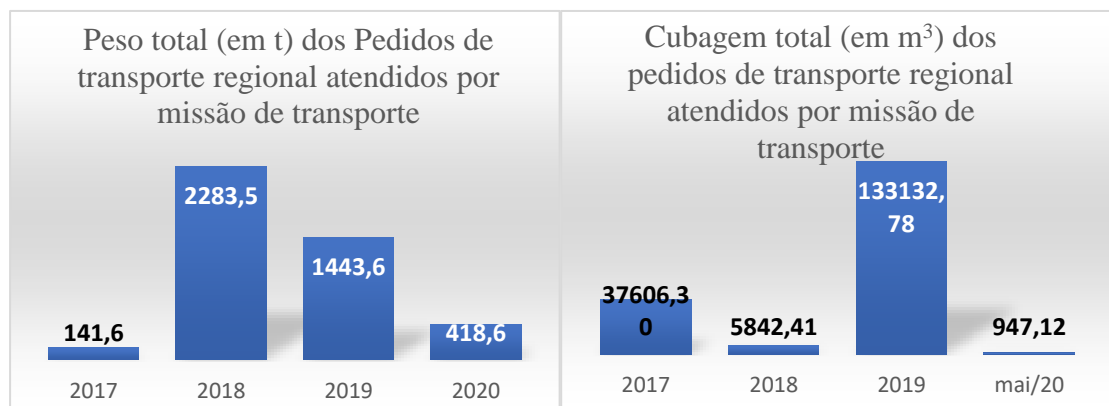
Pode-se observar no gráfico 22 que o peso total dos pedidos em 2019, por exemplo, foi 118,15% maior em relação a 2018; e a cubagem 181,22%. Já em relação ao transporte regional, conforme gráfico 23, percebe-se que a utilização do módulo transporte no SIGELOG ainda está bem reduzida. Em 2017, 3% dos pedidos a nível regional foi atendido; em 2018, 37,5%; em 2019, caiu para 14,7% e em até maio de 2020, 12,3%. No entanto, pode-se observar no gráfico 24 que a demanda ao longo dos anos teve um volume em m<sup>3</sup> bem maior do que o do transporte nacional. Também ressalta na análise que, em 2019, dos 14,7% dos pedidos atendidos por missão de transporte, somente 3% está registrado no SIGELOG como entregue.

**Gráfico 22:** Peso total (t) e Cubagem total (m<sup>3</sup>) dos pedidos de Transporte Nacional

Fonte: SIGELOG

**Gráfico 23:** Pedidos de Transporte Regional

Fonte: SIGELOG

**Gráfico 24:** Peso total (t) e cubagem total (m<sup>3</sup>) dos pedidos de Transporte Regional

Fonte: SIGELOG



Como se pode observar, a utilização do módulo transporte do SIGELOG necessita ainda de maior divulgação, tanto para transporte nacional quanto para transporte regional, dado os diversos benefícios que se pode alcançar com sua utilização.

#### 4.5 Proposta de Roteirização

O retorno do eixo ocorre de forma parcial, uma vez que algumas viaturas do comboio retornam para o ECT a partir de determinados pontos do eixo. No caso em estudo as viaturas voltaram em dias diferentes, com cargas e destinos diferentes para o estado do Rio de Janeiro, conforme tabela 3, 4 e 5. Após a chegada de cada viatura, as cargas são entregues em seus destinos.

**Tabela 3:** 1º dia de retorno do Eixo Nordeste

Quantidade de viatura	Peso (Kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Classe de Suprimento	Destino
1 Viatura com 1 contêiner	0,08	0,34	A	OM2
1 Viatura com 2 contêineres	0,2 2,7	0,74 7,82	B C	OM3 OM4

Fonte: OM1/ SIGELOG

**Tabela 4:** 2º dia de retorno do Eixo Nordeste

Quantidade de viatura	Peso (Kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Classe de suprimento	Destino
1 Viatura com 2 contêineres	2,5 4,5	18,41 37,39	A A	OM2 OM2
1 Viatura com 2 contêineres	3,3 4,5	9,56 3,9	B C	OM3 OM4

Fonte: OM1/ SIGELOG

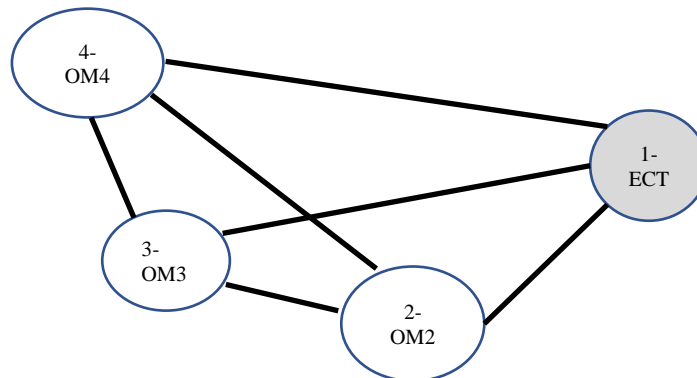
**Tabela 5:** 3º dia de retorno do Eixo Nordeste

Quantidade de viatura	Peso (Kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Classe de suprimento	Destino
1 Viatura com 1 contêiner	0,34 1,2	1,13 4,36	B C	OM3 OM4

Fonte: OM1/ SIGELOG

Desta forma, a rede (grafo) que foi percorrida tem a configuração conforme figura 16.

**Figura 16:** Rede de retorno do Eixo Nordeste (Roteirização por Região Militar)



Fonte: A própria autora

#### 4.5.1 Problema do Caixeiro Viajante (PCV) com Problema de Programação Linear Inteira (PPLI)

Nesta primeira aplicação do Problema do Caixeiro Viajante (PCV), buscar-se o menor caminho a ser percorrido para que sejam entregues as cargas de retorno. Para isto, seguiu-se a formulação como se segue, considerando o fluxo de rede da figura 17.

$$\begin{aligned} \text{Função-objetivo: } \text{Min } Z = & d_{12} X_{12} + d_{13} X_{13} + d_{14} X_{14} + \\ & d_{21} X_{21} + d_{23} X_{23} + d_{24} X_{24} + \\ & d_{31} X_{31} + d_{32} X_{32} + d_{34} X_{34} + \\ & d_{41} X_{41} + d_{42} X_{42} + d_{43} X_{43} \end{aligned}$$

Variáveis de decisão:

$X_{ij} = 0$  se o arco não pertencer a rota ótima e  $X_{ij} = 1$  se pertencer à rota ótima.

Restrições:

$$X_{12} + X_{13} + X_{14} = 1$$

$$X_{21} + X_{23} + X_{24} = 1$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{34} = 1$$

$$X_{41} + X_{42} + X_{43} = 1$$

$$X_{21} + X_{31} + X_{41} = 1$$

$$X_{12} + X_{31} + X_{41} = 1$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{43} = 1$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} = 1$$

em cada nó há  
apenas uma saída

em cada nó há apenas  
uma chegada

$$\begin{array}{l}
 X_{12} + X_{21} \leq 1 \\
 X_{13} + X_{31} \leq 1 \\
 X_{14} + X_{41} \leq 1 \\
 X_{23} + X_{32} \leq 1 \\
 X_{24} + X_{42} \leq 1 \\
 X_{34} + X_{43} \leq 1 \\
 X_{12} + X_{23} + X_{31} \leq 2 \\
 X_{12} + X_{24} + X_{41} \leq 2 \\
 X_{13} + X_{14} + X_{41} \leq 2 \\
 X_{13} + X_{34} + X_{41} \leq 2
 \end{array}
 \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array}} \right\} \text{Para que não haja} \\
 \text{sub-rotas}$$

As distâncias entre os pontos são designadas com  $d_{ij}$  e que foi o nosso custo  $c_{ij}$ , conforme modelo do Problema do Caixeiro Viajante com PPLI enunciado no capítulo anterior.

As coordenadas geográficas obtidas no SIGELOG seguem, conforme tabela 6 e serão a base para o cálculo das distâncias entre os pontos, que serão utilizadas na função-objetivo.

**Tabela 6:** Coordenadas Geográficas do SIGELOG

OM	Latitude	Longitude
1- ECT	-22,89423570197	-43,21800215759
2 – OM2	-22,89738987154	-43,24736795492
3 – OM3	-22,86058759208	-43,38915473535
4 – OM4	-22,65482696264	-43,71697149198

Fonte: SIGELOG

Para o cálculo das distâncias entre os pontos, é preciso levar em consideração que as distâncias euclidianas são diferentes das distâncias reais, uma vez que a primeira considera uma linha reta entre os pontos; e na distância real sabe-se que existem desvios, declives e aclives.

Para Novaes (2004), em logística de distribuição se utilizam valores generalizados para correção da não linearidade do percurso real do veículo, em virtude de declives, aclives, desvios, entre outros fatores, de tal forma que se sugere utilizar um fator de 1,4. Desta forma, utilizou-se a fórmula de Haversine com fator de correção de 1,4.

Fórmula de Haversine:  $a = \text{sen}^2(\Delta\varphi/2) + \cos(\varphi_1) \cdot \cos(\varphi_2) \cdot \text{sen}^2(\Delta\lambda/2)$

$$c = 2 \cdot \text{atan}^2(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$$

$$d = R \cdot c$$

onde  $\varphi$  é a latitude,  $\lambda$  é a longitude e  $R$  é o raio da terra  $\cong 6371\text{Km}$

O resultado aproximado das distâncias, utilizando o fator de correção, segue conforme tabela 7.

**Tabela 7:** Matriz de distâncias em Km após fórmula de Haversine

	1 - ECT	2 - OM2	3 - OM3	4 - OM4
1- ECT	-	4,24	25,10	80,74
2 - OM2	4,24	-	21,13	77,26
3 - OM3	25,10	21,13	-	56,93
4 - OM4	80,74	77,26	56,93	-

Fonte: A própria autora

Desta forma, segue-se a função-objetivo e as restrições mencionadas anteriormente.

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 4,24 X_{12} + 25,10 X_{13} + 80,74 X_{14} + 4,24 X_{21} + \\ & 21,84 X_{23} + 77,26 X_{24} + 25,94 X_{31} + 21,84 X_{32} + \\ & 56,93 X_{34} + 80,74 X_{41} + 77,26 X_{42} + 56,93 X_{43} \end{aligned}$$

Utilizando o SOLVER do Excel e o LPSOLVE do *Software R*, alcançou-se o resultado conforme tabela 8.

**Tabela 8 -** Resultado do PCV pelo SOLVER/ Excel e LPSOLVE/ R

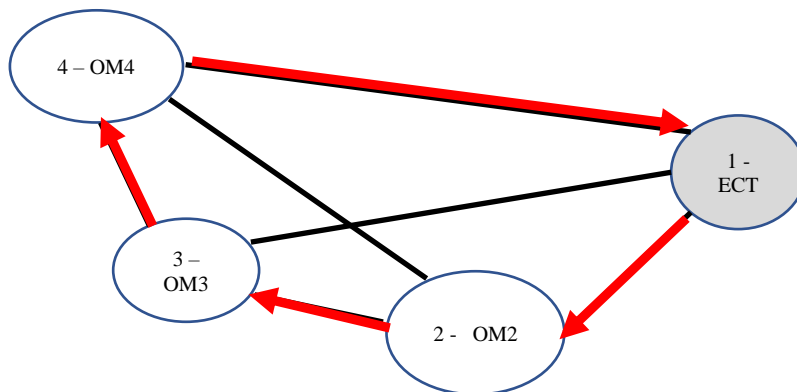
Origem (i)	1- ECT	1- ECT	1- ECT	2- OM2	2- OM2	2- OM2	3- OM3	3- OM3	3- OM3	4- OM4	4- OM4	4- OM4
Destino (j)	2- OM2	3- OM3	4- OM4	1- ECT	3- OM3	4- OM4	1- ECT	2- OM2	4- OM4	1- ECT	2- OM2	3- OM3
Distância (d <sub>ij</sub> )	4,24	25,10	80,74	4,24	21,13	77,26	25,10	21,84	56,93	80,74	77,26	56,93
Solução resposta de X <sub>ij</sub>	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
solução resposta da função-objetivo	163.04											

Fonte: A própria autora

Como se pode observar, as variáveis de decisão  $X_{ij}$  que assumiram os valores iguais a 1 são aquelas que correspondem aos caminhos que minimizam a função objetivo, que alcançou o valor de 163,04 Km.

Assim, o caminho ótimo estabelecido segue conforme a figura 17.

**Figura 17:** Caminho mínimo após aplicação do SOLVER e do LPSOLVE do R

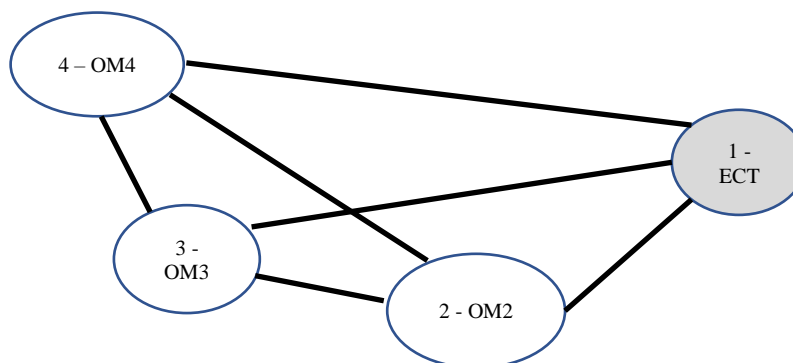


Fonte: A própria autora

A figura sugere a rota ótima a ser seguida pelo ECT ao retornar do eixo nordeste e com os destinos conforme figura 18. Observa-se que esta solução se aplica a todos os depósitos de suprimento, que, ao receber suas cargas, necessitarão distribuí-las para outras OM na Região Militar a que pertence.

#### 4.5.2 Heurística de Clarke e Wright (1964) e método do NRPCL

Como já visto no capítulo 3, quando o número de nós (cidades, OM, depósitos) a serem visitados for muito grande, resolver o Problema do Caixeiro Viajante (PCV) por problema de programação linear se torna muito custoso computacionalmente. Por este motivo, fez-se a aplicação da heurística de Clarke e Wright no caso em estudo e em seguida utilizou-se o problema de programação linear para determinar a melhor rota para o grafo, conforme figura 18. Tal aplicação, além de simples traz grandes benefícios na otimização de rotas. Segundo Ballou (2006), de acordo com extensos experimentos computacionais, o erro cometido por um algoritmo de economia está normalmente na faixa de 5 a 20%.

**Figura 18:** Fluxo de rede a ser executado após retorno do Eixo Nordeste

Fonte: A própria autora

Considerou-se a mesma matriz de distância entre os nós, conforme tabela 9.

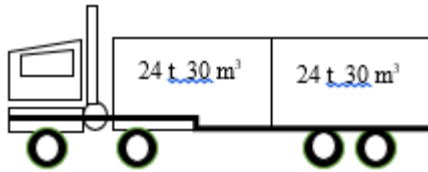
**Tabela 9:** Matriz de distâncias Km no fluxo de rede

	1 - ECT	2 - OM2	3 - OM3	4 - OM4
1- ECT	-	4,24	25,10	80,74
2 - OM2	4,24	-	21,13	77,26
3 - OM3	25,10	21,13	-	56,93
4 - OM4	80,74	77,26	56,93	-

Fonte: A própria autora

Suponha-se que o ECT dispõe de uma viatura para dois contêineres de 20 Pés com capacidade para 24 t e 30 m<sup>3</sup>, conforme figura 19.

Cabe ressaltar que em relação a peso sobre veículos no trânsito em rodovias, a Legislação de Pesos e Dimensões observa que o Peso Bruto Total Combinado (PBTC) das combinações do tipo caminhão trator + semi-reboque com comprimento inferior a 16,00m, independentemente do número de eixos, não poderá exceder a 45,0t; a circulação de Combinações de veículos de Carga com PBTC igual ou inferior a 57t e comprimento superior a 19,80m e máximo de 30,00m é permitida, mediante obtenção de Autorização Especial de Trânsito (AET); e que permanece garantida, mediante obtenção de AET, a circulação das combinações de veículos de carga com Peso Bruto Total Combinado - PBTC até 74 (setenta e quatro) toneladas e comprimento inferior a 25 (vinte e cinco) metros, registradas até 03 de fevereiro de 2006.

**Figura 19:** Características dos contêineres sobre as viaturas

Fonte: A própria autora

A tabela 10 mostra as demandas, por OM e classe de suprimento, que serão atendidas quando do retorno do Eixo Nordeste. Assim, por exemplo, há uma carga total de Cl A com 7,1 t e 56,14 m<sup>3</sup> para ser entregue na OM2.

**Tabela 10:** Cargas das demandas de retorno

OM	Classe de suprimento	Peso total (t)	Volume total (m <sup>3</sup> )
2- OM2	A	7,1	56,14
3- OM3	B	3,7	10,64
4- OM4	C	8,4	12,92

Fonte: SIGELOG

Para iniciar a aplicação do Método de Clarke e Wright, construiu-se a tabela 11 de ganhos ou de economias (G), considerando que O é o depósito (ECT) e utilizando a fórmula abaixo.

$$G_{ij} = d_{oi} + d_{oj} - d_{ij}$$

**Tabela 11:** Ganhos de Economia de Clarke e Wright

OM	1 - ECT	2 - OM2	3 - OM3	4 - OM4
1- ECT	-	-	-	-
2 - OM2	-	-	8,21	7,72
3 - OM3	-	8,21	-	48,91
4 - OM4	-	7,72	48,91	-

Fonte: A própria autora

Ordenando as economias obtidas em uma tabela em ordem decrescente, obtém-se a tabela 12.

**Tabela 12:** Ganhos de Economia de Clarke e Wright ordenados

Vértice	Ganhos	Atende às restrições de peso e volume?
1-3-4-1	48,91	Sim
1-2-3-1	8,21	Não
1-2-4-1	7,72	Não

Fonte: A própria autora

Das rotas possíveis pela heurística de CW, apenas 1 delas é factível atendendo às restrições de peso e volume, ou seja, a rota 1-3-4-1 e será utilizada na segunda parte da metodologia com o método de roteamento dos nós. Vale ressaltar que o nó 2 ainda não foi atendido. Sendo assim, reuniu-se na tabela 13 os dados da rota factível obtida por CW e demais rotas possíveis para os nós 2, 3 e 4 que atendem às restrições de capacidade em peso e volume; e que possuem um custo que é a distância total da rota. O objetivo é encontrar dentro dessas possibilidades aquelas rotas que resultem em rotas muito próximas das ótimas.

**Tabela 13:** Rotas factíveis

Rotas ( $y_k$ )	Vértice	Peso (t)	Volume (m <sup>3</sup> )	Custo ( $c_k$ )
$y_1$	1-2-1	7,1	56,14	8,48
$y_2$	1-3-1	3,7	10,64	50,20
$y_3$	1-4-1	8,4	12,92	161,48
$y_4$	1-3-4-1	12,1	23,56	162,77

Fonte: A própria autora

Desta forma, o problema formulado segue conforme abaixo:

$$\text{Minimize } Z = 8,48 y_1 + 50,20 y_2 + 161,48 y_3 + 162,77 y_4$$

$$\left. \begin{array}{l} y_1 \geq 1 \\ y_2 + y_4 \geq 1 \\ y_3 + y_4 \geq 1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Cada cliente é atendido por} \\ \text{pelo menos uma rota} \end{array}$$

Utilizando o LPSOLVE do *Software R*, alcançou-se o resultado como na tabela 14.

**Tabela 14 -** Resultados da aplicação de CW com NRPCL pelo LPSOLVE/ R

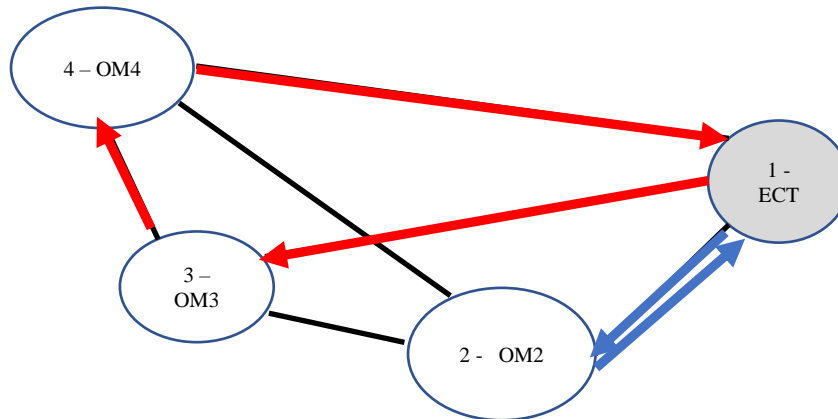
Rotas ( $y_k$ )	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
Custos ( $c_k$ )	8,48	50,20	161,48	162,77
Solução resposta $y_k$	1	0	0	1
Solução resposta da função-objetivo	171,25			

Fonte: A própria autora



Desta forma, com uma viatura conseguiu-se realizar todas as entregas respeitando as restrições de peso e volume seguindo duas rotas. A viatura fará a rota  $y_1(1-2-1)$  em azul; e, após a volta ao ECT, fará a rota  $y_4(1-3-4-1)$  em vermelho, tudo ao custo total de 171,25 Km, conforme figura 20.

**Figura 20:** Rotas obtidas após método de Clarke e Wright



Fonte: A própria autora

#### 4.5.3 Comparação de custos

Supondo que as entregas das cargas de retorno sejam realizadas à medida que chegam do Eixo Nordeste, que cada viatura comporta dois contêineres de capacidade máxima de 24t e 30 m<sup>3</sup>, tem-se como resumo de distâncias percorridas, de quantidades de viaturas utilizadas e, principalmente, de aproveitamento dos contêineres utilizados as informações da tabela 15. Embora se saiba que nem sempre é possível aproveitar cem por cento da capacidade do contêiner, seja por motivo de empilhamento, seja por motivo de impedimento de reunir num mesmo contêiner determinadas classes de suprimento ou por restrição de peso, é possível observar que o aproveitamento seria muito baixo. Com exceção de uma viatura no segundo dia, que alcançou 93,0% de ocupação dos 2 contêineres que carregava, os demais contêineres não passaram de 32% de aproveitamento.

**Tabela 15:** Distâncias percorridas e quantidades de viaturas no retorno do Eixo Nordeste

	Quantidade de viatura	Peso (t)	Volume (m <sup>3</sup> )	Classe de suprimento	Destino	Percentual de aproveitamento do contêiner em m <sup>3</sup>	Distância percorrida
<b>1º Dia</b>	1 viatura com 1 contêiner	0,08	0,34	A	OM2	1,1 %	8,48
	1 viatura com 2 contêineres	0,2	0,74	B	OM3	2,5 %	162,77
		2,7	7,82	C	OM4	26,1 %	
<b>2º Dia</b>	1 viatura com 1 contêiner	2,5	18,41	A	OM2	93,0 %	8,48
	2 contêineres	4,5	37,39	A	OM2		
	1 viatura com 1 contêiner	3,3	9,56	B	OM3	31,9 %	162,77
	2 contêineres	4,5	3,9	C	OM4	13,0 %	
<b>3º Dia</b>	1 viatura com 1 contêiner	0,34	1,13	B	OM3	18,3 %	162,77
		1,2	4,36	C	OM4		

Fonte: SIGELOG

Considerando os totais das cargas por classe de suprimento e rearrumando as cargas em uma viatura dentro das rotas ótimas estabelecidas, tem-se o resumo conforme tabela 16.

**Tabela 16:** Distâncias percorridas e quantidades de viaturas após roteirização

Rotas	Quantidade de viatura	Peso (t)	Volume (m <sup>3</sup> )	Classe de suprimento	Destino	Percentual de aproveitamento do contêiner em m <sup>3</sup>	Distância percorrida
1-2-1	1 viatura com 2 contêineres	7,1	56,14	A	OM2	93,6 %	8,48
1-3-4-1	1 viatura com 1 contêiner	3,7	10,64	B	OM3	35,5 %	162,77
	2 contêineres	8,4	12,92	C	OM4	43,1 %	

Fonte: SIGELOG

Realizando uma comparação entre as duas formas de realizar as entregas, pode-se verificar as reduções percentuais conforme tabela 17.

**Tabela 17:** Comparação entre processos de entrega

	Entregas imediatamente após o retorno do Eixo	Método CW	%
Quantidade de Viaturas utilizadas	5	1	Redução de 80%
Distância percorrida	505,27	171,25	Redução de 66,1%
Percentual médio de aproveitamento dos contêineres	34,86 %	43,05 %	Aumento de 23,5%

Fonte: A própria autora

Como se pode observar há uma redução muito grande nas distâncias percorridas, nas quantidades de viaturas utilizadas e um aumento de 23,5% no aproveitamento dos contêineres. Isto é muito importante, tendo em vista que, desta forma, otimiza-se em quantidade de combustível e em aproveitamento das capacidades das viaturas em peso e volume, já que normalmente as cargas de retorno são bem menores que as cargas de ida no Eixo.

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho apresentou uma aplicação da Pesquisa Operacional na Gestão de Transporte com roteirização de veículos, com base nos dados do módulo de transporte do Sistema Integrado de Gestão Logística - SIGELOG. Para isto, utilizou-se o Problema de Programação Linear Inteira (PPLI) para estabelecer o caminho mais curto entre os depósitos a serem visitados com a aplicação do Problema do Caixeiro Viajante (PCV); e a heurística de Clarke e Wright com PPLI para estabelecer rotas mais ótimas levando em consideração restrições de capacidade de peso e volume.

O resultado da aplicação do PCV mostrou a rota que a viatura deveria seguir entre as organizações militares (OM) para que atingisse a menor distância possível, ou seja, o caminho mínimo entre todos os possíveis. Esta informação tem utilidade permanente, uma vez que os depósitos de suprimento necessitam distribuir suprimentos para as OM apoiadas e, quanto menor o caminho, menores serão o tempo dispendido na missão, o gasto com combustíveis e o desgaste da viatura.

Menciona-se também no trabalho que esta aplicação não é benéfica apenas para a missão de entrega de material. O Exército Brasileiro também possui Hospitais Militares de Área que muitas vezes necessitam enviar ambulâncias para buscar ou levar pacientes e, nessa hora, um caminho mínimo pode fazer a diferença.

A aplicação da heurística de Clarke e Wright combinada com PPLI utilizou para este trabalho duas restrições; porém, tem a facilidade de permitir a inclusão de outras que, a qualquer tempo, sejam consideradas importantes.

Os resultados da roteirização pela heurística demonstraram economia significativa de recursos, principalmente na quantidade de veículos utilizados e distâncias percorridas; e o aumento no aproveitamento da capacidade dos contêineres utilizados no transporte.

A logística no Exército Brasileiro tem muitas particularidades que outras empresas de logística não possuem. A variedade de material que a instituição administra impõe que outros fatores e restrições sejam considerados em estudos mais aprofundados, na busca de modelos matemáticos adequados aos desafios impostos por tais particularidades.

Para que se atenda ao objetivo estratégico do Exército de aperfeiçoar o Sistema Logístico Militar Terrestre, é necessário que um sistema integrado como o SIGELOG tenha uma

ferramenta de roteirização entre suas funcionalidades, já que isso se traduz em economia significativa de recursos.

Com a aplicação de pesquisas dirigidas às Organizações Militares Executoras de Transporte (OMET), bem como aos Depósitos e Batalhões de suprimento (D Sup e B Sup) do Exército Brasileiro, foi possível identificar de forma aproximada as capacidades em metro quadrado, metro cúbico e toneladas para as diversas classes de suprimento. Isto permite um melhor planejamento das atividades de transporte, uma vez que são conhecidas as possibilidades de absorção dos materiais nos diversos depósitos. Alguns aspectos identificados nas pesquisas foram: a necessidade de capacitação nas diversas fases do processo de transporte; a falta de pessoal; e a falta de material para unitização da carga. É importante buscar atender a essas necessidades, para que o processo transcorra com eficiência, eficácia e efetividade.

Por último, vale salientar que, os dados lançados no módulo transporte do SIGELOG trazem um nível de detalhamento das informações muito grande, o que permite, para as autoridades do Comando Logístico e organizações logísticas do Exército Brasileiro, informações gerenciais nos mais diversos níveis, tais como o fluxo de demandas entre regiões militares diferentes e no âmbito de cada região militar específica. Dessas informações gerenciais, uma das mais importantes é a possibilidade de rastreamento da carga com monitoramento em tempo real, uma vez que se trata de segurança do material. Também é possível visualizar relatórios e indicadores de desempenho de transporte, que se modificam instantaneamente a cada atualização das informações. No entanto, após análise dos dados lançados neste módulo, verifica-se que sua utilização é mais massiva no que diz respeito ao transporte nacional, e mais reduzida quando se trata de transporte regional. Cabe ressaltar que o fluxo de material em nível regional é muito grande, como se constata da análise de demandas no âmbito interno das regiões militares. Ao levantar essa questão, o presente trabalho pretende alertar os usuários para a necessidade de maior utilização do módulo de transporte do SIGELOG no concernente ao transporte regional.

A Pesquisa Operacional tem vasta aplicação em diversas áreas. A roteirização é uma delas, e possui uma literatura ampla para consulta e aprofundamento de estudos em busca de modelos matemáticos para resolver problemas de transporte nos mais diversos níveis. Desta forma, fica claro que, para trabalhos futuros, com o objetivo de que o SIGELOG seja um sistema ainda mais efetivo, necessita-se considerar o estudo de mais variáveis, tais como: a identificação

de viaturas disponíveis no momento do transporte para cada OMET; limites de velocidade das viaturas; as capacidades de armazenamento nos depósitos e nas OM; os horários de entrega do material; os tempos de carregamento e descarregamento; as coordenadas geográficas buscadas em mapas digitais; a utilização de tecnologia RFID; as restrições de empilhamento no momento de arrumação das cargas; as limitações derivadas da junção de classes de suprimentos diferentes em uma mesma viatura, por questões de segurança; a variedade de embalagens e de pallets disponíveis para transporte; e a possibilidade da utilização do transporte de cabotagem em alguns eixos prioritários de transporte.

Sendo assim, considerando que a Logística forte é poder de combate e que o SIGELOG foi idealizado dentro de um contexto de uma nova Logística no Exército Brasileiro, esta aplicação da Pesquisa Operacional se configura como a proposta de um caminho para um sistema ainda mais aperfeiçoado.

## REFERÊNCIAS

- ABADIA, Lorena Gamboa; CARVALHO, Marly Monteiro. Sustentabilidade na literatura de Gestão de Projetos: temas centrais, tendências e lacunas. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 13, n. 4, p. 52, 2018.
- AL-OBTHANI, F.; AMEEN, A. *Towards customized smart government quality model. International Journal of Software Engineering & Applications*, v. 9, n. 2, p. 41-50, 2018.
- ANSARI, Sina *et al.* *Advancements in continuous approximation models for logistics and transportation systems: 1996–2016. Transportation Research Part B: Methodological*, v. 107, p. 229-252, 2018.
- BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/ Logística Empresarial. Bookman Editora, 5ª edição, 2006.
- BERKELAAR, M. *et al.* *lpSolve: Interface to 'Lp\_solve' v. 5.5 to Solve Linear/Integer Programs. R package version 5.6.15.* Disponível em <https://CRAN.R-project.org/package=lpSolve>, 2020. Acesso em: 15 jul. 2020
- BODIN, L.; GOLDEN, B.; ASSAD, A.; BALL, M. *Routing and Scheduling of Vehicles: The State of Art. Pergamon Press, Great Britain, Special Issues of Computer and Operations research*, v.10, n.2, p.63-211,1983.
- BONINI, Anderson Carlos *et al.* Um Estudo Teórico Sobre a História da Pesquisa Operacional. **Anais do EVINCI-UniBrasil**, v. 1, n. 4, p. 1666-1670, 2015.
- BONTEMPO, Amanda P. *et al.* *Evaluating restrictions on the circulation of freight vehicles in Brazilian cities. Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 125, n. 11, p. 275-283, 2014.
- BRASIL. Exército Brasileiro. **Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento do Portfólio e dos Programas Estratégicos do Exército Brasileiro (NEGAPORT): EB10-N-01.004**, 2.ed. Brasília, DF, 2017.
- BRASIL. Exército Brasileiro. **Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento de Projetos no Exército Brasileiro (NEGAPEB): EB20-N-08.001**. 2.ed. Brasília, DF, 2013.
- BRASIL. Exército Brasileiro. **Normas para o Transporte Logístico de Superfície (NOTLOG)**. Brasília, DF, 2002.
- BRASIL. Exército Brasileiro. **Comando de Operações Terrestres. Logística Militar Terrestre**, 2018.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Manual de Transporte para uso nas Forças Armadas: MD34-M-04**. 1. ed. Brasília, DF, 2013.
- BRASIL. Exército Brasileiro. **Caderno de Instrução - Preparação das Cargas para o Transporte: EB40-CI-1 0.900**, 2017.

BRASIL. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha - A Logística nas Operações**: EB70-M- C-10.216, 2019.

BRASIL. Exército Brasileiro. Comandante do Exército. **Diretriz do Comandante do Exército**. 2019.

CLARKE, Geoff; WRIGHT, John W. *Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points*. **Operations research**, v. 12, n. 4, p. 568-581, 1964.

CYGANCZUK, Marilyn Souza; JUNIOR, Ricardo Mendes; JUNIOR, José Eduardo Pécora. Percepções dos gerentes de projeto em relação às falhas e barreiras de comunicação. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 13, n. 1, p. 56, 2018.

DA SILVA, Cleidinei Augusto *et al.* Pesquisa Operacional: Uma percepção da disciplina pelos graduandos em Ciências Militares do Exército Brasileiro, 2017.

DA SILVA, Samuel Bloch; CORREIA, Anderson Ribeiro. Aplicação de Problema de Programação Linear em um problema de roteirização com rastreabilidade da rota via tecnologia RFID. In: **XVII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha**. 2014. p. 906-916.

DE ANDRADE, Eduardo Leopoldino. Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão. **Livros Técnicos e Científicos**, 1998.

DE OLIVEIRA CORRÊA, Marcos Paulo. Maturidade em gerenciamento de projetos: Sistemática que gera ganhos para as organizações. **Revista IPTEC**, v. 4, n. 2, p. 185-207, 2016.

DE OLIVEIRA, Lisandra Valim *et al.* Avaliação de desempenho e gerenciamento de projetos: uma análise bibliométrica. **Gestão e Projetos: GeP**, v. 7, n. 1, p. 95-113, 2016.

GHIANI, Gianpaolo; LAPORTE, Gilbert; MUSMANNO, Roberto. *Introduction to logistics systems planning and control*. **John Wiley & Sons**, 2004.

GOULART, Verci Douglas Garcia; DE CAMPOS, Alexandre. Logística de Transporte-Gestão Estratégica no Transporte de Cargas. Saraiva Educação SA, 2018.

HILLETOFTH, Per *et al.* *Simulation based decision support system for optimization*. **Industrial Management & Data Systems**, 2016.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. Introdução à pesquisa operacional; tradução de Helena L. Lemos – Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda, São Paulo, 1988.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Travelling\\_salesman\\_problem](https://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem). Acesso em: jul2020.

<https://uerj.academia.edu/JoséPessanha/Teaching-Documents>. Acesso em: abr2020.

<https://www.marinha.mil.br/casnav/>. Acesso em: jul2020.



<https://www.theorsociety.com/>. Acesso em: jul2020.

MARQUES JUNIOR, Luiz José; PLONSKI, Guilherme Ary. Gestão de projetos em empresas no Brasil: abordagem "tamanho único"? **Gestão & Produção**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 2011.

JUNQUEIRA, Leonardo; MORABITO, Reinaldo; YAMASHITA, Denise Sato. Modelos de otimização para problemas de carregamento de contêineres com considerações de estabilidade e de empilhamento. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 1, p. 73-98, 2010.

KERZNER, Harold. *The future of project management*. **Revista de Gestão e Projetos**, v. 9, n. 3, 2018.

Legislação de Pesos e Dimensões, com validade a partir de 01/01/2007, quando foram revogadas as Resoluções 12/98 e 163/04 pela Resolução 210/06 e as Resoluções 68/98, 164/04, 184/05 e 189/06 pela Resolução 211/06 do CONTRAN

DE LIMA, Marcus Ayrton Rocha; FERNANDES, Douglas; OLIVA, Flavio Alberto. A utilização da Pesquisa Operacional para resolver problema de logística em transporte rodoviário de cargas. In: **Colloquium Exactarum**. ISSN: 2178-8332. 2018. p. 01-08.

LIN, Shen; KERNIGHAN, Brian W. *An effective heuristic algorithm for the traveling-salesman problem*. **Operations research**, v. 21, n. 2, p. 498-516, 1973.

LUCAS D.S.Barbosa, THIAGO A.O.Silva, MAURÍCIO C. de Souza. Problema de Roteamento de Veículos com Múltiplos Depósitos, Múltiplos Produtos, Múltiplas Visitas, Coleta e Entrega Simultânea e Divisões de Coleta e Entrega: Um Estudo de Caso em uma Empresa do Ramo da Construção Civil. Minas Gerais, Brasil, 2017.

MILLER, Clair E.; TUCKER, Albert W.; ZEMLIN, Richard A. *Integer programming formulation of traveling salesman problems*. **Journal of the ACM (JACM)**, v. 7, n. 4, p. 326-329, 1960.

MORENO JR, Valter; SILVA, Marcelo Lucas. *Adoption Of Pmo As A Tool For IT Project Management Control: A Case Study Of A Brazilian Telecommunications Service Provider*. **Revista de Gestão e Projetos**, v. 1, n. 1, p. 48, 2010.

NOVAES, A. G. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

OLIVEIRA, Rômulo; DELGADO, Karina. Sistema para roteamento de veículos capacitados aplicando Métodos de Monte Carlo. In: **Anais Principais do XI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação**. SBC, 2015. p. 1-8.

PATAH, Leandro Alves; DE CARVALHO, Marly Monteiro. Métodos de gestão de projetos e sucesso dos projetos: um estudo quantitativo do relacionamento entre estes conceitos. **Revista de Gestão e Projetos-GeP**, v. 3, n. 2, p. 178-206, 2012.

PESSANHA, José Francisco Moreira; DOS SANTOS, Narcisa Maria Gonçalves. Problema de programação linear Inteira na organização de fóruns empresariais: um exemplo do uso combinado do R com o Excel, **II Seminário Internacional de Estatística com R**, 2017.

PESSANHA, José Francisco Moreira. <http://uerj.academia.edu/JoséPessanha/Teaching-Documents> (2017). Acesso em: Jul2020.

PESSÔA, Leonardo Antônio Monteiro *et al.* Pesquisa Operacional na Marinha do Brasil: o CASNAV, seu passado, presente e perspectivas. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO)**, v. 48, p. 2302-2312, 2016.

R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 2 ago. 2020.

RAGSDALE, Cliff T. Modelagem de Planilha e Análise de Decisão – Uma introdução prática a business analytics, tradução da 7ª edição norte-americana, **CENGAGE**, 2015.

RODRIGUES, Lásara Fabrícia *et al.* O problema de roteirização de veículos tratado de forma simples e eficiente em uma empresa transportadora de médio porte.

SEBBAH, Samir; GHANMI, Ahmed; BOUKHTOUTA, Abdeslem. *A column-and-cut generation algorithm for planning of Canadian armed forces tactical logistics distribution*. **Computers & operations research**, v. 40, n. 12, p. 3069-3079, 2013.

SEGERSTEDT, Anders. *A simple heuristic for vehicle routing—A variant of Clarke and Wright's saving method*. **International Journal of Production Economics**, v. 157, p. 74-79, 2014.

SPERANZA, M. Grazia. Trends in transportation and logistics. **European Journal of Operational Research**, v. 264, n. 3, p. 830-836, 2018.

TEPIĆ, Jovan; TANACKOV, Ilija; STOJIĆ, Gordan. *Ancient logistics—historical timeline and etymology*. **Tehnički vjesnik**, v. 18, n. 3, p. 379-384, 2011.


VAHIDNIA, Sahand; TANRIÖVER, O. O.; ASKERZADE, I. N. *An Evaluation Study of General Software Project Risk Based on Software Practitioners Experiences*. **International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)** Vol, v. 8, 2016.

WU, Jianjun *et al.* Mixed steepest descent algorithm for the traveling salesman problem and application in air logistics. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 126, p. 87-102, 2019.

YIN, Robert. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5 ed. Porto Alegre, 2015.

ZANELLA, Liane Carly Hermes. Metodologia de estudo e de pesquisa em administração. Florianópolis: **Departamento de Ciências da Administração/UFSC**, p. 129-149, 2009.

**ANEXO A – Pesquisa sobre a utilização do Módulo de Transporte do Sistema Integrado de Gestão Logística.**



## Pesquisa Módulo de Transporte / SIGELOG 2019

Destinado aos: Ch Esc Log/RM; Ch COAL/Gpt Log; Ch OP; Ch OMET

**\*Obrigatório**

Endereço de e-mail \*

Seu e-mail \_\_\_\_\_

1) O Módulo de Transporte tem sido utilizado para auxiliar no planejamento e coordenação do transporte regional ?

Sim

Não

2) Caso negativo, qual o motivo para a não utilização:

Desconhecimento da existência do módulo de transporte

Não consegue acessar o módulo

Não possui pessoal treinado

Não possui o perfil de acesso

Outros

**ANEXO A – Pesquisa sobre a utilização do Módulo de Transporte do Sistema Integrado de Gestão Logística (continuação).**

3) Em relação à questão anterior, o senhor poderia detalhar a descrição do motivo selecionado.

Sua resposta

---

4) Caso o Módulo de Transporte esteja sendo utilizado, qual o seu grau de satisfação em uma escala de 1 a 10, considerando que 10 é mais satisfeito.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5) Na sua opinião, quais são as oportunidades de melhorias para o Módulo de Transporte:

- Melhoria dos formulários do módulo
- Melhoria no Controle de Acesso
- Melhoria de Infraestrutura de TI
- Outras melhorias

6) Em relação à questão anterior, o senhor pode detalhar a descrição da(s) melhoria(s) selecionada(s). \*

Sua resposta

---

7) Os itens de 7 a 10 devem ser respondidas somente pelos Chefes de Órgãos Provedores (OP) Regionais - O senhor considerou a necessidade de aquisição de uma impressora térmica para a melhoria das etiquetas de identificação das cargas ?

- Sim
- Não

**ANEXO A – Pesquisa sobre a utilização do Módulo de Transporte do Sistema Integrado de Gestão Logística (continuação).**

8) Caso positivo, o senhor incluiu a necessidade no PDRLog/2020 ou realizou a solicitação para a equipe de desenvolvimento do SIGELOG ?

Sim

Não

9) O senhor considera que o Caderno de Instrução Preparação de Cargas para o Transporte (EB40-CI-10.900), 1ª Edição, 2017 aprovado pela Port nº 012-COLOG, de 31JAN2017, possui as orientações necessárias para essa atividade ?

Sim

Não

10) Caso negativo, o senhor considera que há necessidade de treinamento específico ?

Sim

Não

11) Os itens 11 e 12 devem ser respondidos somente pelos Chefes de Organização Militar Executora de Transporte (OMET) - A sua OM já possui os tablets/chip para monitoramento e rastreamento ?

Somente Tabletes

Tabletes com chip

Não possui tabletes nem chip

**ANEXO A** – Pesquisa sobre a utilização do Módulo de Transporte do Sistema Integrado de Gestão Logística (continuação).

12) Caso possua tabletes, quantos estão disponíveis ?

1

2

3

4

5 ou mais

Uma cópia das suas respostas será enviada para o endereço de e-mail fornecido

**Enviar** Página 1 de 1

## APÊNDICE A – Pesquisa de avaliação do processo de transporte



Seção 1 de 6

### PESQUISA DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE TRANSPORTE

O Exército Brasileiro, por intermédio do Escritório de Projetos do Exército (EPEX) contratou o curso de Pós-Graduação em Gerenciamento de Projetos da Universidade de Brasília (In Company).

Sendo assim, com a finalidade de contribuir com a capacitação em epígrafe, foi desenvolvida uma pesquisa relacionada ao Projeto SIGELOG, que visa avaliar o PROCESSO DE TRANSPORTE.

A pesquisa é direcionada às Organizações Militares que participam das fases deste processo, seja planejando ou executando o transporte, seja armazenando suprimento ou administrando a sua distribuição.

O objetivo desta pesquisa é verificar características atuais deste PROCESSO DE TRANSPORTE, identificar necessidades de melhorias e propor soluções de otimização no Processo de Transporte do Exército Brasileiro.

Seção 2 de 6

### Seção sem título

Descrição (opcional)

Identifique a sua OM, dentre as opções abaixo: \*

Selecione todas as opções aplicáveis.

1. 1º DSup
2. 2ª Cia Trnp
3. 3º B Sup
4. DSSM - 3ª RM/Gpt Log









**APÊNDICE A** – Pesquisa de avaliação do processo de transporte. (continuação)

VI - Enge...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
VI - Carto...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
VII - Com...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
VII - Eletr...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
VIII - Saú...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
VIII - Vete...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
IX - Moto...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
X - Materi...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Seção 3 de 6

## PROCESSO DE CARREGAMENTO

Descrição (opcional)

Considerando que o transporte de cargas unitizadas, em pallets e/ ou contêineres, envolve o processo de carregamento, responda se neste processo é utilizado algum APLICATIVO de tecnologia da informação para arrumação das cargas? \*

Sim

Não

Em caso de resposta positiva no item anterior, qual o nome do aplicativo?

Texto de resposta curta

.....

## APÊNDICE A – Pesquisa de avaliação do processo de transporte. (continuação)

Na preparação da carga, o acondicionamento das cargas unitizadas dentro das viaturas/ embarcações/ aviões para transporte e entrega no destino é feito utilizando a metodologia LIFO - Last In First Out, ou seja, a última carga unitizada que entra é a primeira que sai (UEPS)? \*

Sim

Não

Em caso negativo, escreva resumidamente o motivo:

Texto de resposta longa

Após a seção 3 Continuar para a próxima seção

Seção 4 de 6

### PLANEJAMENTO DA ROTA

Descrição (opcional)

No planejamento da rota para entrega dos suprimentos, atribua um grau de importância em relação aos itens relacionados a este planejamento. \*

	Muito importan...	Importante	Moderado	Às vezes impor...	Não é importan...
Condições de c...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Congestioname...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forma como as...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Distância até o ...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existência de p...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existência de p...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Após a seção 4 Continuar para a próxima seção

**APÊNDICE A** – Pesquisa de avaliação do processo de transporte. (continuação)

Seção 5 de 6

## CAPACITAÇÃO



Descrição (opcional)

Considerando que o processo de carregamento de cargas unitizadas tem grande importância \* no processo de transporte, responda quantos militares possuem capacitação em curso de arrumador e conferência de carga OU capacitação semelhante:

 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Mais de 10

Em caso de capacitação semelhante, qual o nome do curso?

Texto de resposta curta

---

**APÊNDICE A** – Pesquisa de avaliação do processo de transporte. (continuação)

O processo de transporte de cargas envolve segurança das cargas e dos militares que as conduzem. Sendo assim, marque a quantidade de militares que possuem as habilitações abaixo: \*

	0	1	2	3	4	5 ou mais
Autorização ...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Somente CN...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Somente CN...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Somente CN...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Somente CN...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Somente CN...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mais de uma...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Após a seção 5 Continuar para a próxima seção ▼

**APÊNDICE A** – Pesquisa de avaliação do processo de transporte. (continuação)

Seção 6 de 6

## OPORTUNIDADE DE MELHORIAS



Descrição (opcional)

Em relação ao processo de transporte, marque o(s) item(s) que considera que necessita de aperfeiçoamento: \*

- Capacitação de pessoal
- Manutenção dos viaturas/ embarcações/ aviação
- Comunicação durante o processo de transporte
- Materiais necessários para unitização
- Efetivo de pessoal
- Outros

Em caso de ter marcado outros, diga qual(is) item(s) que necessita de aperfeiçoamento.

Texto de resposta curta  
.....