

**PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA – PTT****TEMA: Modelo de otimização de roteirização de veículos baseado em georreferenciamento e algoritmo genético**

<b>Nome do discente</b>	Roberto Lopes Batista
<b>Orientador</b>	Iracyanne Retto Uhlmann
<b>Data de ingresso:</b> 23/03/2020	<b>Natureza da produção:</b> Georreferenciamento e Algoritmo Genético
<b>Data de conclusão:</b> 15/08/2022	<b>Financiamento, se houver:</b> Não se aplica

**1 - Apresentação do Produto ou Serviço, incluindo justificativa, relevância, descrição sumária, nível de desenvolvimento, ineditismo e inovação representada:**

A apresentação do produto em tempos de pandemia, deu-se devido o meio de transporte inteligente, para o mundo dos negócios que teve que se reinventar e se adaptar a alta demanda gerada pelo isolamento social que foi a principal medida adotada por vários países para conter o avanço do novo Coronavírus (COVID-19). Esse processo resultou numa significativa mudança de comportamento no qual o consumidor substituiu as compras presenciais pelo *e-commerce* (comércio eletrônico) devido ao fechamento do comércio. Tal fato, obrigou as empresas a investirem em tecnologia e a utilizarem os serviços de *delivery* (entrega em domicílio) para não fecharem as portas, isso afetou toda a cadeia de suprimentos, exigindo que as empresas tomassem decisões ágeis e tornassem os processos produtivos eficientes para atender às expectativas, cada vez mais exigentes, dos clientes. Essa onda impulsionou a evolução de ferramentas de análise, modelagem e otimização de processos.

No Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management - SCM*), a gestão logística se apresenta com maior oportunidade de otimização, pois trabalha com planejamento e operação de sistemas físicos, gerenciais e de informação, envolvendo tomada de decisão em relação a localização de instalações, aquisição de frotas, transporte e gerenciamento de estoque (GANESH; NALLATHAMBI; NARENDRAN, 2007).

Nesse contexto, o setor de transporte é um dos mais importantes e críticos segmentos de análise, pois concentra a maior fatia dos custos logísticos que é cerca de 50 a 60% dos custos totais (PURNAMASARI; SANTOSO, 2018). Para Goetschalckx (2011) os custos operacionais incluem os custos fixos e variáveis para operar os sistemas, sendo os custos fixos um valor nominal fixo de transporte gastos com investimento e administração de veículos e o custo variável depende da operação de transporte e incluem as despesas, por exemplo, de combustível, salários de funcionários, manutenção e manuseio dos veículos. Para esta pesquisa, foi considerada o custo variável.

Dentre as principais atividades do serviço logístico de transporte de mercadorias, estão: escolha do modal, programação, roteirização e consolidação da carga. Neste segmento, o Problema de Roteamento de Veículo (PRV, que vem do inglês “Vehicle Routing Problem” (VRP), é um dos mais desafiadores do ramo da logística. Sendo o Problema do Caixeiro Viajante, traduzido do termo em inglês “Traveling Salesman Problem” (TSP), um dos casos mais conhecidos e amplamente abordado na literatura, para o qual muitos pesquisadores desenvolveram fórmulas e métodos para encontrar a solução ótima, a fim de obter a distância mínima a ser percorrida por um vendedor que precisa visitar vários nós e retornar ao ponto de partida inicial.

Nesse contexto, o setor de transporte é um dos mais importantes e críticos segmentos de análise, pois concentra a maior fatia dos custos logísticos que é cerca de 50 a 60% dos custos totais (PURNAMASARI; SANTOSO, 2018). Para Goetschalckx (2011) os custos operacionais incluem os custos fixos e variáveis para operar os sistemas, sendo os custos fixos um valor nominal fixo de transporte gastos com investimento e administração de veículos e o custo variável depende da operação de transporte e incluem as despesas, por exemplo, de combustível, salários de funcionários,

manutenção e manuseio dos veículos. Para esta pesquisa, foi considerada o custo variável, porém, de maneira simplificada levando em consideração a política da empresa analisada que paga o frete por quilometragem utilizada.

Dentre as principais atividades do serviço logístico de transporte de mercadorias, estão: escolha do modal, programação, roteirização e consolidação da carga. Neste segmento, o Problema de Roteamento de Veículo (PRV, que vem do inglês “Vehicle Routing Problem” (VRP), é um dos mais desafiadores do ramo da logística. Sendo o Problema do Caixeiro Viajante, traduzido do termo em inglês “Traveling Salesman Problem” (TSP), um dos casos mais conhecidos e amplamente abordado na literatura, para o qual muitos pesquisadores desenvolveram fórmulas e métodos para encontrar a solução ótima, a fim de obter a distância mínima a ser percorrida por um vendedor que precisa visitar vários nós e retornar ao ponto de partida inicial.

A operação de transporte é um componente vital para a gestão da logística tendo as empresas de courier como o seu principal operador na grande maioria dos países ao redor do mundo. Os serviços se constituem na entrega de em comendas nacionais e internacionais, que podem ser um documento ou mercadoria.

Este estudo tem como alvo propor um modelo de otimização de rotas para coleta e entrega de produtos estabelecidos em contratos entre empresa de logística e grandes indústrias. Atualmente esse processo é feito com base na experiência do motorista, sem o auxílio de recurso tecnológico, as rotas são planejadas empiricamente de acordo com a média de atendimento dos contratos existentes com clientes corporativos. Os caminhões percorrem diariamente as rotas definidas no dia anterior, entretanto, algumas vezes o veículo de grande porte retorna ao ponto de origem subutilizado, pois, em alguns locais não tem carga a ser coletada e nem distribuída. Nesse contexto, torna-se necessário propor um modelo de otimização da operação de coleta e distribuição que aumente a produtividade e melhore o aproveitamento da capacidade do veículo e da mão de obra.

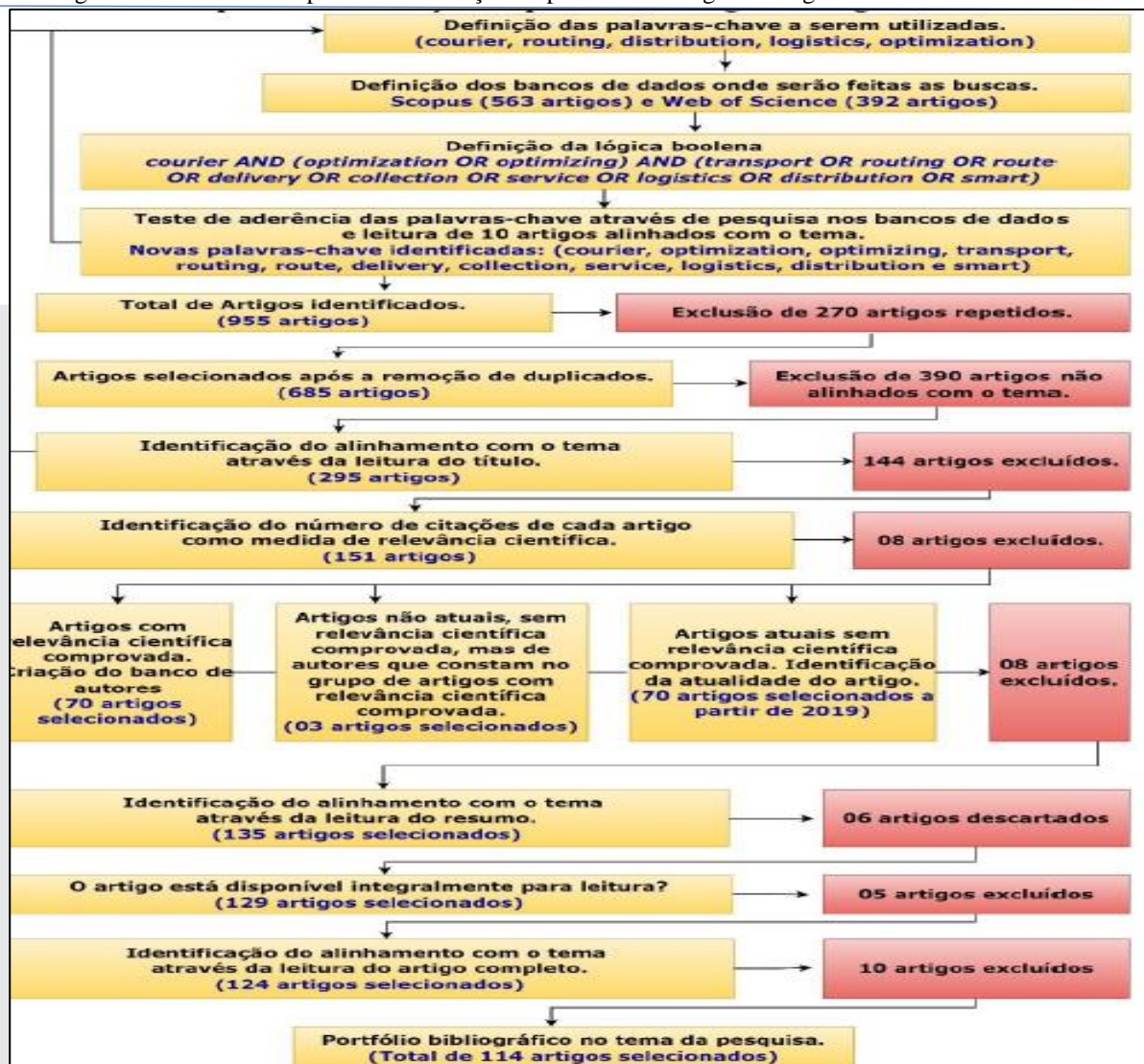
A pesquisa se justifica por propor demanda advinda do e-commerce no setor logístico de distribuição de encomendas tem crescido rapidamente, porém, a infraestrutura necessária para o atendimento aos clientes e o cumprimento dos prazos não tem acompanhado a mesma velocidade, o que pode gerar insatisfação, prejuízos financeiros com pagamento de indenizações por atrasos e até perdas de clientes. A relevância desse estudo ficou em evidência durante a pandemia, em consequência do vírus COVID-19, que mostrou ao mundo a importância da logística no atendimento as necessidades básicas do ser humano, desde a distribuição de medicamentos, alimentos e também no suporte e operacionalização das atividades econômicas. Hoje é vital para a sobrevivência de qualquer empresa que se tenha uma rede distribuição eficiente com baixos custos e adaptada às novas tecnologias.

Este estudo propõe um modelo de otimização de rotas para empresas de courier (empresas que prestam serviço de coleta e entrega expressa) que fazem a logística de distribuição de produtos estabelecidos em contratos com grandes indústrias. Acredita-se que o novo modelo de entrega possibilitará um melhor aproveitamento dos recursos existentes e redução de custos operacionais com a otimização do processo.

## **2- Descrição do desenvolvimento, técnicas e bases teóricas:**

Inicialmente foi realizada busca exploratória na base de dados do Science Direct, seguindo a lógica booleana: (routing OR distribution OR logistics OR optimization) AND courier. Então, foram selecionados 10 artigos publicados nos últimos cinco anos para identificação de lacunas e oportunidades de pesquisa e, assim definir o escopo do estudo. Em seguida, iniciando a revisão sistemática de literatura, foram definidas as palavras-chave e a lógica booleana para busca nas bases Scopus e Web of Science: courier AND (optimization OR optimizing) AND (transport OR routing OR route OR delivery OR collection OR service OR logistics OR distribution OR smart).

Figura 2.1 – Resumo do processo de seleção do portfólio bibliográfico seguindo o método ProKnow-C



Fonte: Adaptado de Afonso *et al.* (2011).

Em seguida, fez-se a leitura dos títulos dos artigos, sendo selecionados 295 e descartados 390 por não estarem alinhados com o tema. Ainda na etapa de filtragem, verificou-se a relevância científica de 151 artigos selecionados, àqueles que representavam 85% das citações no Google Acadêmico. Após essa etapa, restaram 144 artigos, dentre os quais 70 destes foram considerados com relevância científica, sendo feita a leitura do resumo para se certificar que esses artigos estavam realmente alinhados com o tema da pesquisa. Depois disto, foi criado um banco com uma lista de autores a partir dessa seleção.

Considerando estudos publicados nos últimos 5 anos, 9 artigos apontam uma predominância na utilização de algoritmos genéticos para a solução de PRV, conforme ilustrado no Quadro 2.3. Os artigos com soluções heurísticas continuam superando as determinísticas, principalmente, devido os métodos exatos serem muito caros, difíceis de implementar por necessitarem de rapidez no tempo de resposta em ambiente dinâmico, o que exige um aumento do esforço computacional, por isso, os algoritmos metaheurísticos têm se tornado uma alternativa viável. Também se observa a combinação de métodos com o propósito de obter um melhor resultado.

Quadro 2.3 – Tipos de PRV pesquisados no período de 2018 a 2021

Tipo PRV	QTD	Referências
<i>Algorithm genetic (GA); Genetic Lighting Algorithm (MAP-Elites); Adaptive Elitist Genetic Algorithm with Improved Neighbor Routing Initialization (NR-EGA); Hybrid Genetic Algorithm (HGA)</i>	9	Costa <i>et al.</i> (2018); Kukartsev <i>et al.</i> (2020); Liu <i>et al.</i> (2019); Muslu e Dogan (2020); Peng <i>et al.</i> (2019); Syauqi e Zagloel (2020); Urquhart, Hoehl e Hart (2019); Zhao <i>et al.</i> (2019); Zhu, Lee e Wang (2021).
<i>Tabu search (TS); Tabu Search (TS) + Adaptive Large Neighbourhood Search (ALNS); Two-level Local Search Heuristic</i>	5	Giovanni, Gastaldon e Sottovia (2019); Laganà, Laporte e Vocaturo (2021); Mcleod <i>et al.</i> (2020) Niels, Hof e Bogenberger (2018); Tu <i>et al.</i> (2019)
<i>Two-echelon Location-routing Problem (2E-LRP); Binary Integer Programming (BIP); Mixed Integer Linear Programming (MILP); Mixed Integer Linear Programming Auction-based Heuristic; Algorithm Branch and Cut (B&amp;C)</i>	4	Bruck <i>et al.</i> (2019); Mirhedayatian <i>et al.</i> (2021); Sitek <i>et al.</i> (2021); Steever, Karwan e Murray (2019)
<i>Algorithm Cluster-first route-second (CFRS); Heuristic cluster-first route-second (CFRS) + Metaheuristic Tabu Search (TS); Algorithm Clustering Mini-route</i>	3	Bretin, Desaulniers e Rousseau (2021); Guerrazzi (2020); Zhao Q., Zhou e Pedrielli (2020)
<i>Efficient Approximation Algorithm; Nearest Neighbor Method; Minimum Spanning tree Method; Fletcher-Clark's Method; Closest Insertion Method</i>	2	Turská <i>et al.</i> (2019); Zeng, Tong e Chen (2019);
Outros	23	Abbatecola <i>et al.</i> (2018); Chen, D. <i>et al.</i> (2020); Chen, Yueyue <i>et al.</i> (2019); Chen Yujie <i>et al.</i> (2019b); Dupljanin <i>et al.</i> (2019); Gdowska, Viana e Pedroso (2018); Kritiyakierne e Laesanklang (2020); Lee, Chae e Kim (2019); Lee <i>et al.</i> (2020); Lin, Nishiki e Tavasszy (2020); Mohd <i>et al.</i> (2019); Pincay <i>et al.</i> (2020a); Pincay <i>et al.</i> (2020b); Restrepo, Semet e Pocreau (2019); Rosanti <i>et al.</i> (2019); Seakhoa-King <i>et al.</i> (2019); Tebaldi, Murino e Bottani (2020); Woiceshyn <i>et al.</i> (2018); Yildiz (2021a); Yildiz (2021b); Yildiz e Savelsbergh (2019); Zhang e Thompson(2019); Zhou e Lin (2019)

As pesquisas mostram que a maioria dos estudos tem o foco concentrado em soluções teóricas, sendo encontrados 85 artigos; enquanto somente 23,68% do portfólio bibliográfico está voltado para aplicações reais, ou seja, 27 artigos apresentavam soluções práticas.

Alguns autores desenvolveram um modelo de roteamento de veículo de localização central com múltiplos depósitos para planejamento de rede para o serviço de entrega e coleta de encomendas, considerando veículos com múltiplas capacidades, janelas de tempo associadas a depósitos e clientes (WASNER e ZPFEL, 2004; CESELLI; RIGHINI; SALANI, 2009). Uma versão adaptada do Water Wave Optimization (WWO) para o problema de roteamento de veículos capacitados foi aplicada por Tebaldi, Murino e Bottani (2020) em um caso real, usando dados de sonda.

Outros pesquisadores fizeram integração entre o Sistema de Informação Geográfica (Geographic Information System - GIS), o Sistema de Posicionamento Global (Global Positioning System - GPS), a Tecnologia Wireless e o Sistema de Transporte Inteligente (Intelligent Transport System - ITS) com o objetivo de otimizar o serviço de coleta e entrega, aumentando a produtividade através da formação de zonas geográficas para determinação de tempos, distâncias e rotas preferenciais e utilizando veículos dinâmicos.

Já Mohd et al., (2019) optou por desenvolver um framework de aplicativo android para um sistema de entrega de encomendas mais inteligente, combinando o uso das tecnologias de comunicação atuais como GPS, Waze, ferramentas Android e serviços em nuvem. Também foram desenvolvidos algoritmos de otimização que calculam o número correto de veículos, as rotas e os horários de coleta mais adequados com aplicações em serviços bancários de encaminhamento de cheques (HILL et al., 1988) e otimização de custos de transportes para serviços de correios.

Os algoritmos de otimização identificados nesta revisão sistemática foram implementados através de diversas linguagens de programação, dentre as quais, destacam-se respectivamente, as

linguagens de JAVA, C++ e Python. Para a realização de testes e validação dos processos de otimização nos ambientes de modelagem e simulação os softwares mais utilizados são, respectivamente, o IBM ILOG CPLEX e o MATLAB, além do uso de API do Google Maps. No que se refere a execução desses algoritmos, as soluções desenvolvidas foram predominantemente executadas em processadores Intel com chip multiprocessador, variando de 1 a 7 núcleos (core), com memória RAM de 256 MB a 128 GB, e velocidades de clock do processador entre 400 MHz e 3,60 GHz.

**GEOREFERENCIAMENTO:** O georreferenciamento é um processo de grande importância no tratamento da informação geográfica, pois está relacionado diretamente com a qualidade cartográfica. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), os sistemas de Referência Terrestre ou Geodésico são utilizados para identificar a localização exata de qualquer ponto na superfície da Terra, tendo como principal referência espacial a posição obtida por meio de coordenadas geográficas.

Para localização e cálculo das distâncias entre cidades ou pontos de referência para uma análise mais precisa é importante considerar as vias reais de acesso, para isso, pode-se utilizar um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que fornece as coordenadas essenciais para o cálculo de matriz de distâncias. Há possibilidade ainda de simplificação da representação gráfica através de um plano cartesiano baseado em distâncias lineares. Neste caso, de acordo com Malaquias (2006), será necessário utilizar o teorema de Pitágoras para calcular a distância entre dois pontos dada a fórmula:

$$\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

Dentre os vários tipos existentes de Sistema de Coordenadas que tem a função de determinar com precisão a posição de um ponto sobre a superfície terrestre, destaca-se o Sistema de Coordenadas Esférico ou Geodésico como um dos mais utilizados, pois permite configurar a Terra como uma superfície quádrada em três dimensões por meio de um modelo

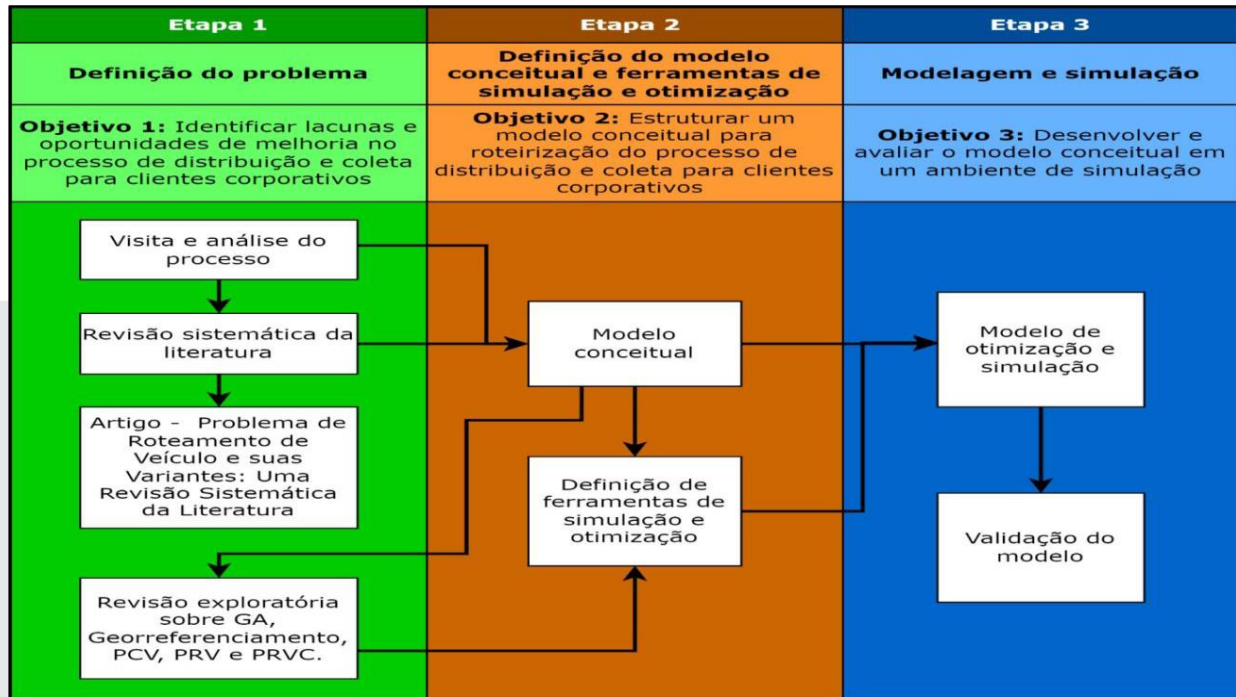
41 Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental  
(PPG.EGPSA/ITEGAM)

matemático que utiliza a rotação de uma elipse ao redor de um eixo menor e cuja unidade de medida é a angular.

### **3 - Apresentação do produto (fotografia, *PrintScreen*, imagens em geral para apresentar o produto ou processo):**

Nas etapas seguintes serão apresentados os procedimentos metodológicos (Figura 3.1) para a construção de um modelo de otimização de rotas para as linhas de coleta e/ou entrega nos serviços prestados por uma empresa de courier ao setor industrial. Assim, pretende-se utilizar um sistema de roteirização por meio de algoritmos que auxiliem o gestor no gerenciamento da frota e na tomada de decisão com o propósito de reduzir custos operacionais e desperdícios, otimizar os recursos existentes e monitorar a operação de coleta e distribuição de carga entre as unidades de distribuição e os grandes clientes, garantindo dessa forma, um melhor aproveitamento e disponibilidade de veículos para o atendimento da operação logística.

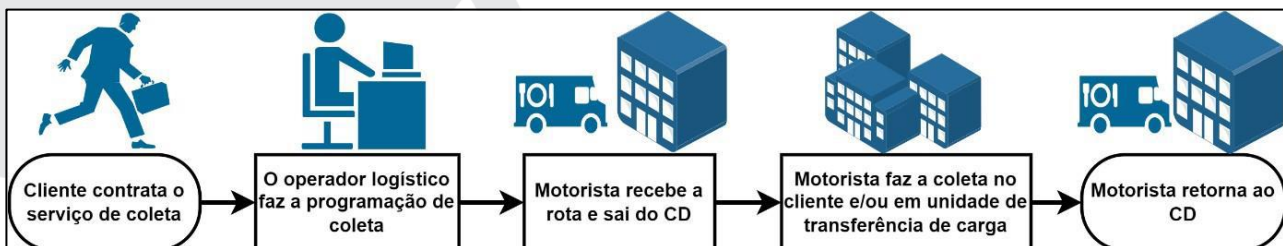
Figura 3.1 – Procedimento metodológico



Inicialmente fez-se uma sondagem em uma empresa de courier para identificação de lacunas, gargalos ou problemas na operação. Durante visita e conversa informal com gestores, foi sugerido, de forma empírica e por necessidade da empresa, analisar o setor de distribuição como um ponto crítico para o negócio e com oportunidades de melhoria. Neste sentido, Cauchick Miguel et al. (2012) assegura que visitas ao chão de fábrica também são importantes para verificar in loco e/ou in modus operandis, o fenômeno estudado.

Dentre as diversas etapas que envolvem a logística, optou-se em delimitar o escopo deste estudo para o processo de roteirização com possibilidade de otimização do serviço de distribuição e coleta de encomendas para empresas de porte industrial. No processo executado por meio das rotas de coleta e/ou entrega.

Figura 3.2 – Fluxo básico da linha de transporte



O processo se inicia com a necessidade do cliente enviar os seus produtos por meio de um operador logístico, que tem a responsabilidade de fazer a coleta diária de acordo com a frequência contratada. Essa atividade, conforme o fluxo representado na Erro! Fonte de referência não encontrada., é executada de duas formas: (i) a empresa realiza a coleta e/ou distribuição dos objetos de forma descentralizada, utilizando as unidades de transferência de carga, que são pontos com localização próxima a um determinado grupo de clientes; (ii) o operador logístico realiza a coleta diretamente no cliente. Dessa forma, o Centro de Tratamento e Distribuição (CD) faz a programação das rotas a serem distribuídas entre os motoristas, considerando a quantidade e capacidade limitada de veículos que saem do CD para fazer a coleta e/ou distribuição entre esses pontos e precisam retornar para o mesmo CD até às 12 horas, a fim de que a carga seja tratada e encaminhada de acordo com janela de tempo da aeronave que levará a carga até o próximo destino.

As informações referentes aos distritos, veículos e as rotas são cadastradas no sistema da empresa por um técnico responsável por fazer o planejamento das rotas e manter a carga de trabalho

equilibrada entre os motoristas. As informações referentes aos distritos, veículos e as rotas são cadastradas no sistema da empresa por um técnico responsável por fazer o planejamento das rotas e manter a carga de trabalho equilibrada entre os motoristas. Cabe destacar que esse processo é feito sem o auxílio de recurso computacional avançado e com base nessa programação, é definido o tempo para execução de cada rota e a quantidade de veículos necessários para a operação. Na sequência, é feito o embarque da carga diária a ser distribuída nesses mesmos pontos que possuem demandas de coletas, conforme a capacidade do veículo. Assim, cada motorista recebe as informações da rota via sistema e segue o percurso que acredita ser o melhor com base na experiência devido estar habituado a um determinado distrito.

O modelo conceitual do sistema, é apresentado na Erro! Fonte de referência não encontrada., representando o processo de um operador logístico que faz coleta e entrega de encomendas para clientes do setor industrial.

**4 - Apresentação dos reflexos econômico e sociais (geração de riqueza/saúde, qualidade de vida e redução de assimetrias regionais, dentre outros):**

**5 - Descrição da participação do solicitante em caso de ser co-autor**

**6 - Descrição do estágio de andamento da utilização do produto/serviço**

**7 – Referências (apenas as mencionadas no neste documento):**

**8 – Apêndice – comprovante que a pesquisa foi aplicada**

17/02/2023 11:27

SEICORREIOS - 31570183 - Termo de Autorização e Compromisso/Pesquisa Cient.



TERMO DE AUTORIZAÇÃO E COMPROMISSO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA TÉCNICO-CIENTÍFICA NOS CORREIOS

Atendendo ao Requerimento Pesquisador Interno NE 31123500/2022 - GEPES-AM, firmado por Roberto Lopes Batista, aluno do INSTITUTO DE TECNOLOGIA e EDUCAÇÃO GALILEU da AMAZÔNIA, CNPJ 09.686.560/0001-16, foi analisado pela Universidade Corporativa dos Correios, pelo Departamento de Coleta e Distribuição - DEDIS/SUOPE e Departamento de Transporte - DETRA/SUOPE, o pleito de autorização para realização de pesquisa técnico-científica nas instalações dos Correios, envolvendo seus empregados, conforme processo SEI NE 93141.001621/2022-86.

Tendo sido decidido em favor da realização da pesquisa sob o tema MODELO DE OTIMIZAÇÃO DE ROTAS PARA COLETAS E ENTREGAS SIMULTÂNEAS DE ENCOMENDAS BASEADO EM GEORREFERENCIAMENTO E ALGORITMO GENÉTICO, o pesquisador, Roberto Lopes Batista, estudante do curso Mestrado Profissional em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental está autorizado a realizar os procedimentos prescritos no Projeto de Pesquisa apresentado e previamente discutidos, mediante o consentimento de alguns compromissos entre as partes envolvidas.

São compromissos do(s) executor(es) da pesquisa:

- Intear-se do Código de Conduta Ética e Integridade dos Correios, que são apresentados no primeiro dia de realização das atividades, de modo a manter comportamento de acordo com os documentos, durante a realização da pesquisa;
- Proceder a coleta de dados por meio da aplicação de questionários, entrevistas e outras técnicas, conforme previamente detalhado no Projeto de Pesquisa;
- Manter sigilo das respostas individuais dos participantes da pesquisa;
- Manter sigilo sobre quaisquer outras informações dos Correios - dados, processos, documentos e materiais - seja qual for o meio pelo qual se teve acesso (documentos impressos ou digitais, sistemas eletrônicos, conversas formais e informais, reuniões, mecanismos de comunicação internos, televisão, intranet etc.);
- Realizar a análise e divulgação dos dados nos termos constantes do projeto de pesquisa autorizado;
- Entregar ao órgão gestor nacional da educação corporativa e gestão do conhecimento e ao órgão responsável por supervisionar a pesquisa o relatório executivo com os resultados da pesquisa, contendo informações relevantes para a gestão dos Correios;
- Divulgar os resultados efetivamente obtidos na pesquisa, somente com a expressa autorização dos Correios, quando solicitado pela área responsável pela autorização e supervisão da pesquisa, resguardando a identidade e a imagem da Empresa;
- Realizar, se demandado, pelo menos uma apresentação ao público interno sobre o desenvolvimento, os resultados e as conclusões da pesquisa;

São compromissos do orientador acadêmico do trabalho de pesquisa:

- Prover o apoio necessário ao pesquisador para que a as atividades da pesquisa se desenvolvem de forma ética, técnica e racional no ambiente corporativo;
- Assegurar que os trabalhos de coleta e análise de dados sejam fiéis ao que foi apresentado no projeto de pesquisa apresentado;
- Orientar o trabalho de apresentação de resultados e conclusões da pesquisa, de modo a agregar valor aos Correios.

São compromissos do Departamento de Transporte - DETRA/SUOPE e Departamento de Coleta e Distribuição - DEDIS/SUOPE:

- Designar o(s) empregado(s) da Empresa que supervisionará(ão) e facilitará(ão) a realização da pesquisa;
- Prover o acesso às dependências das unidades organizacionais dos Correios, de modo a permitir a coleta de dados por meio de entrevistas, aplicação de questionários e outras técnicas;
- Disponibilizar telefones e equipamentos conectados a intranet, para comunicação e emissão de e-mails aos sujeitos da pesquisa;
- Fornecer o acesso aos ambientes virtuais para realização de pesquisas documentais, resguardados documentos sigilosos e aqueles que são afetos à vantagem competitiva dos negócios dos Correios;
- Enviar aos empregados dos Correios, participantes da pesquisa, mensagem de esclarecimento e estímulo para participação na pesquisa;
- Autorizar expressamente a publicação dos resultados em artigos e comunicações em congressos científicos, em formato que resguarde a identidade e a imagem dos Correios.

São compromissos da Universidade Corporativa dos Correios:

- Apresentar o Código de Conduta Ética e Integridade dos Correios ao(s) executor(es) da pesquisa no primeiro dia de atividades;
- Acompanhar, de modo indireto, a realização das atividades da pesquisa;
- Fazer a gestão do conhecimento gerado, por meio da promoção de registro e compartilhamento dos resultados e conclusões da pesquisa realizada.

Brasília, data da assinatura digital.

[https://sei.correios.com.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=348294748&infra...](https://sei.correios.com.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=348294748&infra...) 1/2



17/02/2023 11:27

SEI/CORREIOS - 31570183 - Termo de Autorização e Compromisso/Pesquisa Cient.

<p><i>(Assinado Eletronicamente)</i> LUCIANA MONTEIRO BARBOSA BARCELOS Chefe da Universidade Corporativa dos Correios CS/DIGEP/SUGEP/UNICO</p>	<p><i>(Assinado Eletronicamente)</i> ROBERTO LOPES BATISTA Executor da Pesquisa</p>
<p><i>(Assinado Eletronicamente)</i> RONALDO LIMA MONTEIRO Chefe de Departamento - DETRA/SUOPE/DIOPE</p> <p><i>(assinado eletronicamente)</i> SAMUEL DE JESUS BOIS Chefe de Departamento - DEDIS/SUOPE/DIOPE PRT/CS/PRESI/DIOPE - 57/2022</p>	<p>IRACYANNE RETTO UHLMANN Orientadora Acadêmica</p>



Documento assinado eletronicamente por Ronaldo Lima Monteiro, Chefe de Departamento, em 20/05/2022, às 18:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Samuel de Jesus Bois, Chefe de Departamento, em 23/05/2022, às 10:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Roberto Lopes Batista, Instrutor I-DR - G6, em 30/05/2022, às 10:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Iracyanne Retto Uhlmann, Usuário Externo, em 31/05/2022, às 17:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Luciana Monteiro Barbosa Barcelos, Chefe de Departamento, em 02/06/2022, às 18:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.correios.com.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&iid\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.correios.com.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&iid_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 31570183 e o código CRC B0887BAC.

9 – Link seguido da print do artigo relacionado ao PTT:

APÊNDICE A



Available online at <http://www.journalijdr.com>



# IJDR

International Journal of Development Research  
Vol. 12, Issue, 03, pp. 54402-54410, March, 2022  
<https://doi.org/10.37118/ijdr.24065.03.2022>

ISSN: 2230-9926ISSN: 2230-9926

RESEARCH ARTICLEOPEN ACCESS

## PROBLEMA DE ROTEAMENTO DE VEÍCULO E SUAS VARIANTES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Roberto Lopes Batista<sup>\*1</sup> and Iracyanne Retto Uhlmann<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental, Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (PPG.EGPSA/ITEGAM). Avenida Joaquim Nabuco, nº 1950 - Centro, Manaus - Amazonas, Brasil. CEP: 69020-030

<sup>2</sup>Departamento de Graduação em Engenharia de Produção, Faculdade Martha Falcão (FMF). Rua Natal, 300 - Adrianópolis, Manaus - Amazonas, Brasil. CEP: 69057-090

### ARTICLE INFO

**Article History:**  
Received 17<sup>th</sup> January, 2022  
Received in revised form 30<sup>th</sup> January, 2022  
Accepted 11<sup>th</sup> February, 2022  
Published online 19<sup>th</sup> March, 2022

**Key Words:**  
Patents; Brands; Performance; Performance; Intellectual property Strategy; Innovation policy.

**\*Corresponding author:**  
Roberto Lopes Batista

### ABSTRACT

Este estudo aborda uma revisão sistemática da literatura sobre o Problema de Roteamento de Veículos (PRV) e suas Variantes, construindo um portfólio bibliográfico a respeito do tipo de PRV mais adequado para o serviço de correio. Para esta pesquisa foi adotada a metodologia ProKnow-C, possibilitando a escolha de artigos de forma mais assertiva, rigorosa e específica, eliminando redundâncias e subjetividades, pesquisando artigos nas bases Scopus e Web of Science. O objetivo deste artigo é analisar o estado da arte sobre PRV e suas variantes, e as principais abordagens metodológicas utilizadas, no contexto da logística de distribuição. Foram selecionados um total de 114 artigos alinhados com o tema, demonstrando que existe uma vasta literatura sobre roteirização de veículos. Esta revisão mostra que o algoritmo genético com adaptações é o modelo mais utilizado atualmente para otimizar rotas de coleta e entrega de encomendas.

Citation: Roberto Lopes Batista and Iracyanne Retto Uhlmann. "Problema de Roteamento de Veículo e suas Variantes: uma Revisão Sistemática de Literatura", *International Journal of Development Research*, 12, (03), 54402-54410.

### INTRODUCTION

O advento da indústria 4.0 é resultante de um conjunto de fatores como a implementação da internet das coisas (em inglês: *Internet of Things*, IoT), o crescimento da concorrência internacional, a volatilidade do mercado, a demanda por produtos personalizados e o encurtamento dos ciclos de vida do produto. Com isso houve um aumento do nível de complexidade da cadeia logística, trazendo um novo conceito logístico chamado de logística inteligente, termo traduzido do inglês *smart logistics* (Douaioui *et al.*, 2018). Dentre as principais atividades do serviço logístico de transporte de mercadorias, estão: escolha do modal, programação, roteirização e consolidação da carga. Neste segmento, o Problema de Roteamento de Veículo (PRV), termo que vem do inglês: *Vehicle Routing Problem*

Apesar de o PRV possuir objetivo semelhante ao TSP, com veículos substituindo vendedores e o objetivo de obter a soma das distâncias mínimas, existe uma diferença básica, na qual o PRV não pode exceder a capacidade do veículo (Ganesh *et al.*, 2007). A operação de transporte é um componente vital para a gestão da logística, tendo os correios como um dos seus principais operadores na grande maioria dos países. O serviço de correio abrange a entrega de encomendas nacionais e internacionais, que podem ser documentos ou mercadorias. Neste aspecto, o fluxo operacional básico dos correios inicia com a captação de um pacote do cliente, depois, passa pelas etapas de triagem e tratamento até a entrega na última milha. Este serviço prestado pelos correios deve ser executado com rapidez e qualidade (Pumamasari e Santoso, 2018). Com base nas afirmações de Pumamasari e Santoso (2018), em que o TSP não leva em

*International Journal of Development Research*  
Vol. 12, Issue, 03, pp. 54402-54410, March, 2022  
<https://doi.org/10.37118/ijdr.24065.03.2022>

