



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ELISA DE FÁTIMA ANDRADE SOARES

**Um Mapeamento Sistemático de Problemas de Otimização no Compartilhamento
de Caronas**

Recife

2022

ELISA DE FÁTIMA ANDRADE SOARES

Um Mapeamento Sistemático de Problemas de Otimização no Compartilhamento de Caronas

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Banco de Dados

Orientadora: Dra. Valéria Cesário Times

Coorientador: Dr. Andresson da Silva Firmino

Recife

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecária Monick Raquel Silvestre da S. Portes, CRB4-1217

S676m Soares, Elisa de Fátima Andrade
Um mapeamento sistemático de problemas de otimização no compartilhamento de caronas / Elisa de Fátima Andrade Soares. – 2022.
152 f.: il., fig., tab.

Orientadora: Valéria Cesário Times.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CIn, Ciência da Computação, Recife, 2022.

Inclui referências e apêndices.

1. Banco de dados. 2. Mapeamento sistemático. 3. Otimização. I. Times, Valéria Cesário (orientadora). II. Título.

025.04 CDD (23. ed.) UFPE - CCEN 2022-68

Elisa de Fátima Andrade Soares

**“Um Mapeamento Sistemático de Problemas de Otimização
no Compartilhamento de Caronas”**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação. Área de Concentração: Banco de Dados.

Aprovado em: 10/03/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sérgio Castelo Branco Soares

Centro de Informática/UFPE

Prof. Dr. Francisco Chagas de Lima Júnior

Departamento de Informática/UERN

Profa. Dra. Valéria Cesário Times

Centro de Informática/UFPE

(Orientadora)

À Deus. À minha mãe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, nosso Pai, que sois todo Poder e Bondade. Sobre essa conquista quero enaltecer a seguinte frase Assim disse o Senhor: Eu não perdi o controle da tua vida, está tudo no meu tempo. Não há nada atrasado. "Aquietai-vos e sabeis que Eu sou Deus"(Salmo46:10).

Quero agradecer a minha família, em especial à minha mãe, Maria de Fátima Andrade Soares que esteve comigo em todos os momentos difíceis sempre orando por mim, ao meu pai Etvaldo Soares Irmão e aos meus irmãos Elvis Andrade Soares e Elton Andrade Soares. À minha tia, Geralda Jociene de Andrade.

À minha Orientadora, Valéria Cesário Times e ao meu coorientador Andresson da Silva Firmino pela dedicação e atenção na orientação desse trabalho. E por todos os ensinamentos construtivos e as reflexões que foram fundamentais ao longo de todo o percurso. Não posso esquecer das suas contribuições para o meu crescimento como pessoa e pesquisadora. Eternamente grata por todo o apoio.

Ao corpo docente e técnico do CIn.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de estudos e auxílio financeiro que possibilitou a elaboração desse trabalho.

Aos meus amigos de muito tempo que estiveram ao meu lado me dando forças para conquistar esse objetivo: Leonardo Bandeira de Lucena, Thiago de Oliveira Pereira, Thalia Katiane Sampaio Gurgel, João Paulo Silva de Moura e Daraédna Ferreira Menezes. Agradeço a todos da Associação de Pós-Graduandos e do CIn/UFPE em especial Larissa Rodrigues da Costa, Giorbis Santiesteban Marin, Brunno Wagner Lemos de Souza, Denisson Augusto Bastos Leal, Raphael Crespo Pereira e Jailton Cardoso da Cruz.

Por fim, agradeço a todos que não citei, mas que contribuíram de forma direta ou indireta nessa jornada.

"Sonhos determinam o que você quer. Ação determina o que você conquista." (NOVAK, 2008, p. 7).

RESUMO

O compartilhamento de caronas (CC) é um serviço de mobilidade compartilhada que traz diversos benefícios ambientais, econômicos e sociais. Sistemas de Compartilhamento de Caronas englobam diferentes problemas e, para solucioná-los técnicas de otimização são empregadas para realizar a intermediação entre motoristas e passageiros que tenham horários e itinerários semelhantes. Para efetivação das caronas é indispensável o uso de algoritmos para definição das rotas dos participantes. Além disso, para obter os melhores resultados desse tipo de serviço são considerados alguns desafios, como: maximizar o número de participantes, determinar as melhores rotas e minimizar os custos da viagem. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é investigar os problemas de otimização existentes no compartilhamento de carona, como também identificar os métodos, as ferramentas, os algoritmos e as técnicas utilizados para solucionar tais problemas. Para esta pesquisa, um protocolo foi elaborado para a condução de um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), método utilizado para identificar, classificar, analisar e sintetizar as evidências encontradas através dos estudos selecionados que abordam o compartilhamento de caronas. Nesse mapeamento sistemático, foram analisados 138 artigos publicados no período entre 2012 e 2020, os resultados dessa análise mostram os problemas e as soluções de otimização voltadas para o compartilhamento de caronas. Diante das análises e dos resultados desta pesquisa, constata-se que há um interesse crescente de pesquisadores nos últimos anos por essa área. Conforme os estudos selecionados, conclui-se que 134 autores consideram o compartilhamento de caronas como sendo do tipo dinâmico, assim como grande parte deles utilizam o método exato e definem problemas de otimização com funções multiobjetivos para serem solucionados. Por fim, 15 métodos e algoritmos diferentes foram empregados na resolução de problemas de otimização para o compartilhamento de caronas.

Palavras-chaves: mapeamento sistemático; otimização; métodos; algoritmos; compartilhamento de carona.

ABSTRACT

Ride-sharing is a shared mobility service that brings several environmental, economic and social benefits. Ride-sharing systems encompass different problems and, to solve them, optimization techniques have been used to carry out the intermediation between drivers and passengers who have similar schedules and itineraries. In order to carry out rides, it is essential to use algorithms to define the routes of the participants. In addition, to obtain the efficiency of this type of service, some challenges are considered, such as: maximizing the number of participants, determining the best routes and minimizing travel costs. In this context, the objective of this research is to investigate the existing optimization problems in ride-sharing and also to study the methods, tools, algorithms and techniques used to solve such problems. For this research, a protocol was chosen to conduct a Systematic Literature Mapping (SLM), a method used to identify, classify, analyze and synthesize the evidence found through selected studies that address ride-sharing. In this systematic mapping, 138 articles published between 2012 and 2020 were analyzed, and results from such analysis have highlighted the problems and optimization solutions aimed at ride-sharing. In view of the analyzes and results of this research, it appears that there is a growing interest from researchers in recent years in this area. According to the selected studies, it is concluded that 134 authors consider ride-sharing as dynamic, as well as most of them use the exact approach and define multi-objective optimization problems to be solved. Finally, it was identified that fifteen different methods and algorithms were used to solve ride-sharing problems.

Keywords: systematic mapping; optimization; methods; algorithms; ride-sharing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – As Fases da Condução do Mapeamento Sistemático	42
Figura 2 – Processo de Seleção dos Estudos	49
Figura 3 – Distribuição Temporal dos Artigos	55
Figura 4 – Total de Publicações por Fontes de Buscas	56
Figura 5 – Tipo de Fontes de Publicação	59
Figura 6 – Avaliação da Qualidade por Total de Publicações	62
Figura 7 – Nuvem de Palavras	63
Figura 8 – Problemas de Otimização	66
Figura 9 – Abordagem do Problema de Otimização	67
Figura 10 – Restrições por Total de Publicações	70
Figura 11 – Métodos de Otimização	73
Figura 12 – Técnicas de Otimização Utilizadas para Solucionar os Problemas em CC . .	74
Figura 13 – Critério de Otimização	75
Figura 14 – Abordagem de Alocação	76
Figura 15 – Linguagem de Programação e Software	77
Figura 16 – Resultados Experimentais	78
Figura 17 – Principais Autores	79
Figura 18 – Organizações e Países por Total de Publicações	80
Figura 19 – Países por Total de Publicações	81
Figura 20 – Strings de Busca Adaptadas	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro Metodológico	40
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fonte de Publicações por Fator de Impacto	47
Tabela 2 – Fonte de Publicações por Fator de Impacto	57
Tabela 3 – Estudos por Citação	60
Tabela 4 – Classificação dos Estudos em Relação aos Aspectos Adotados	82
Tabela 5 – Estudos Primários Incluídos na Pesquisa	116
Tabela 6 – Avaliação da Qualidade dos Estudos	127
Tabela 7 – Problemas, Restrições e Função Objetivo dos Estudos Seleccionados	133
Tabela 8 – Métodos, Critério, Técnica e Instâncias dos Estudos Seleccionados	144

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAD	Algoritmo Árvore de Decisão
ABF	Algoritmo de Bellman-Ford
ABL	Algoritmo de Busca Local
AC	Algoritmo de Clusterização
AD	Algoritmo de Dijkstra
AG	Algoritmo Genético
AGU	Algoritmo Guloso
AOCF	Algoritmo Otimização da Colônia de Formigas
APT	Algoritmo Pesquisa por Tabu
ARL	Algoritmo de Ramificação e Limite
ARS	Algoritmo Recozimento Simulado
CC	Compartilhamento de Caronas
DARP	<i>dial-a-ride</i>
GRASP	Metaheurística GRASP
MM	Modelo Matemático
MS	Mapeamento Sistemático
PAS	Problema da Árvore de Steiner
PCB	Problema de Correspondência Bipartida
PCBI	Problema de Correspondência Bilateral
PCH	Problema do Caminho Hamiltoniano
PCJT	Problema de Correspondência de Viagem com Janelas de Tempo
PCM	Problema do Caminho Mínimo
PCMI	Problema de Complementaridade Mista
PCMM	Problema do Caminho Mínimo Multiobjetivo
PCMS	Problema de Correspondência de Múltiplos Saltos

PCV	Problema do Caixeiro Viajante
PCVJT	Problema do Caixeiro Viajante com Janelas de Tempo
PD	Programação Dinâmica
PDD	Problema do Deslocamento Diário
PDDI	Problema de Descagem Dinâmica
PDE	Problema do Despacho Econômico
PEE	Problema do Emparelhamento Estável
PGB	Problema do Grafo Bipartido
PL	Programação Linear
PLB	Programação Linear Binária
PLF	Problema de Localização de Facilidades
PLI	Programação Linear Inteira
PLIM	Programação Linear Inteira Mista
PLIP	Programação Linear Inteira Pura
PM	Problema da Mochila
PNLI	Programação Não-Linear Inteira
POE	Problema de Otimização Estocástica
PRUMC	Problema do Planejamento de Rota Unificada para Mobilidade Compartilhada
PRV	Problema de Roteamento de Veículos
PRVJTME	Problema de Roteamento de Veículos com Janelas de Tempo e Múltiplos Entregadores
PVM	Problema de Planejamento de Viagem Multimodal
RS	Revisão Sistemática
SIT	Sistemas Inteligentes de Transporte

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2	MOTIVAÇÃO	19
1.3	OBJETIVOS	19
1.4	QUESTÕES DE PESQUISA	20
1.5	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	21
2	CONCEITOS BÁSICOS	23
2.1	COMPARTILHAMENTO DE CARONAS	23
2.2	PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO NO COMPARTILHAMENTO DE CARONAS	28
2.3	RESTRICÇÕES CONSIDERADAS NO COMPARTILHAMENTO DE CARONAS	33
2.4	MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO	35
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	39
3	METODOLOGIA	40
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	40
3.2	FASES DA PESQUISA	41
3.2.1	Fase 1: Planejamento do Mapeamento Sistemático	43
3.2.1.1	<i>Etapa 1: Identificação da Necessidade do Mapeamento Sistemático</i>	43
3.2.1.2	<i>Etapa 2: Definição do Protocolo</i>	44
3.2.2	Fase 2: Condução do Mapeamento Sistemático	44
3.2.2.1	<i>Etapa 1: Identificação da Pesquisa</i>	44
3.2.2.2	<i>Etapa 2: Seleção dos Estudos</i>	45
3.2.2.3	<i>Etapa 3: Avaliação da Qualidade do Estudo</i>	50
3.2.2.4	<i>Etapa 4: Extração e Síntese de Dados</i>	50
3.2.3	Fase 3: Resultados do Mapeamento Sistemático	53
3.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	53
4	RESULTADOS	54
4.1	ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS	54
4.1.1	Distribuição Temporal	55

4.1.2	Fontes de Buscas	56
4.1.3	Fontes de Publicação	57
4.1.4	Tipo de Fonte de Publicação	58
4.1.5	Estudos Mais Citados	59
4.1.6	Avaliação da Qualidade	62
4.1.7	Palavras-chave Encontradas	63
4.2	MAPEAMENTO DAS EVIDÊNCIAS	64
4.2.1	Questão 1. Quais problemas de otimização em compartilhamento de caronas estão sendo resolvidos?	64
4.2.2	Questão 2. Quais as restrições e função objetivo consideradas em problemas de otimização de compartilhamento de caronas?	67
4.2.3	Questão 3. Quais são os principais métodos, algoritmos, técnicas, ferramentas e instâncias utilizadas em problemas de otimização de compartilhamento de caronas?	71
4.2.4	Questão 4. Quais indivíduos e organizações são mais ativos na pesquisa sobre problemas de otimização em compartilhamento de caronas?	78
4.2.5	Questão 5. Quantos estudos sobre problemas de otimização em compartilhamento de caronas abordam aspectos como "preocupações sociais e de privacidade", "ponto de encontro", "transporte público" e "veículos autônomos"?	81
4.2.5.1	<i>Preocupações Sociais e de Privacidade</i>	82
4.2.5.2	<i>Ponto de Encontro</i>	83
4.2.5.3	<i>Transporte Público</i>	84
4.2.5.4	<i>Veículos Autônomos</i>	85
4.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	86
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
5.1	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES	87
5.2	LIMITAÇÕES	88
5.3	TRABALHOS FUTUROS	89
	REFERÊNCIAS	90
	APÊNDICE A – PROTOCOLO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO	110

APÊNDICE B – ESTUDOS PRIMÁRIOS INCLUÍDOS NA PES- QUISA	116
APÊNDICE C – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE	127
APÊNDICE D – PROBLEMAS, RESTRIÇÕES E FUNÇÃO OBJE- TIVO DOS ESTUDOS SELECIONADOS	133
APÊNDICE E – MÉTODOS, CRITÉRIO, TÉCNICA E INSTÂN- CIAS DOS ESTUDOS SELECIONADOS	144

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo está dividido em cinco partes, as quais apresentam: a contextualização da área abordada; a motivação para o estudo realizado; os objetivos da pesquisa; suas questões norteadoras; e uma breve descrição da forma como este documento está estruturado.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A mobilidade urbana diz respeito à facilidade de deslocamento das pessoas no espaço urbano, com condições seguras, eficientes e socialmente inclusivas de deslocamento (ARAÚJO et al., 2011). Considerar todos esses aspectos sobre facilidade, segurança, eficiência e preocupações socioambientais aumenta a complexidade no gerenciamento da mobilidade urbana. Além disso, o crescente aumento no tráfego de veículos é um complicador para a mobilidade urbana e tem afetado negativamente a qualidade de vida das pessoas.

O crescimento populacional e a má qualidade dos transportes públicos no Brasil são exemplos de elementos que proporcionam o aumento do tráfego de veículos, sendo este um fenômeno que degrada a mobilidade nas cidades e que resulta em fatores adversos e impactantes no que diz respeito à qualidade de vida nesses ambientes. Uma de suas consequências, a emissão de gases poluentes na atmosfera, causada pelos congestionamentos decorrentes da maior intensidade de tráfego, chegam a influenciar, segundo Mallus et al. (2017), em aspectos socioeconômicos nos centros urbanos.

Frente a esse quadro, uma ação de apoio às estratégias de gerenciamento da mobilidade é o incentivo ao uso de Compartilhamento de Caronas (CC) ou *Ridesharing* (CHAN; SHAHEEN, 2012). O CC é uma alternativa ao modelo convencional de mobilidade em que um veículo é predominantemente usado para atender a necessidade de apenas um indivíduo. Como o CC, há uma expansão na usabilidade dos veículos, pois um indivíduo pode oferecer carona e outros indivíduos podem pegar a carona e usufruir do mesmo veículo. Isto ocorre, pois, o CC possibilita a conexão entre pessoas que tenham rotas e/ou destinos semelhantes (AGATZ et al., 2011; STIGLIC et al., 2015; STIGLIC et al., 2018). Com relação às suas modalidades, Silva (2017) disserta que os sistemas de caronas podem ser divididos em duas categorias: i.) caronas programadas, as quais são realizadas por agendamentos feitos com base nas atividades realizadas periodicamente pelo indivíduo; e ii.) caronas dinâmicas, modalidade que possibilita a intermediação

entre passageiros e motoristas sem a necessidade de planejamentos prévios.

Ambos os tipos de CC permitem que viajantes individuais compartilhem um veículo para realizar um trajeto e dividir os custos de viagem, como: combustível, taxas de pedágio e estacionamento com outras pessoas que possuem itinerários e horários semelhantes (FURUHATA et al., 2013). Além disso, ambos promovem a redução do fluxo de veículos, e conseqüentemente, diminuem os custos de mobilidade e os impactos negativos para o meio ambiente.

Alonso-Mora et al. (2017) indica que em Manhattan, são anualmente perdidas 24 milhões de horas no trânsito, resultando num custo anual em congestionamento superior a US\$ 20 bilhões de Dólares. Em contraponto a este cenário, o estudo aponta que 98% das viagens realizadas em Manhattan, por 13.000 táxis, poderiam ser atendidas com apenas 3.000 veículos, já que cada um deles tem capacidade para alocar até quatro pessoas. Segundo Alonso-Mora, Wallar e Rus (2017), Miller e How (2017) a adoção do CC além de reduzir em mais de 30% a distância total da viagem, permite também economizar o consumo de gasolina.

A aplicação do CC em Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) tem sido bastante estudada por comunidades de bancos de dados, de pesquisa operacional e de engenharia de transportes (ZHU; LIU; WANG, 2019; MA; ZHENG; WOLFSON, 2014; HUANG et al., 2014; CHENG; XIN; CHEN, 2017; MA; ZHENG; WOLFSON, 2013). Além disso, observa-se um crescente aumento no número de estudos sobre problemas de otimização na área de CC. Estes problemas surgem do desafio de maximizar ou minimizar métricas de desempenho no contexto de CC, tais como: número de participantes envolvidos, tempo total da viagem e custos da viagem. Em especial, na otimização sobre o número de participantes envolvidos, destaca-se a elaboração de algoritmos cada vez mais eficientes para a realização da correspondência entre motoristas e passageiros, visando a obter o maior número de participantes atendidos pelo sistema de CC (AGATZ et al., 2012; FURUHATA et al., 2013).

Baldacci, Maniezzo e Mingozzi (2004) e Calvo et al. (2004) são os pioneiros no que se refere aos métodos de otimização aplicados ao processo de correspondência de viagens em sistemas de compartilhamento de caronas. Após esses estudos, surgiram vários trabalhos que abordam a resolução de outros problemas de otimização no CC além do problema de otimização sobre a correspondência entre motoristas e passageiros (STIGLIC et al., 2015; MOURAD; PUCHINGER; CHU, 2019). Ademais, na resolução destes diversos problemas, inúmeras técnicas de otimização foram propostas e avaliadas no intuito de se obter em tempo hábil as melhores soluções para os problemas avaliados.

1.2 MOTIVAÇÃO

Diante dos diversos problemas existentes no CC nota-se a necessidade em aplicar técnicas de otimização para solucionar os problemas de otimização em CC. Todavia, dado um grande número de estudos sobre CC constatou-se que, ainda que haja estudos e revisões na literatura a respeito destes problemas, não se tem o conhecimento da existência de um estudo sistemático sobre este assunto. Além disso, verifica-se a motivação de uma melhor classificação dos estudos, visto que as pesquisas existentes categorizam os artigos apenas em métodos exatos e heurísticos. Assim, propomos uma classificação que considere mais critérios, tais como: função objetivo, restrições, técnicas, ferramentas e instâncias utilizadas na resolução de problemas de CC.

Nesta pesquisa, usa-se um Mapeamento Sistemático (MS) com objetivo de investigar os problemas de otimização existentes no compartilhamento de caronas e quais foram os métodos, as ferramentas e as técnicas utilizados para solucionar tais problemas. O motivo da adoção por um MS é porque ele traz aos pesquisadores, uma visão geral da área abordada, informando quais autores mais publicam e em quais locais. Isto é, diferentemente de uma Revisão Sistemática (RS), a qual estuda os efeitos de uma variável sobre a temática pesquisada (BIOLCHINI et al., 2005). O MS tem a finalidade de investigar o que está acontecendo e tentar entender como foram realizadas as pesquisas (EASTERBROOK et al., 2008).

Dessa maneira, esta dissertação exibe resultados de um MS e uma classificação dos estudos existentes no período de 2012 a 2020, seguindo a metodologia de pesquisa definida no capítulo 3. Este MS irá auxiliar na investigação de alguns questionamentos no contexto de otimização em CC. Além disso, a pesquisa proposta atualiza os estudos na área abordada e fornece informações sobre as novas tendências. Desse modo, a exploração realizada, nesta dissertação, especifica as soluções de otimização utilizadas pela literatura e não se restringe a classificação dos estudos apenas por métodos de otimização heurísticos e exatos. Pelo contrário, esta pesquisa exploratória classifica também os estudos segundo as técnicas de otimização utilizadas, visando auxiliar pesquisadores na soluções de estudos sobre otimização em CC.

1.3 OBJETIVOS

Para o desenvolvimento desta dissertação, foi definido o seguinte objetivo geral: analisar os artigos que abordam os problemas de otimização existentes no compartilhamento de caronas

e mapear quais as soluções adotadas na resolução desses problemas.

Para contribuir com o objetivo principal da pesquisa proposta, os objetivos específicos são:

1. Identificar os problemas de otimização existentes no contexto de compartilhamento de caronas;
2. Categorizar de maneira sistemática, os principais métodos, os algoritmos, as técnicas, as ferramentas e as instâncias utilizadas para solucionar as problemáticas presentes no compartilhamento de caronas;
3. Avaliar a qualidade dos estudos selecionados;
4. Agregar conhecimento à área pesquisada através dos resultados descobertos, evidenciando as questões consideradas.

1.4 QUESTÕES DE PESQUISA

As questões de pesquisa que direcionam o desenvolvimento desta dissertação são:

Questão Geral: Qual é o estado das pesquisas sobre otimização em compartilhamento de caronas?

Para contribuir com a resposta para questão geral, as seguintes questões serão respondidas:

Questão 1. Quais problemas de otimização em compartilhamento de caronas estão sendo resolvidos?

Reconhecendo que a otimização no compartilhamento de caronas é uma área ampla, que abrange aspectos sociais e técnicos, essa questão visa identificar quais problemas de otimização estão sendo abordados.

Questão 2. Quais as restrições e funções objetivo, consideradas em problemas de otimização de compartilhamento de caronas?

Essa questão verifica quais as restrições e funções objetivo adotadas em cada problema de otimização estudado.

Questão 3. Quais são os principais métodos, técnicas, algoritmos, ferramentas e instâncias utilizadas em problemas de otimização de compartilhamento de caronas?

Esta questão visa identificar os procedimentos de otimização utilizados por pesquisadores. Sua resposta é uma diretriz para novos estudos sobre problemas de otimização de compartilha-

mento de caronas. Ela indica os procedimentos já utilizados, os quais podem ser aprimorados ou avaliados a partir de novos procedimentos que não foram ainda estudados.

Questão 4. Quais indivíduos e organizações são mais ativos na pesquisa sobre problemas de otimização em compartilhamento de caronas?

Esta questão investiga a existência de grupos atuantes de pesquisadores e organizações espalhados pelo mundo.

Questão 5. Quantos estudos sobre problemas de otimização em compartilhamento de caronas abordam aspectos como "preocupações sociais e de privacidade", "ponto de encontro", "transporte público" e "veículos autônomos"?

Considerando que esses aspectos influenciam a qualidade das soluções de mobilidade urbana, essa questão visa identificar como esses fatores estão sendo utilizados e quais são suas tendências e desafios nos problemas de otimização em compartilhamento de caronas.

Desta forma, a partir das questões de pesquisa levantadas e dos resultados coletados, espera-se obter evidências que contribuam com:

- A escolha do problema a ser estudado em compartilhamento de caronas;
- A implementação de métodos de otimização no contexto compartilhamento de caronas;
- A escolha de técnicas a serem usadas para solucionar problemas de compartilhamento de caronas;
- A identificação de possíveis lacunas e inconsistências atuais da área de compartilhamento de caronas.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Desta maneira, esta dissertação está organizada da seguinte forma:

Capítulo 2 - Conceitos Básicos: apresenta os conceitos teóricos que fundamentam esta dissertação, iniciando por noções básicas de compartilhamento de caronas e seguindo com as definições dos métodos de otimização.

Capítulo 3 - Metodologia: descreve o método científico utilizado nesta pesquisa, apresentando as etapas realizadas, e detalha de que forma cada etapa desse método foi implementada no decorrer deste estudo.

Capítulo 4 - Resultados: apresenta e discute os resultados obtidos nesta pesquisa, exibindo uma análise geral dos estudos selecionados. Além disso, este capítulo descreve as respostas para as questões de pesquisa consideradas, apresentando as evidências que fundamentam as respostas extraídas dos estudos analisados.

Capítulo 5 - Considerações Finais: expõe as conclusões da dissertação, bem como lista suas limitações e também indica trabalhos futuros que possam dar continuidade a uma investigação mais específica sobre o tema desta pesquisa.

2 CONCEITOS BÁSICOS

Este capítulo explana os conceitos fundamentais que caracterizam o compartilhamento de caronas. Além disso, as definições de problemas, métodos, algoritmos e técnicas são listadas. Por fim, este capítulo exhibe o conceito de funções objetivo e de restrições de otimização que são considerados relevantes para o entendimento da pesquisa descrita neste documento.

2.1 COMPARTILHAMENTO DE CARONAS

Atualmente, a quantidade finita de petróleo, o aumento de preço do combustível, o congestionamento de tráfego e as preocupações ambientais, tornam o compartilhamento de caronas uma modalidade de transporte bastante utilizada (HOSNI; NAOUM-SAWAYA; ARTAIL, 2014; WOSSKOW, 2014). O CC surgiu no final dos anos 60 e cresceu significativamente nos anos 70 em resposta à crise energética e ao embargo do petróleo de 1973 a 1974 (WEINER; DUCCA, 1999; PRATSCH, 1979). Para Furuhata et al. (2013) o CC é um modo de transporte onde os participantes compartilham um veículo durante um trajeto e dividem os custos de viagem como combustível, taxas de pedágio e estacionamento com pessoas que possuem itinerários e horários semelhantes.

De acordo com Agatz et al. (2012), os sistemas de compartilhamento dinâmico de carona reúnem participantes com itinerários e horários semelhantes em um curto prazo. Além disso, uma das características é combinar motoristas e passageiros em tempo real. Assim, a demanda por ainda mais agilidade na conexão entre um número crescente de participantes resulta em mais desafios de otimização.

O processo de correspondência entre os motoristas e passageiros é a característica principal do CC (FURUHATA et al., 2013). Essa correspondência é realizada em duas etapas. Primeiramente, o algoritmo determina rotas de veículos eficientes, e depois atribui passageiros aos veículos, considerando os objetivos de maximização do número de viajantes correspondidos e a minimização da operação de custo (STIGLIC et al., 2016). Então, os sistemas de compartilhamento de caronas realizam a correspondência dos participantes com diferentes tipos de viagens. Conforme Furuhata et al. (2013) pode-se classificar as viagens como:

- **Sob Demanda:** uma viagem casual, única e irregular por distâncias relativamente curtas, exigindo uma resposta em tempo real.

- **Viagem Diária:** a partilha de caronas com horário de viagem regular e relacionamentos de longo prazo.
- **Longa Distância:** são viagens de longa distância com requisitos menos restritivos em relação à hora e o local, e ao ponto de coleta dos passageiros.
- **Tempo Real:** acontece em tempo real o CC, ou seja, a combinação entre motoristas e passageiros é feita de forma imediata.

Os sistemas de compartilhamento de caronas proporcionam benefícios sociais e ambientais. É importante salientar os benefícios do CC para os participantes, para a sociedade e para o meio ambiente. Esta atividade aumenta a eficiência do transporte urbano, atenua os congestionamentos de tráfego, reduz o consumo de combustível, diminui a poluição do meio ambiente, otimiza o tempo de viagem e permite que os participantes possam dividir despesas relacionadas (FERGUSON, 1997; MORENCY, 2007; AGATZ et al., 2011; SHAHEEN et al., 2016; FURUHATA et al., 2013).

Agatz et al. (2012) e Furuhashi et al. (2013) foram pioneiros nas pesquisas sobre classificação de trabalhos a respeito compartilhamento de caronas e os seus benefícios. Essas pesquisas foram úteis para uma rápida introdução à área estudada, bem como para estabelecer uma categorização dos problemas de otimização e para definir as tendências de pesquisa relevantes naquele período. Similar a essas duas pesquisas, Mourad, Puchinger e Chu (2019) também apresentaram uma revisão sobre trabalhos existentes em CC. Assim, observou-se que a pesquisa de Mourad, Puchinger e Chu (2019) não utilizaram procedimentos metodológicos para a condução das investigações realizadas. Dessa forma, o presente estudo se propõe a expandir os estudos realizados por AGATZ et al., FURUHATA et al. e MOURAD; PUCHINGER; CHU.

O trabalho desenvolvido por Agatz et al. (2012) exibem uma visão geral dos modelos de otimização presentes na literatura, relativos ao compartilhamento de caronas. Os autores categorizaram oito estudos sobre CC como sendo dinâmicos ou não dinâmicos e, além disso, listaram, também, as restrições e os objetivos pertinentes aos problemas de otimização encontrados. Dentre os objetivos de otimização analisados por eles, tem-se: minimizar distância percorrida, minimizar tempo de viagem e maximizar número de passageiros. Já as restrições observadas foram de ordem: temporal e/ou pessoal. Por fim, foi observado, ainda, se os estudos consideram um único passageiro ou motorista, ou se múltiplos passageiros ou motoristas.

No que se refere ao estudo de Furuhashi et al. (2013) ele pode ser considerado uma expansão do trabalho de Agatz et al. (2012), posto que, além de apresentar definições de compartilhamento de caronas, os autores realizam uma classificação (taxonomia) sobre as agências de alocação de participantes que apresentam semelhanças em suas funções empresariais. Além disso, a investigação categoriza 39 agências em seis classes diferentes: mercado alvo, tipos de serviços, critérios de pesquisa, atividade de correspondência, preço e forma de pagamento.

Por conseguinte, o trabalho mais recente é a investigação realizada por MOURAD; PUCHINGER; CHU. Ela apresenta uma visão geral dos trabalhos existentes, se concentra nos métodos de otimização utilizados em mobilidade compartilhada. Entretanto, o trabalho de Mourad, Puchinger e Chu (2019) aborda diferentes categorias de mobilidade compartilhada, no que diz respeito ao CC, foram analisadas um total de dez referências. Além disso, observar-se que o estudo realiza uma distinção entre o compartilhamento de caronas estático e o dinâmico.

Os artigos revisados em Mourad, Puchinger e Chu (2019) foram classificados, conforme as categorias de mobilidade compartilhada, como: *ridesharing*, *carpooling*, *vanpooling*, *dial-a-ride* (DARP) e *shared-taxi problem*. Além disso, foi incluída também na classificação, a classe de métodos de otimização empregados aos problemas (i.e., exatos ou aproximados). Similarmente a Agatz et al. (2012), os autores também classificaram os trabalhos segundo as restrições e os objetivos de otimização considerados. Quanto aos objetivos de otimização estudados foram os seguintes: minimizar a distância de viagem, o tempo de viagem, o custo operacional e o número de veículos usados; maximizar o número de participantes, a confiabilidade do sistema e a taxa de ocupação. Quanto às restrições, os autores abordam: a rota, o tempo, a capacidade, o custo e a sincronização. Por fim, os autores verificaram nos estudos se as caronas ocorrem com um único passageiro ou com múltiplos passageiros por viagem.

Diferentemente dos trabalhos Agatz et al. (2012) e Furuhashi et al. (2013), a investigação de Mourad, Puchinger e Chu (2019) apresenta novos objetivos de otimização. Ademais, o artigo apresenta benefícios da combinação entre pessoas e mercadorias no compartilhamento de carona e, também, a aplicabilidade de trabalhos existentes que consideram os veículos como autônomos na mobilidade compartilhada. A pesquisa traz, ainda, um conjunto de estudos de caso, analisando os desempenhos dos sistemas de mobilidade compartilhada e os seus possíveis impactos, tanto na vida das pessoas, como nos futuros sistemas de transporte.

Tendo em vista que, o compartilhamento de caronas é uma modalidade de locomoção realizada por, no mínimo, dois participantes com horários e destinos semelhantes. Os participantes dividem o mesmo carro e os custos da viagem e, dependendo da flexibilidade do

motorista, pode-se atender totalmente ou parcialmente o percurso total solicitado. O CC pode ser classificado como:

Estático: no compartilhamento estático, o total de passageiros é conhecido previamente. Ademais, é geralmente considerado como um serviço de carona solidária, onde os passageiros dividem um veículo de uma origem comum e realizam a viagem juntos até o destino comum. Nesses cenários, a origem e o destino de todos os passageiros são comunicados mais cedo e, posteriormente, uma rota final é escolhida. Os passageiros também podem embarcar em qualquer ponto intermediário da rota (SILWAL; GANI; RAYCHOUDHURY, 2019).

Dinâmico: este tipo de compartilhamento de caronas é também conhecido na literatura por compartilhamento em tempo real, compartilhamento *ad hoc* e compartilhamento instantâneo de viagens que tem como finalidade combinar motoristas e passageiros conforme os horários de partida desejados, através de um sistema automatizado.

Para Tong, Chen e Shahabi (2017), o compartilhamento de caronas dinâmico é composto de serviços que organizam caronas compartilhadas em curto prazo e dão suporte às várias aplicações de transporte inteligente, como carona solidária, entrega de alimentos e logística. Agatz et al. (2012) caracterizam o conceito de compartilhamento dinâmico pelas seguintes características:

1. **Dinâmico:** trata-se da viagem realizada em curto prazo, em que a correspondência dos participantes é realizada em alguns minutos ou horas antes. Neste sentido, o uso dos celulares possibilita que as pessoas ofereçam e solicitem viagens em qualquer localização. Portanto, a tecnologia é fundamental para compartilhamento dinâmico de caronas.
2. **Independente:** os serviços ofertados pelos motoristas são independentes de entidades privadas, isto é, diferem de outras categorias de mobilidade compartilhada, que possuem um responsável pela organização dos veículos e participantes (motoristas e passageiros).
3. **Compartilhamento de Custos:** refere-se à divisão das despesas realizadas para o acontecimento da viagem, tais como: combustível, estacionamento e pedágios. Essa característica permite reduzir custos dos participantes.
4. **Viagens Não Recorrentes:** não requer um compromisso de longo prazo entre duas ou mais pessoas para viajarem juntas, pois trata-se de viagens únicas com o compartilhamento de caronas mais flexível, pois não requer horários rígidos.

5. **Pré-arranjadas:** as viagens são acordadas com antecedência pelos participantes e normalmente não se encontram no mesmo local, diferente do compartilhamento de caronas casual, em que os participantes estabelecem um local para pegar a carona ou chamar um táxi.
6. **Correspondência Automatizada:** facilita a comunicação entre participantes através do uso de postagens, de modo a facilitar a comunicação dos participantes. Isso significa que os sistemas auxiliam na alocação dos participantes nas caronas. Para isso, são definidos quadros de avisos simples (on-line) onde passageiros e motoristas podem postar viagens desejadas ou planejadas e/ou optar por entrar em contato com os próprios participantes da carona.

AGATZ et al. contemplam em sua pesquisa os cinco desafios encontrados no CC. Estes cinco desafios são: i.) melhorar os mecanismos de alocação de passageiros; ii.) ter uma combinação adequada de participantes da carona; construindo uma confiança entre desconhecidos nos sistemas e aplicativos; iii.) determinar as melhores rotas a serem executadas; iv.) considerar horários convenientes para participantes; e v.) maximizar o número de passageiros e minimizar os custos da viagem.

Tahmasseby, Kattan e Barbour (2016) elencam os diversos obstáculos existentes no compartilhamento de caronas. Estes obstáculos são decorrentes de aspectos, tais como: insegurança relacionada à interação com estranhos; confiabilidade no serviço; flexibilidade de horários; e o alinhamento de expectativas do passageiro com o tipo de veículo e comportamento do condutor. São estes aspectos que influenciam a escolha dos indivíduos acerca da alternativa de mobilidade e reduzem a aceitação na partilha das caronas.

Outro aspecto abordado no estudo de Bruglieri et al. (2011), é a carência de sistemas de caronas que proporcionem uma melhor segurança aos participantes (motoristas e passageiros). Os sistemas de compartilhamento de caronas precisam construir uma relação de confiança entre os participantes, pois esta relação é relevante para melhoria na aceitabilidade dos participantes no CC. Contudo, essa tarefa de construir uma relação de confiança é complexa, pois a confiança está diretamente atrelada a diversos critérios de afinidade entre os participantes.

2.2 PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO NO COMPARTILHAMENTO DE CARONAS

Nesta seção, são apresentados alguns conceitos gerais sobre otimização e problemas de otimização encontrados no CC. Além disso, uma breve descrição de métodos de otimização é exibida.

Problemas de otimização surgem quando se há a tarefa de encontrar a melhor solução dentre as inúmeras soluções para um dado problema. Se estabelece que uma solução é dita melhor que outra por meio de uma métrica de otimização que determina o valor ou qualidade de uma solução. Por sua vez, a métrica de otimização é usada para computar a função objetivo do problema, e esta função, a depender do problema, deve ser minimizada ou maximizada para se encontrar a melhor solução do problema de otimização (FIRMINO, 2019).

Para um melhor entendimento deste capítulo, alguns termos da área de otimização encontrados na literatura Polak (1971), Hooker et al. (2000) e Winston e Goldberg (2004) são definidos a seguir.

- **Variáveis do problema:** são variáveis de decisão que controlam e/ou quantificam o problema de otimização. Estas variáveis são de natureza contínua ou discreta e são alteradas durante o processo de otimização em busca da melhor solução para o problema.
- **Restrições:** são condições impostas ao problema abordado e devem ser satisfeitas pelas soluções encontradas para o problema. Matematicamente, essas condições são funções de igualdade ou desigualdade que restringem ou relacionam as variáveis do problema, apresentando as situações consideradas desejáveis ou indesejáveis para a solução do problema.
- **Espaço de Busca:** são todas as possíveis soluções para o problema abordado, em que uma solução corresponde a uma combinação de valores assumidos pelas variáveis do problema e estes valores são delimitados pelas funções de restrição.
- **Função Objetivo:** é uma função que associa cada ponto no espaço de soluções a um número real, que permite medir a qualidade de uma resposta: no problema de minimização, quanto menor este valor, melhor a resposta. No problema de maximização, o inverso ocorre.

- **Ponto Ótimo:** é o conjunto de valores para as variáveis do problema que permite maximizar (ou minimizar) a função objetivo satisfazendo todas as restrições, ou seja, um ponto extremo do espaço de soluções.
- **Valor Ótimo:** valor da função objetivo no ponto ótimo.
- **Ótimo Local:** combinação de valores para as variáveis do problema que pode maximizar (ou minimizar) a função objetivo em um subespaço do espaço de busca.
- **Ótimo Global:** o espaço de soluções abrange vários pontos ótimos locais, o maior valor (ou menor valor, como convir) é considerado o ótimo global.

Os sistemas de compartilhamento de caronas lidam com diversos problemas de otimização como: determinar as rotas e horários dos veículos, atribuir a demanda de viagens aos motoristas e resolver objetivos conflitantes como maximizar o número de participantes e minimizar o custo da viagem (MA; ZHENG; WOLFSON, 2013; GAO et al., 2017; ARCHETTI; SAVELSBERGH; SPERANZA, 2016; JIA; XU; LIU, 2017; ZHU; LIU; WANG, 2019). Para Mourad, Puchinger e Chu (2019) e Agatz et al. (2012), o problema de mobilidade compartilhada é uma generalização do Problema de Roteamento de Veículo e NP-difícil. A seguir são definidos problemas de otimização encontrados no CC.

1. **Problema da Árvore de Steiner (PAS):** o problema recebe outras denominações como: problema da auto-estrada ou da árvore mínima de Steiner, considerado um problema de otimização combinatória. Conforme Hwang e Richards (1992) a PAS é um subgrafo que conecta um conjunto de terminais de modo a encontrar uma árvore com o custo mínimo sendo classificado. A maioria de suas versões é classificada como NP-completo.
2. **Problema do Caminho Hamiltoniano (PCH):** conforme Gondran, Minoux e Vajda (1984) consiste em encontrar um caminho que passe todos os vértices de um grafo G sem repetir nenhum. Caso esse caminho descreva um ciclo, este é denominado ciclo hamiltoniano.
3. **Problema do Caixeiro Viajante (PCV):** conforme Garey e Johnson (1979), o PCV é classificado como um problema clássico da área de otimização combinatória, NP-árduo. Para Guedes, Leite e Aloise (2005), esse problema visa encontrar o ciclo hamiltoniano

de menor custo em um grafo ponderado, ou seja, busca o menor caminho para visitar um conjunto de cidades e de estradas, passando por cada uma delas apenas uma vez e por fim, retorna ao ponto de partida (HILLIER; LIEBERMAN, 1990).

4. **Problema do Caixeiro Viajante com Janelas de Tempo (PCVJT):** pertence à classe NP-difícil, é uma variação do clássico problema do caixeiro viajante (SAVELSBERGH, 1985). Esse problema consiste em encontrar uma rota de custo mínimo iniciada e finalizada por exemplo, em uma cidade, em que um conjunto de clientes é visitado uma única vez. Assim, o caixeiro pode chegar antes do início da janela de tempo definida para cada cliente, porém só inicia a rota a partir do instante em que a janela começa. Esta janela de tempo é inflexível.
5. **Problema do Caminho Mínimo (PCM):** conforme Yu e Yang (1998) é um dos problemas combinatórios mais fundamentais e bem conhecidos e tem o objetivo de encontrar o caminho de comprimento mínimo entre qualquer par de vértices em um grafo.
6. **Problema do Caminho Mínimo Multiobjetivo (PCMM):** segundo Beke, Weiszer e Chen (2021), o PCMM em multigrafos pode ser decomposto em dois problemas NP-difíceis, o PCMM em grafos simples e o problema de seleção de arco de sequência fixa, em que a sequência de nós a ser percorrida é fixa, mas existem múltiplas arestas paralelas entre quaisquer nós vizinhos na sequência. Consequentemente, encontrar soluções exatas para um PCMM geralmente requer um tempo inaceitavelmente longo, em particular, em aplicações reais (SERAFINI, 1987).
7. **Problema de Roteamento de Veículos (PRV):** tem a finalidade de determinar rotas para uma frota de veículos para servir um conjunto de clientes (GOLDEN; WONG, 1981). De acordo com Toth e Vigo (2002), esse problema tem o intuito de percorrer os nós de um grafo, onde um nó representa o depósito com a finalidade de obter o custo mínimo. É considerado como NP-hard.
8. **Problema de Roteamento de Veículos com Janelas de Tempo e Múltiplos Entregadores (PRVJTME):** é uma especialização do Problema de Roteamento de Veículos com Janelas de Tempo, em que os veículos, ao invés de necessariamente parar em cada comprador (no CC, seriam o mesmo que passageiros) em sua rota, podem parar

em pontos estratégicos próximos a alguns compradores (PUREZA; MORABITO; REIMANN, 2012; ASSUNÇÃO, 2020).

9. **Problema de Discagem Dinâmica (PDDI):** é uma variante do Problema de Roteamento de Veículos com Coleta e Entrega (CHERIF-KHETTAF et al., 2015). Consiste em atender um conjunto de passageiros que especificam seus locais de origem e destino de acordo com uma frota de veículos. O passageiro define também o tempo de coleta desejado ou o tempo de entrega desejado, ou ambos (VALLÉE; OULAMARA; CHERIF-KHETTAF, 2020). O objetivo é projetar um conjunto de rotas de veículos com custo mínimo e que sejam capazes de atender a todas as demandas, conforme um conjunto de restrições. As restrições mais utilizadas dizem respeito à capacidade do veículo, a duração da rota e o tempo máximo de viagem, ou seja, o tempo gasto por um usuário no veículo.
10. **Problema de Planejamento de Viagem Multimodal (PVM):** soluciona viagens onde os passageiros podem realizar uma viagem de uma origem a um destino usando diferentes combinações de transporte público e caronas (HUANG et al., 2018). Normalmente, as redes de roteamento multimodal são construídas em redes estáticas, que consistem em rotas e paradas fixas (por exemplo, paradas de ônibus). O princípio básico das redes multimodais é a união das redes, onde diferentes redes de transporte são reunidas em um único gráfico.
11. **Problema do Planejamento de Rota Unificada para Mobilidade Compartilhada (PRUMC):** define rotas para cada motorista, ou seja, uma sequência de locais para embarque e desembarque de passageiros/encomendas que chegam dinamicamente, com diferentes objetivos de otimização (TONG et al., 2018).
12. **Problema do Emparelhamento Estável (PEE):** conforme McVitie e Wilson (1971), o PEE consiste em casar n homens e n mulheres de modo que não exista um par consistindo de um homem e uma mulher tal que cada um prefira o outro ao seu parceiro. Esse problema pode ser traduzido como o de achar um emparelhamento estável em um grafo bipartido com listas de preferências.
13. **Problema de Complementaridade Mista (PCMI):** é considerado como uma extensão de sistemas quadrados de equações não lineares que incorporam uma mistura de equações e desigualdades (MURPHY; PIERRU; SMEERS, 2016). Assim sendo, muitos problemas econômicos podem ser expressos como problemas de complementaridade.

-
14. **Problema de Otimização Estocástica (POE):** conforme (KALL; WALLACE; KALL, 1994), o POE é utilizado para modelagem de problemas de otimização sob incerteza. A programação estocástica engloba problemas de otimização em que alguns dos parâmetros são variáveis aleatórias com distribuição de probabilidade conhecida (BRILHANTE, 2019).
 15. **Problema do Grafo Bipartido (PGB):** é um problema modelado como um grafo bipartido. Conforme Itai, Papadimitriou e Szwarcfiter (1982) o grafo bipartido ou também conhecido como bigrafo é um grafo cujos vértices podem ser divididos em dois conjuntos disjuntos U e V tais que toda aresta conecta um vértice em U a um vértice em V ; ou seja, U e V são conjuntos independentes. Logo, um grafo bipartido não contém nenhum ciclo de comprimento ímpar (LIMA, 2017).
 16. **Problema de Localização de Facilidades (PLF):** segundo Shmoys, Tardos e Aardal (1997), no PLF, a finalidade é determinar o número de localidades ótimas, para um conjunto de locais candidatos, assim como a melhor distribuição para os clientes finais de modo que a demanda seja satisfeita com o menor custo possível. Este problema pertence à classe NP-hard devido a sua complexidade e ao extenso número de variáveis de decisão (GAREY; JOHNSON, 1979).
 17. **Problema da Mochila (PM):** é classificado como NP-difícil, embora existam outros métodos de solução altamente eficientes para instâncias de tamanhos razoáveis. Consiste em selecionar uma série de itens de um conjunto, de forma que o valor total seja maximizado. Cada item tem um peso e a soma dos pesos dos itens selecionados não pode exceder um determinado limite de capacidade (CHU; BEASLEY, 1998).
 18. **Problema de Correspondência Bipartida (PCB):** consiste em realizar uma correspondência em um grafo bipartido, em que um conjunto de arestas selecionadas de tal forma que duas arestas não compartilham um ponto final (LI et al., 2005). Assim, uma correspondência é definida como máxima quando um número máximo de arestas são consideradas. Pode haver mais de uma correspondência máxima para um determinado grafo bipartido.
 19. **Problema de Correspondência Bilateral (PCBI):** visa determinar os emparelhamentos, ou seja, conjuntos disjuntos de vértices de arestas do grafo (SAIP; LUCCHESI, 1993). O PCBI, em particular, no CC objetiva encontrar as correspondências máximas, ou seja, correspondências de cardinalidade máxima (WANG; JEFF; HUANG, 2019).

-
20. **Problema de Correspondência de Viagem com Janelas de Tempo (PCJT):** considera um conjunto de ofertas dos motoristas e as solicitações dos passageiros. Cada participante (motorista ou passageiro) especifica seu local de origem e destino. Ademais, os participantes informam um horário de partida mais cedo e a última hora de chegada para definir uma janela de tempo em cada local. Os motoristas definem o tempo máximo de viagem a distância de suas viagens e se eles estão dispostos a desviar para levar alguns passageiros (HERBAWI; WEBER, 2012; LIRA et al., 2020).
21. **Problema de Correspondência de Múltiplos Saltos (PCMS):** segundo Shah, Af-fendi e Qureshi (2020) um passageiro viaja com mais de um motorista, e é alocado de um motorista para outro nos pontos de coleta ao longo da rota para chegar ao seu destino final. Portanto, o problema trata do processo de correspondência entre cada passageiro a um conjunto de motoristas e produz planos de rota ou itinerários para os passageiros e os motoristas (XU et al., 2020).
22. **Problema do Deslocamento Diário (PDD):** aborda uma situação comum, o deslocamento diário de pessoas de casa para o local de trabalho. Segundo Guo e Sun (2019) o deslocamento acontece geralmente no horário da manhã e a estrada tem um gargalo com capacidade fixa. Se a taxa de chegada no gargalo exceder sua capacidade, uma fila se forma (congestionamento). Embora todos os participantes desejem chegar ao destino simultaneamente, isso não é fisicamente possível porque a capacidade do gargalo é finita. Portanto, alguns participantes podem decidir partir mais cedo ou mais tarde para evitar o custo de enfrentar congestionamentos.
23. **Problema do Despacho Econômico (PDE):** é um problema de otimização restrita em que o custo total deve ser minimizado. No contexto do CC, ao se ter um conjunto de rotas existentes, a finalidade é otimizar a rota segundo o tempo especificado. As restrições estão na forma de igualdades e desigualdades que precisam ser cumpridas ao resolver o problema de PDE.

2.3 RESTRIÇÕES CONSIDERADAS NO COMPARTILHAMENTO DE CARONAS

A correspondência entre motoristas e passageiros nos sistemas de compartilhamento de caronas deve ser realizada considerando as restrições impostas para viabilizar as alocações e

atender às preferências dos participantes. Assim, o compartilhamento de caronas possui algumas restrições sobre aspectos, tais como: custo de viagem, tempo de viagem e tempo de espera do passageiro (KRUEGER; RASHIDI; ROSE, 2016; BANSAL; KOCKELMAN; SINGH, 2016; BANSAL; KOCKELMAN, 2017; MOURAD; PUCHINGER; CHU, 2019). Definimos as restrições observadas nesta pesquisa como:

1. **Restrições de Alocação (RA):** limita o número máximo de passageiros ou motoristas que podem ser alocados em uma determinada viagem.
2. **Restrições de Roteamento (RR):** delimita a rota a ser construída, definindo a origem e o destino dos participantes e os pontos de coletas dos passageiros. São consideradas restrições importantes, pois auxiliam na organização das rotas dos veículos.
3. **Restrições de Tempo (RT):** especifica os limites de tempo das caronas, considerando os horários de saída e chegada que foram informados pelos participantes (motoristas e passageiros). Assim, o sistema deve realizar a correspondência conforme os horários desejados, mas o ideal é que os participantes obedeçam aos horários definidos pelo sistema. Para acomodar mais passageiros, os motoristas podem ser flexíveis, ou seja, podem desviar da sua rota planejada. Logo, pode ocorrer do passageiro ter um tempo extra de espera ou até mesmo ocorrer atrasos dos participantes.
4. **Restrições de Capacidade (RC):** indica a capacidade do veículo em uma viagem compartilhada, pois cada transporte tem o seu limite de capacidade. Esta restrição é decorrente do número de passageiros que podem ser alocados aos assentos vagos do veículo.
5. **Restrições de Despesas (RD):** restringe as despesas adquiridas na viagem, tais como: combustível, estacionamento, pedágio, dentre outros. O CC visa que a despesa individual de cada participante seja menor que do que ele gastaria ao andar sozinho ou de transporte público.
6. **Restrições de Sincronização (RS):** garante os aspectos de sincronização nos sistemas de compartilhamento de caronas. Existem várias categorias de sincronização como: tarefas, operação, movimento, carga e recursos. Por exemplo, a sincronização de movimento garante a transferência, no momento correto, de passageiros de um veículo para outro de acordo com seu destino. Assim, é necessária a sincronização da chegada e partida

dos veículos nos pontos de transferência para realizar a permuta entre veículos pelos passageiros.

2.4 MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO

Para solucionar os problemas de otimização existentes no compartilhamento de caronas, os pesquisadores usam métodos de otimização, que podem ser divididos em métodos exatos e heurísticos. A diferença entre os métodos é sobre o tipo de solução a ser encontrada. Os métodos exatos visam encontrar a solução ótima do problema, enquanto os métodos heurísticos visam encontrar uma solução satisfatória para o problema, que pode ser ou não a solução ótima. (HILLIER; LIEBERMAN, 1969; IZMAILOV; SOLODOV, 2007; COLIN, 2007). A seguir são definidas as principais técnicas de otimização:

1. **Programação Linear (PL):** modelo matemático, com variáveis numéricas, dirigido por uma função objetivo linear e sujeito a restrições lineares.

Para Graver (1975) alguns problemas reais requerem o uso de variáveis que assumem somente valores inteiros. Quando isto acontece tem-se um Problema de Programação Linear Inteira (PLI). Por outro lado, quando os modelos restringem algumas das variáveis inteiras para valores "0" ou "1" tem-se um problema de Programação Linear Binária (PLB). Estas variáveis são usadas para decisão: sim ("1") e não ("0").

Em suma, um problema de Programação Linear Inteira (PLI) é uma extensão do problema de PL, em que todas ou alguma(s) das suas variáveis são discretas, ou seja têm de assumir valores inteiros (ALVES; DELGADO, 1997). Porém, quando todas as variáveis são inteiras, estamos diante de um problema de Programação Linear Inteira Pura (PLIP); e se apenas algumas são inteiras trata-se de um problema de Programação Linear Inteira Mista (PLIM). Embora a Programação Inteira inclua também a Programação Não-Linear Inteira (PNLI), em praticamente todos os modelos da vida real se preserva a estrutura linear das funções (ROBERT; GEORGE, 1972; DANTZIG, 2016).

A aplicação da Programação Linear no CC ocorre na condição associada ao alcance de um objetivo. Este, no que lhe concerne, é resultante da alocação ótima dos participantes. Por isso caracterizamos a programação linear como uma técnica de otimização. No problema de otimização em CC, por exemplo, buscamos determinar a alocação ótima dos participantes em carona para atender as limitações de capacidades de cada veículo

e maximizar o total de participantes. Tanto a função de maximizar o número de participantes quanto as restrições de capacidade de cada veículo são representados por funções lineares. Neste exemplo, o solucionador do modelo matemático de PLI pode encontrar diversas combinações de alocação de passageiros, no entanto, apenas uma combinação é a mais proveitosa (i.e, a ótima).

2. **Modelo Matemático (MM):** é uma representação ou interpretação da realidade, ou uma interpretação de um fragmento de um sistema, segundo uma estrutura de conceitos mentais ou experimentais. Um MM apresenta apenas uma visão ou cenário de um fragmento do todo (MEYER, 2012).
3. **Programação Dinâmica (PD):** definida por Powell (2007), PD, consiste em procedimentos utilizados para resolver problemas descritos por uma função recursiva, que relaciona o valor de estar em um estado particular em um ponto no tempo para o valor dos estados seguintes em um novo ponto no tempo. Powell (2007), Campello (2002) definem a programação dinâmica como um método para resolver problemas de decisão sequencial ou com múltiplos-estágios relacionados. Logo, a solução dessa classe de problemas pode ser realizada a partir da subdivisão desses em problemas menores considerando apenas uma variável de decisão.
4. **Algoritmo de Ramificação e Limite (ARL):** em inglês, Branch and Bound, consiste em uma enumeração sistemática, em que a solução é encontrada através do particionamento do espaço de soluções. Nesta técnica, o assim o problema original é decomposto em subproblemas menores e utiliza como critério de descarte de solução os limites superior e inferior da quantia otimizada para selecionar as soluções viáveis para o problema (EFROYMSON; RAY, 1966).
5. **Algoritmo Árvore de Decisão (AAD):** transforma um problema em uma árvore de decisão representada por regras, que podem ser construídas com linguagem natural. Assim, o principal benefício do uso de AAD é sua capacidade de decompor processos complexos de tomada de decisão em representações mais simples, de modo que a tomada de decisão interprete melhor as soluções do problema, mapeando a forma dos dados (tabelas) em um modelo de árvore de decisão, convertendo a resolução em uma regra (TEHRANY; PRADHAN; JEBUR, 2013).

6. **Algoritmo Genético (AG):** conforme Michalewicz e Schoenauer (1996), AG é fundamentado na teoria de Darwin de evolução natural das espécies. O algoritmo começa com uma população de indivíduos gerados aleatoriamente (conjunto de soluções iniciais de um problema) e, em seguida, efetiva a avaliação de cada um (calcula a função objetivo). Depois, essa abordagem seleciona os “melhores” (aqueles cuja função objetivo tenha os maiores valores, se for um problema de maximização, ou menores valores para o caso de minimização) e promove manipulações genéticas, como cruzamento e mutação (consistem em perturbações das soluções escolhidas) de modo a criar uma população nova, a partir da qual se reinicia o processo iterativamente (MATHEW, 2012).
7. **Algoritmo Guloso (AGU):** também conhecido como ganancioso, consiste em uma sequência de passos e se baseiam na melhor escolha a cada passo, conforme um conjunto restrito de opções. Em outras palavras, o AGU escolhe o ótimo local a cada passo (ZHANG et al., 2000). Assim sendo, como o problema pertence à classe NP-completo ou NP-difícil, a estratégia gulosa torna-se atrativa para a obtenção de uma solução aproximada em tempo polinomial.
8. **Algoritmo de Busca Local (ABL):** define para cada solução, uma vizinhança formada por um conjunto de soluções com características “muito próximas”. De acordo com Ishibuchi e Murata (1996), dada uma solução atual, o algoritmo delimita e percorre a vizinhança da solução em busca de outra solução com valor menor (i.e., para um problema de minimização). Se a solução vizinha for encontrada, torna-se a nova melhor solução atual e o algoritmo continua. Caso contrário, a melhor solução atual é um ótimo local em relação à vizinhança adotada. Em síntese, segundo Voudouris, Tsang e Alsheddy (2010) ele pode ser definido como um método iterativo simples para encontrar boas soluções aproximadas. A ideia é a de tentativa e erro.
9. **Algoritmo Recozimento Simulado (ARS):** proposto por Kirkpatrick, Gelatt e Vecchi (1983) trata-se de uma técnica de busca local probabilística, fundamentada numa analogia com a termodinâmica. Conforme Laarhoven e Aarts (1987), essa meta-heurística é usada para criar operações mais complexas que trabalham com conjuntos de regras mais complicadas e desenvolve uma maior eficiência relacionada a seus objetivos. Usualmente, o ARS é aplicado em problemas de otimização combinatória, em um domínio discreto como, por exemplo, o PCV (BERTSIMAS; TSITSIKLIS, 1993). Logo, visa a otimização de

uma função objetivando determinar o valor mínimo de uma função objetivo (PEREIRA; VASCONCELOS, 2012).

10. **Algoritmo Pesquisa por Tabu (APT):** é também conhecido como busca por tabu. Segundo Glover (1989), o APT, é uma meta-heurística que realiza um procedimento adaptativo auxiliar, que guia um algoritmo de busca local na exploração contínua dentro de um espaço de busca classificado como NP-difícil. A partir de uma solução inicial, a cada iteração, o algoritmo busca a melhor solução na vizinhança, não trilhando movimentos que encaminhem o processamento às soluções já visitadas. Essas soluções visitadas ficam armazenados numa lista tabu. A lista permanece na memória guardando soluções já visitadas (tabu) durante um determinado espaço de tempo ou certo número de iterações (prazo tabu) (BATTITI; TECCHIOLLI, 1994).
11. **Metaheurística GRASP (GRASP):** desenvolvida por Feo e Resende (1995) trabalha iterativamente. Assim, cada iteração é composta por duas fases, a de construção, cujo objetivo é gerar uma solução inicial; e a fase de busca local, em que a solução inicial é aprimorada. As iterações da GRASP funcionam independentemente, ou seja, elas não consideram aquilo que foi criado e aprimorado na iteração anterior. O número de iterações depende de um critério de parada estabelecido por quem estiver usando-a, mas que normalmente corresponde ao número máximo de iterações determinadas a priori (SOARES et al., 2020).
12. **Algoritmo Otimização da Colônia de Formigas (AOCF):** é um modelo metaheurístico baseado em probabilidade, bastante aplicado para solucionar vários problemas de otimização NP-árduos (ALOISE et al., 2002). De acordo com Dorigo, Birattari e Stutzle (2006), o AOCF foi inspirado na observação do comportamento das formigas reais ao saírem de sua colônia para encontrar comida, ou seja, a busca pelo caminho mais curto. Portanto, o algoritmo tem como principal objetivo a otimização e a busca por soluções, em que as formigas reais são substituídas por *formigas artificiais* e o feromônio por *feromônio artificial*. As formigas artificiais são heurísticas probabilísticas construídas utilizando duas formas: a primeira, a trilha de feromônios (artificial) que muda dinamicamente durante a execução do algoritmo e a segunda que especifica o problema a ser resolvido (BLUM, 2005).
13. **Algoritmo de Clusterização (AC):** é uma técnica de mineração de dados multiva-

riados que por métodos numéricos e a partir somente das variáveis de cada caso, tem por objetivo agrupar automaticamente por aprendizado não supervisionado os n casos da base de dados em k grupos, geralmente disjuntos denominados clusters ou agrupamentos (LIKAS; VLASSIS; VERBEEK, 2003). De acordo com Xu e Wunsch (2005), a ideia principal do AC é que dados que componham um mesmo cluster devem apresentar alta similaridade (i.e., os dados sejam parecidos e/ou tenham um padrão similar). No entanto, eles devem ser dissimilares de objetos de outros clusters. Em outras palavras, a clusterização é realizada com objetivo de maximizar a homogeneidade dentro de cada cluster e maximizar a heterogeneidade entre clusters.

14. **Algoritmo de Dijkstra (AD):** é um dos algoritmos que calcula o caminho de custo mínimo entre vértices de um grafo, segundo Barbehenn (1998), ao escolher um vértice como raiz da busca, este algoritmo calcula o custo mínimo deste vértice para os demais vértices do grafo. O AD é bastante simples e com um bom nível de desempenho. Contudo, não garante a exatidão da solução caso haja a presença de arcos com valores negativos (SNIEDOVICH, 2006).
15. **Algoritmo de Bellman-Ford (ABF):** Goldberg e Radzik (1993) define o ABF como um algoritmo de busca de caminho mínimo em um grafo. Todavia, diferentemente do AD, as arestas podem ter peso negativo. O ABF utiliza a técnica de relaxamento, ou seja, realiza sucessivas aproximações das distâncias até finalmente chegar na solução. Outra diferença entre Dijkstra e Bellman-Ford é que AD usa uma fila de prioridades para selecionar os vértices a serem relaxados, enquanto o algoritmo ABF simplesmente relaxa todas as arestas.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou uma base teórica necessária para o entendimento desta pesquisa. Desta maneira, explanamos os conceitos e as características relacionadas aos sistemas de compartilhamento de caronas, aos problemas de otimização, às restrições existentes, detalhamos métodos, técnicas e algoritmos utilizados para solucionar as problemáticas do CC.

No próximo capítulo será apresentado a metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, à sua classificação, ciclo de desenvolvimento e detalhes do planejamento do MS

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve a metodologia utilizada na condução da presente pesquisa, ou seja, detalha as fases, etapas e os critérios estabelecidos. O conhecimento sobre o método de investigação empregado possibilita a validação dos resultados obtidos com essa investigação, além da replicação e expansão da pesquisa por outros pesquisadores.

As próximas seções deste capítulo estão organizadas da seguinte maneira: primeiramente, é exibida a classificação da pesquisa conforme a classificação científica da metodologia aplicada e exibida. Então, esse capítulo apresenta as fases da pesquisa que foram executadas para a condução do MS proposto nesta pesquisa. E, por fim as considerações finais são mostradas por meio de um breve resumo dos tópicos apresentados neste capítulo.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa foi classificada de acordo com três aspectos: método de abordagem, método de procedimento e a natureza das variáveis. O Quadro Metodológico - Quadro 1 exibe os aspectos e os respectivos valores adotados para classificar essa pesquisa.

Quadro 1 – Quadro Metodológico

Quadro Metodológico	
Método de Abordagem	Indutivo
Método de Procedimento	Estudo de Mapeamento Sistemático
Natureza das Variáveis	Qualitativa

Fonte: Autoria própria.

O método de abordagem desta pesquisa é de caráter indutivo, pois se trata de uma pesquisa investigativa fundamentada em dados de natureza qualitativa. Nesta pesquisa os dados foram coletados através de um mapeamento sistemático da literatura. Por essa perspectiva, esta pesquisa se enquadra na classe de estudos indutivos, dado que a abordagem indutiva conforme Lakatos e Marconi (2003), consiste em um processo mental por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Ainda conforme o mesmo autor, ao utilizar essa abordagem, é importante considerar três etapas fundamentais:

- **Observação dos Fenômenos:** os fatos ou fenômenos são observados e analisados visando a descoberta das causas de sua manifestação;
- **Descoberta da relação entre os fenômenos:** através da comparação busca-se aproximar os fatos ou fenômenos com o intuito de identificar a relação constante existente entre eles;
- **Generalização da relação:** etapa onde ocorre a generalização da relação encontrada entre os fenômenos e fatos similares.

Quanto ao método de procedimento adotou-se o Estudo de Mapeamento Sistemático, em vez da Revisão Sistemática da Literatura que investiga tópicos específicos de uma determinada área de pesquisa (KITCHENHAM, 2004), o MS é utilizado segundo Petersen et al. (2008) para realizar investigações sobre uma determinada área em uma perspectiva geral. Desta maneira, a pesquisa desenvolvida neste trabalho está em conformidade com o tipo de estudo adotado, visto que aborda os problemas de otimização no CC, detalhando métodos, técnicas, algoritmos, ferramentas e instâncias de otimização visando fornecer informações relevantes sobre o tema de pesquisa investigado.

Em relação à natureza dos dados adotados nesta pesquisa, ela se caracteriza como uma pesquisa predominantemente qualitativa, pois evidencia uma visão significativa a respeito do tema adotado através da extração dos dados, análise detalhada e da classificação das informações, além de considerar a interpretação do contexto, conforme os dados obtidos (MARCONI; LAKATOS, 2012; CRESWELL JOHN W, 2017). Além disso, esta pesquisa não emprega procedimentos estatísticos para produzir os resultados (HOEPFL et al., 1997).

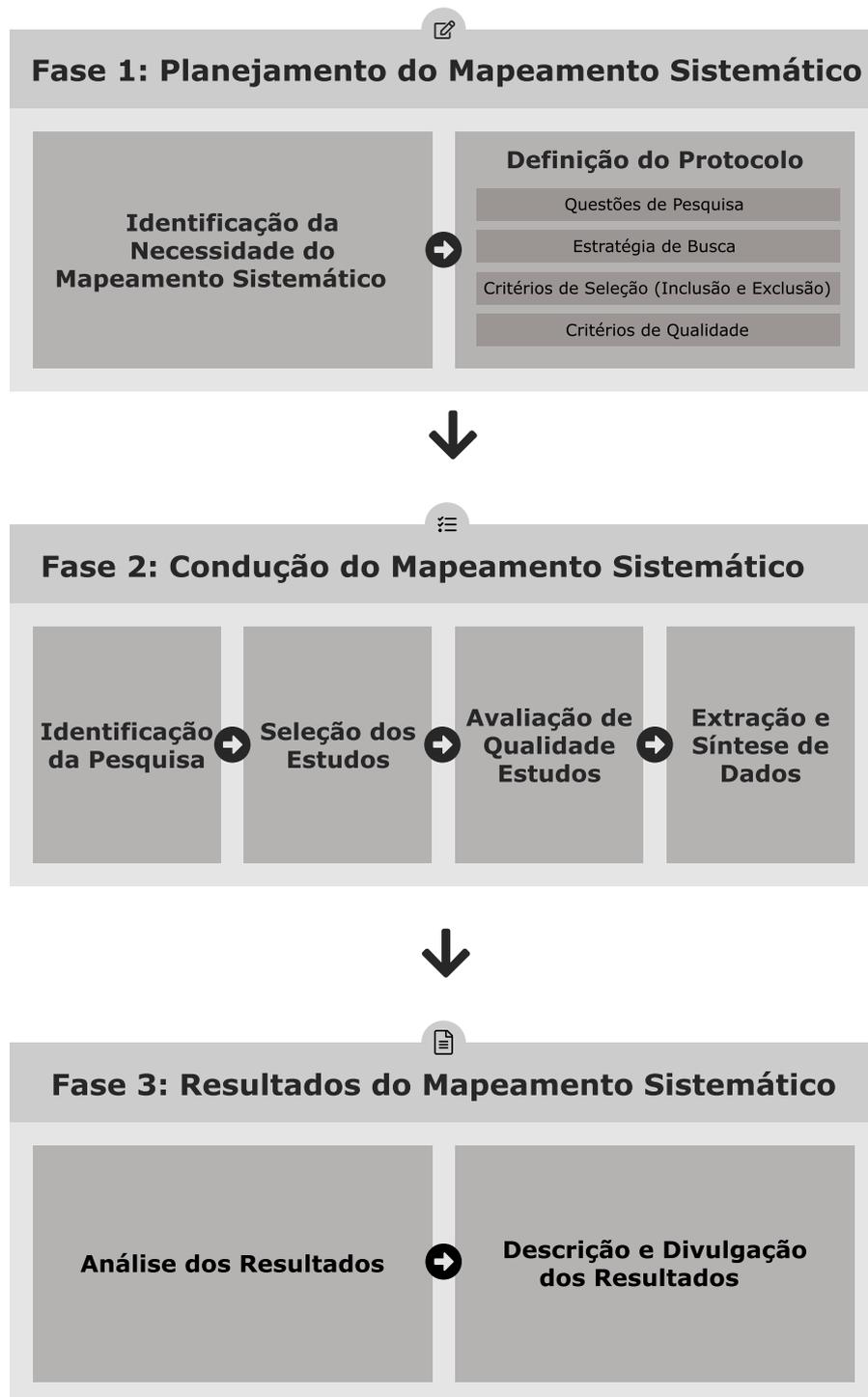
Portanto, no que diz respeito a classificação desta pesquisa através dos métodos de procedimento apresentados anteriormente, essa pesquisa é identificada como de natureza exploratória por englobar questões de pesquisas investigativas.

3.2 FASES DA PESQUISA

O Mapeamento Sistemático da Literatura proposto foi estruturado segundo as diretrizes definidas por (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). A pesquisa encontra-se dividida em três fases principais, como mostra a Figura 1. A primeira fase consiste no planejamento, onde os objetivos e o protocolo do MS são elaborados. A segunda fase consiste na condução do MS conforme

as etapas definidas no protocolo. A última fase diz respeito à elaboração do relatório, expondo uma visão geral da pesquisa realizada. Portanto, o desenvolvimento do MS proposto estruturase nestas três fases e elas são detalhadas nas seções a seguir.

Figura 1 – As Fases da Condução do Mapeamento Sistemático



Fonte: Autoria própria.

3.2.1 Fase 1: Planejamento do Mapeamento Sistemático

Esta fase se divide em duas etapas. A primeira refere-se à identificação da necessidade de realizar um mapeamento sistemático e a segunda corresponde à elaboração do protocolo.

3.2.1.1 Etapa 1: Identificação da Necessidade do Mapeamento Sistemático

Os estudos sobre CC têm ganhado destaque na literatura diante dos benefícios econômicos, ambientais e sociais que essa prática proporciona. Diante destes benefícios, a demanda por otimização em métricas atreladas a tais benefícios motiva a realização de pesquisas para solucionar problemas de otimização em CC. Todavia, constatou-se que, ainda que haja artigos de revisões da literatura a respeito destes problemas, não é identificado a existência de um mapeamento sistemático sobre problemas de otimização em CC, pois os estudos encontrados sendo eles: Agatz et al. (2012), Furuhata et al. (2013) e Mourad, Puchinger e Chu (2019) não realizam procedimentos metodológicos para seleção dos estudos considerados em suas pesquisas. Portanto, o objetivo principal desta pesquisa é analisar artigos que abordem os problemas de otimização, mas que, além disso, utilizem métodos, técnicas, ferramentas e instâncias de otimização para solucionar os problemas existentes no CC.

A última revisão literária sobre otimização em CC foi realizada por Agatz et al. (2012). Diante disso, esta revisão abordou estudos publicados a partir de 2012, assim observa-se a necessidade de expandir esse corpus, buscando outros estudos divulgados entre os anos de 2012 e 2020.

Após realizar uma busca inicial sobre artigos relacionados à otimização em CC para o período de 2012 a 2020, obtivemos 4.743 artigos. Esse grande número de referências nos remete a adoção de uma metodologia sistemática para extrair e analisar os artigos relevantes para responder perguntas importantes da área estudada.

Além disso, percebe-se a necessidade de uma melhor classificação dos estudos, visto que as pesquisas existentes categorizam os artigos apenas em métodos exatos e heurísticos. Assim, propomos uma classificação que considere mais critérios, tais como: função objetivo, restrições, técnicas, algoritmos, ferramentas e instâncias utilizadas na resolução de problemas de CC.

Por estas razões, foi identificada a necessidade da construção de um MS sobre otimização em CC. O MS proposto traz diversas análises e direcionamentos sobre os problemas de otimização existentes, visando auxiliar pesquisadores na proposição de estudos sobre otimização

em compartilhamento de caronas.

3.2.1.2 Etapa 2: Definição do Protocolo

Esta é umas das etapas mais importantes para o MS, visto que o protocolo deve ser estabelecido antes mesmo de se iniciar a condução do mapeamento sistemático (ERICSSON; SIMON, 1984). No protocolo, são definidas as questões de pesquisa, as estratégias de busca e os critérios de inclusão e de exclusão. Estes critérios auxiliam na seleção dos estudos relevantes e no descarte de estudos irrelevantes para a pesquisa. Além disso, nesta etapa definimos também os critérios de qualidade. O protocolo estabelecido para a condução desta pesquisa encontra-se no Apêndice A.

3.2.2 Fase 2: Condução do Mapeamento Sistemático

Nesta fase são realizadas as ações determinadas na Etapa de Desenvolvimento do Protocolo (Etapa 1 da Fase 2). Conforme Kitchenham (2004), nesta fase são realizados os seguintes procedimentos: identificar as fontes de pesquisa relevantes como, por exemplo, revistas, conferências e bases de dados; selecionar os estudos primários adequados, ou seja, aqueles que contribuem para a área abordada; avaliar a qualidade dos estudos, extraíndo os dados necessários para investigar cada questão de pesquisa levantada; e sintetizar os dados extraídos.

3.2.2.1 Etapa 1: Identificação da Pesquisa

Esta etapa tem como objetivo descrever o processo de elaboração das questões de pesquisa. Desse modo, é essencial a elaboração das questões de pesquisa, pois elas direcionam a investigação. Com respeito à formulação de tais questões, Kitchenham e Charters (2007) recomendam utilizar a estrutura PICOC (Population, Intervention, Context, Outcomes, e Comparison), termos que, em Português, podem ser traduzidos por: população, intervenção, contexto, resultados e comparação.

Porém, Petticrew e Roberts (2008), indicam que essa estrutura não está em conformidade com os estudos de natureza ampla e exploratória. Estes autores com relação à realização de um MS, é necessário considerar apenas a “população” e a “intervenção”, pois ao contrário das Revisões Sistemáticas, um Estudo de Mapeamento Sistemático não se destina a responder

uma questão de investigação detalhada. Dessa forma, na presente pesquisa, consideramos os dois pontos de vista indicados, abaixo:

- **População:** corresponde aos indivíduos ou registros do tópico de pesquisa (por exemplo, estudos relacionados ao CC);
- **Intervenção:** refere-se às abordagens e métodos alternativos ao problema e/ou à sua comparação (por exemplo, métodos, ferramentas e técnicas de otimização usados para resolver os problemas em CC).

O Compartilhamento de Caronas é repleto de problemas de otimização, os quais a apresentam particularidades em relação à função objetivo e às restrições. Além disso, existem vários métodos, técnicas, ferramentas e instâncias utilizados para resolver cada problema de CC. Em vista disso, para explorar o contexto abordado, essa pesquisa visa responder às seguintes perguntas:

- Q1. Quais problemas de otimização em compartilhamento de caronas estão sendo abordados?
- Q2. Quais são as restrições e funções objetivo consideradas em problemas de otimização em compartilhamento de caronas?
- Q3. Quais são os principais métodos, técnicas, algoritmos, ferramentas e instâncias utilizadas em problemas de otimização de compartilhamento de caronas?
- Q4. Quais indivíduos e organizações são mais ativos em estudos sobre problemas de otimização em compartilhamento de caronas?
- Q5. Quais são os estudos sobre problemas de otimização em compartilhamento de carona que abordam aspectos como "preocupações sociais e de privacidade", "ponto de encontro", "transporte público" e "veículos autônomos"?

3.2.2.2 Etapa 2: Seleção dos Estudos

Na Etapa 2, os estudos são selecionados através das strings de busca. Estas strings são determinadas por meio da combinação das palavras-chave sinônima de forma exaustiva. Dessa forma, todas as palavras-chave são contempladas na busca, evitando que artigos relevantes passem despercebidos.

De acordo com Spanos e Angelis (2016), a determinação das strings de busca passa por um procedimento iterativo iniciado com a realização testes de busca usando palavras-chave retiradas dos artigos que abordam o contexto investigado nesta pesquisa. Ainda segundo os autores, o procedimento para determinar as strings de busca termina quando um conjunto inicial de artigos já conhecidos é encontrado pela busca efetuada. Dessa forma, a estratégia de busca adotada neste MS foi a busca automática em fontes de dados. A busca automática é definida como uma pesquisa efetuada a partir de uma string busca. A construção das strings de busca nesta pesquisa foi realizada a partir dos seguintes processos:

1. Investigação dos artigos relevantes no contexto de CC e da extração das suas palavras-chave;
2. As perguntas de pesquisa foram formuladas conforme a estrutura PICOC, considerando a “população” e “intervenção”;
3. Identificou-se os sinônimos dos termos principais;
4. Utilizou-se os conectores booleanos (AND e OR) para realizar a interconexão entre os termos;
5. Realizou-se a verificação das strings de busca formuladas, as quais foram adaptadas e executadas nas fontes de dados consideradas nesta pesquisa.

Conforme indicado por Dybaa e Dingsoyr (2008), adotamos termos de busca abrangentes para incluir o maior número possível de estudos, e conseqüentemente, evitar a exclusão de artigos relevantes. Após a realização dos processos definidos anteriormente, a string de busca geral estabelecida foi:

STRING DE BUSCA GERAL
“ridesharing” OR “ride-sharing” AND “optimal” OR “optimization” OR “optimisation” OR “minimizing” OR “maximizing” OR “solving”

Fonte: Autoria própria.

Devido às particularidades das fontes de dados de busca automática, adaptamos a string de busca geral para cada base de dados. A Tabela 1 mostra as strings de busca adaptadas.

Tabela 1 – Fonte de Publicações por Fator de Impacto

Fontes de Busca	Strings de Busca
Engineering Village	("ridesharing"OR "ride-sharing"AND {"optimal"OR "optimization"OR "optimisation"OR "minimizing"OR "maximizing"OR "solving"})
Google Scholar	"ridesharing" OR "ride-sharing" AND "optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving"
IEEEXplore	("ridesharing" OR "ride-sharing") AND ("optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving")
Science Direct	((("ridesharing") OR ("ride-sharing") AND ("optimal") OR ("optimization") ("optimisation") OR ("minimizing") OR ("maximizing") OR ("solving"))
Scopus	"ridesharing" OR "ride-sharing" AND "optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving"
Springer	"ridesharing" OR "ride-sharing" AND "optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving"
Web of Science	ST = ("ridesharing" OR "ride-sharing" AND "optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving")

Fonte: Autoria própria.

Para o processo de seleção dos artigos também é necessária a definição dos critérios de inclusão e de exclusão. Os critérios de inclusão são utilizados no processo de seleção para refinar

os artigos encontrados, mantendo-se apenas, dessa forma, os que serão considerados para a condução da pesquisa. Nesse sentido, algumas das limitações que podem ser identificadas são, por exemplo: o contexto específico, o idioma e o limite do período a ser analisado. Quantos aos critérios de exclusão dos estudos, eles se referem aos artigos que serão desconsiderados. Os critérios adotados para o MS proposto foram os seguintes:

Critérios de Inclusão (CI)

- CI1. Artigos que usam métodos, técnicas, ferramentas e instâncias de otimização para solucionar problemas em compartilhamento de caronas;
- CI2. Artigos escritos em Inglês;
- CI3. Artigos publicados no período de 2012 a 2020.

Critérios de Exclusão (CE)

- CE1. Artigos fora do escopo das questões de pesquisa consideradas;
- CE2. Artigos curtos (short-papers); publicações de demonstração, estudos disponibilizados somente como resumos e/ou apresentações em PowerPoint; teses; e relatórios técnicos;
- CE3. Artigos indisponíveis gratuitamente nas bases de dados consideradas.

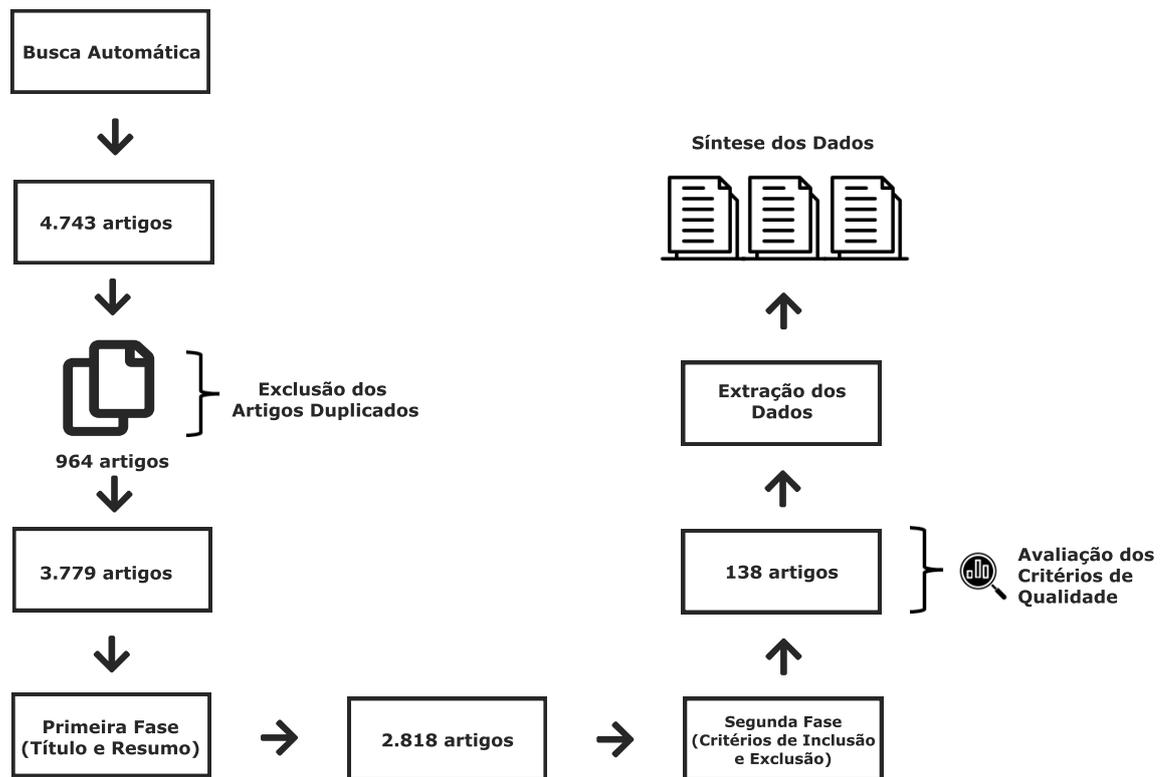
Como critérios de inclusão, temos o CI1 definindo que os artigos selecionados devem utilizar métodos, técnicas, ferramentas e instâncias de otimização para solucionar problemas em CC, essa definição estabelecida visa atender o objetivo geral dessa pesquisa. O critério CI2 restringe que apenas artigos em inglês sejam avaliados, dado que o inglês é considerada uma língua universal. Já o critério CI3 é determinado conforme observado na última revisão literária sobre otimização em CC que foi realizada por AGATZ et al. no ano de 2012. Diante disso, este mapeamento englobou artigos publicados a partir de 2012, pois verificou a necessidade de expandir esse corpus, assim somente artigos divulgados entre os anos de 2012 a 2020 podem ser selecionados.

Em relação os critérios de exclusão, o critério CE1 é definido conforme as questões de pesquisa consideradas, pois caso o artigo não aborde sobre as questões definidas nessa pesquisa, este artigo é removido. o critério CE2, diz respeito ao tipo de estudo considerado nessa pesquisa, assim só é selecionado artigos, logo a literatura cinzenta é descartada no processo

de seleção dos estudos. Por fim, o critério CE3, em que essa pesquisa só considera artigos que estão disponíveis gratuitamente nas fontes de dados consideradas. Portanto, o critério CE3 visa facilitar a replicação dessa pesquisa realizada.

Ao executar as strings de busca, 4.743 artigos foram selecionados inicialmente. Desses, por estarem duplicados, 964 artigos foram eliminados. Em seguida, iniciou-se o processo de análise, o que foi feito a partir da leitura do título e do resumo de cada um dos trabalhos. Logo após, realizou-se a segunda análise, considerando-se os critérios de inclusão e de exclusão estabelecidos. Por fim, procedeu-se à terceira análise, a qual pode ser descrita como a mais detalhada, visto que realizou-se a leitura dos artigos por completo, de modo a encontrar as evidências das questões de pesquisas levantadas. Essa etapa resultou em 138 artigos. Por fim, após a seleção dos estudos relevantes, foi efetuada uma avaliação da qualidade dos artigos. O processo de seleção dos artigos foi realizado conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Processo de Seleção dos Estudos



Fonte: Autoria própria.

3.2.2.3 *Etapa 3: Avaliação da Qualidade do Estudo*

Para Kitchenham et al. (2009), a avaliação da qualidade dos artigos é importante, tendo em vista que esse procedimento analisa e verifica a alta qualidade do nível dos artigos incluídos em um MS. Em conformidade com essa colocação, Khan et al. (2001) afirmam, em seu estudo, que as avaliações da qualidade são consideradas como um processo que determina a credibilidade dos estudos e uma maneira de atribuir notas ao conteúdo gerado. Visando que as questões avaliativas examinam as pesquisas com intuito de minimizar o viés da pesquisa. Os Critérios de Avaliação (CA) para averiguar a qualidade dos estudos são definidos pelas seguintes perguntas:

- CA1. A publicação descreve claramente as técnicas de otimização utilizadas para solucionar o(s) problema(s) de compartilhamento de caronas abordado(s)?
- CA2. As restrições do(s) problema(s) de otimização em compartilhamento de caronas abordado(s) estão claramente definidas?
- CA3. As instâncias utilizadas nos experimentos estão claramente descritas?
- CA4. O software e/ou linguagem de programação utilizados são claramente especificados?
- CA5. O ambiente de teste usado nos experimentos está claramente definido?

O procedimento da avaliação da qualidade realizado define três possibilidades de resposta e três pontuações atribuídas, respectivamente, a elas. Dessa forma, se estabelece como: “Sim”, se o estudo claramente respondeu à pergunta; “Parcialmente”, se as respostas forem implícitas ou se puderem ser inferidas pelo leitor; ou “Não”, se o estudo não abordou a questão evidenciada. Quanto à pontuação de qualidade, ela é definida, para cada questão, por: Sim = 1; Parcialmente = 0,5; e Não = 0. Ao final, a pontuação geral de uma publicação é calculada pelo somatório de todas as pontuações de qualidade recebidas.

3.2.2.4 *Etapa 4: Extração e Síntese de Dados*

Esta etapa consiste na avaliação das informações extraídas da amostra final dos artigos. Dentre elas, são considerados conteúdos relevantes os que fornecerem respostas às questões de pesquisa levantadas. Para a organização e controle de versão, um formulário foi criado

no Google Planilhas e preenchido. Os campos usados para mapear as informações, foram os seguintes:

1. Título da Publicação: título original da publicação;
2. Resumo da Publicação: resumo da publicação;
3. Fonte de Busca: fonte de busca onde o artigo foi encontrado;
4. Palavras-chave: as palavras-chave encontradas no artigo;
5. Autores: nome do autor principal;
6. Ano de Publicação: ano em que o artigo foi publicado;
7. Afiliação: afiliação do autor principal (primeira organização creditada no documento);
8. País de Publicação: localização da principal afiliação;
9. Fonte da Publicação: nome da fonte onde o artigo foi publicado originalmente;
10. Tipo de Fonte de Publicação: o tipo de fonte onde o estudo foi encontrado (R=Revista, C=Conferência, W=Workshop e S=Simpósio);
11. Fator de Impacto: o fator impacto (índice reconhecido internacionalmente, utilizado para medir a relevância das publicações);
12. Abordagem de Alocação: o tipo de alocação feita para compartilhamento de caronas (E=Estático ou D=Dinâmico);
13. Problema de Otimização: o problema de otimização abordado no estudo;
14. Restrições de Alocação (RA): as restrições de alocação de participantes consideradas no problema de otimização;
15. Restrições de Roteamento (RR): as restrições de roteamento consideradas no problema de otimização;
16. Restrições de Tempo (RT): as restrições de tempo consideradas no problema de otimização;
17. Restrições de Capacidade (RC): as restrições de capacidade consideradas no problema de otimização;

-
18. Restrições de Despesas (RD): as restrições de despesas consideradas no problema de otimização;
 19. Restrições de Sincronização (RS): as restrições de sincronização consideradas no problema de otimização;
 20. Função Objetivo: as funções objetivo consideradas no problema de otimização;
 21. Preocupações Sociais e de Privacidade: o estudo aborda questões como privacidade, segurança e desconforto social para realizar o compartilhamento de caronas?
 22. Pontos de Encontro: o estudo considera a utilização de pontos de encontro para realizar o compartilhamento de caronas?
 23. Integração com o Transporte Público: o estudo contempla a integração do transporte público com compartilhamento de caronas?
 24. Veículos Autônomos: o estudo considera o veículo como autônomo para realizar o compartilhamento de caronas?
 25. Método: método de otimização apresentado ou utilizado pelos autores (E=Exato, H=Heurística, EH=Exato e Heurística);
 26. Técnicas: técnicas utilizadas para implementar o método principal, por exemplo, LP (Programação Linear), AOCF (Algoritmo Otimização da Colônia de Formigas) e GA (Algoritmo Genético);
 27. Critério de Otimização: critério de otimização apresentado ou utilizado pelos autores (U= Único objetivo e M=Multi-objetivo);
 28. Software/Linguagem de programação: o software e/ou linguagem de programação utilizada pelos autores;
 29. Resultados Experimentais: o estudo apresenta resultados experimentais?(S=Sim, N=Não);
 30. Instâncias de Testes: indicação dos artigos de onde foram obtidas as instâncias avaliadas no experimento.

3.2.3 Fase 3: Resultados do Mapeamento Sistemático

A última fase envolve a documentação da pesquisa concluída, adequadamente estruturada, com os resultados esperados. Esses resultados apresentam uma visão geral da área abordada, assim como os principais problemas de otimização utilizados para formular os obstáculos reais do CC. Além disso, essa terceira fase exhibe os métodos, as técnicas, os algoritmos, as ferramentas e as instâncias de otimização empregados para solucionar problemas em CC.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, descrevemos a metodologia aplicada na pesquisa proposta, além do detalhamento das fases executadas. A partir desta exposição espera-se conseguir a validade científica para conceder a confiabilidade da investigação e as evidências relacionadas a ela, possibilitando sua replicação e a expansão por outros pesquisadores, além da validação dos resultados obtidos.

No próximo capítulo, serão descritos os resultados do mapeamento sistemático proposto com as evidências das questões de pesquisas levantadas.

4 RESULTADOS

Neste capítulo, apresentamos as análises sobre os resultados obtidos pelo Mapeamento Sistemático. A partir disso, abordamos os problemas de otimização existentes em compartilhamento de caronas e a evolução das pesquisas que compõem a literatura a respeito.

4.1 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS

Para o mapeamento sistemático realizado nessa dissertação, foram analisados 138 trabalhos publicados no contexto de otimização em compartilhamento de carona. O processo de seleção ocorreu durante o período de outubro de 2020 até junho de 2021.

Para a condução desse mapeamento, primeiramente identificou-se a necessidade de realizar a pesquisa proposta e, em seguida, iniciou-se a elaboração do protocolo de pesquisa, o qual é apresentado no Apêndice A deste trabalho. Depois disso, para a seleção dos artigos relevantes, foi feita a execução das buscas automatizadas, procedimento realizado através das strings apresentadas na Seção 3.

A execução da busca automática retornou 4.743 estudos primários para o período de 2012 a 2020, resultados registrados no Google Planilhas para o controle de versionamento das etapas efetivadas. Dessa maneira, após a exclusão dos 964 estudos repetidos, obtivemos o primeiro resultado parcial, com 3.779 estudos (Resultado Parcial 1). Posteriormente, foi realizada a leitura do título e do resumo de cada um dos artigos e, com a eliminação daqueles que foram julgados como irrelevantes para os objetivos deste mapeamento, obteve-se um total de 2.818 estudos (Resultado Parcial 2).

Para a condução da segunda fase das análises dos artigos, foram considerados os critérios de inclusão e de exclusão estabelecidos, etapa que resultou em 138 artigos (Resultado Final). Por fim, com respeito à última fase realizou-se uma leitura completa do conjunto final de artigos, considerando as questões de pesquisa levantadas, para a extração dos dados necessários.

Para a organização dos estudos selecionados, criou-se uma tabela, a qual é apresentada no Apêndice B, em que cada estudo recebeu um código identificador único EP[X], sendo EP a abreviação para Estudo Primário e [X] uma sequência numérica, iniciada em 001, de modo a servir de referência em todo mapeamento sistemático.

A seguir, serão apresentadas informações relativas à distribuição temporal, às fontes de

buscas, às fontes de publicação, ao tipo de fonte de publicação, aos estudos mais citados, às palavras-chave encontradas e ao mapeamento das evidências que abordam os resultados das questões consideradas nessa pesquisa e discutidas nesse documento.

4.1.1 Distribuição Temporal

A distribuição temporal dos estudos selecionados fornece uma visão geral da evolução da área pesquisada ao longo dos anos. A Figura 3 ilustra a distribuição temporal dos artigos selecionados, referentes às publicações que utilizam métodos de otimização para solucionar problemas em compartilhamento de caronas.

Desta maneira, é possível observar uma progressão dos estudos com o decorrer dos anos. Os resultados da Figura 3 mostra que, inicialmente, no ano de 2012, havia poucos artigos relativos a essa área. No entanto, é perceptível o interesse dos pesquisadores sobre o tema após o ano de 2013, quando ocorre um notável crescimento do número de publicações. Entre 2014 e 2017 constatou-se uma média de 11 trabalhos publicados por ano. Já o ano de 2018 resultou em 31 publicações, sendo o maior número encontrado no período adotado. Por fim, os anos de 2019 e 2020 apresentaram 26 e 28 publicações respectivamente. A Tabela 5 apresentada no Apêndice B traz uma relação completa dos artigos selecionados e publicados em cada ano.

Figura 3 – Distribuição Temporal dos Artigos

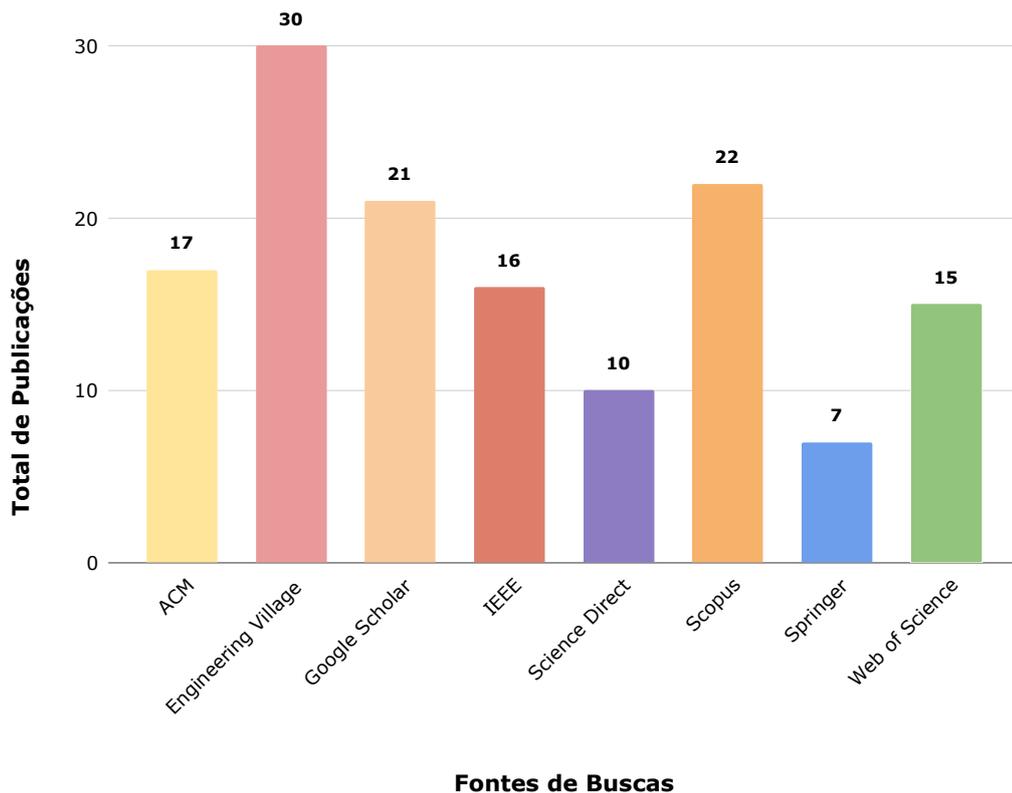


Fonte: Autoria própria.

4.1.2 Fontes de Buscas

Esta seção expõe a distribuição dos estudos quanto às fontes de busca automatizadas, evidenciando a relevância de cada uma delas durante a seleção de trabalhos empreendida ao longo do mapeamento proposto e aqui descrito. As buscas foram realizadas nas oito fontes definidas para esta pesquisa, as quais permitiram chegar aos 138 artigos como Resultado Final. A Figura 4 exibe a distribuição dos artigos selecionados por fonte de busca. Assim, é possível notar que a Engineering Village apresenta o maior número de publicações para o período escolhido, com um total de 30 trabalhos. Quanto às outras fontes, temos: 22 publicações encontradas na Scopus; 21 na Google Scholar; 17 na ACM; 16 na IEEE; 15 na Web of Science; 10 na Science Direct; e 7 na Springer.

Figura 4 – Total de Publicações por Fontes de Buscas



Fonte: Autoria própria.

4.1.3 Fontes de Publicação

Ranqueamos as fontes de publicação levantadas em nosso mapeamento sistemático para identificar as fontes de publicação mais relevantes. O ranqueamento foi estabelecido segundo o fator de impacto da fonte de publicação. O fator de impacto é uma métrica padrão utilizada para qualificar fontes de publicação. A Tabela 2 lista as 15 fontes de publicação mais relevantes segundo o fator de impacto de cada uma delas. Como podemos observar, a fonte de publicação com maior fator de impacto diz respeito à revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* e a de menor impacto corresponde ao periódico *Transportation research part E: logistics and transportation review*, sendo a primeira uma revista interdisciplinar, já a segunda condiz com contexto abordado nesta pesquisa, pois se trata de uma revista que abrange estudos sobre logística e políticas de transporte.

Tabela 2 – Fonte de Publicações por Fator de Impacto

Fonte	Tipo de Fonte	Fator de Impacto
Proceedings of the National Academy of Sciences	Revista	9.351
Journal of Cleaner Production	Revista	8.304
Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	Revista	8.137
Symposium on Theory of Computing	Simpósio	7.24
Transactions on Vehicular Technology	Revista	6.655
Transactions on Intelligent Transportation Systems	Revista	6.319
Transportation Research Part C: Emerging Technologies	Revista	6.077
Transportation Research Part B: Methodological	Revista	5.941
Conference on Genetic and Evolutionary Computation	Conferência	5.805
Computers, Environment and Urban Systems	Revista	5.720

continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

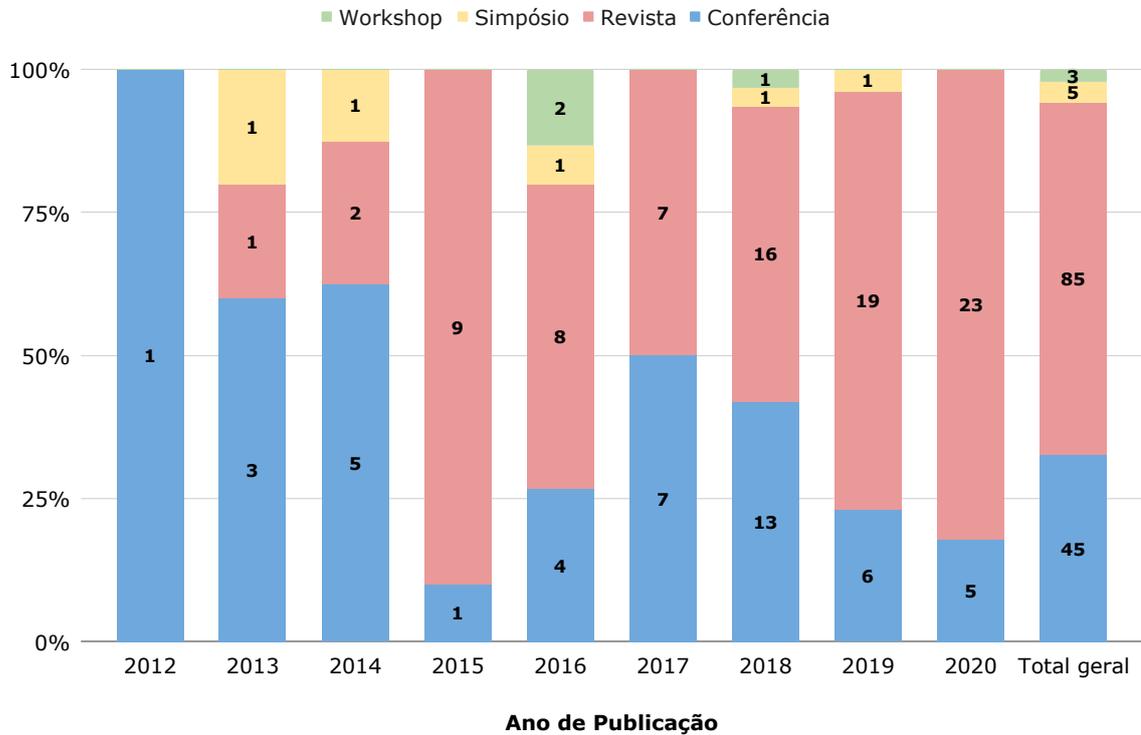
Fonte	Tipo de Fonte	Fator de Impacto
International Conference on Management of Data	Conferência	5.610
Expert Systems with Applications	Revista	5.452
Transportation Research Part A: Policy and Practice	Revista	5.055
Computers and Operations Research	Revista	4.884
Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review	Revista	4.690

Fonte: Autoria própria.

4.1.4 Tipo de Fonte de Publicação

Analisando a evolução das publicações conforme o tipo de fonte de publicação, chegou-se à elaboração da Figura 5, a qual exibe a distribuição dos estudos selecionados conforme o período adotado. Verificamos que, na última década, a quantidade de publicações teve um aumento considerável. Entre os anos de 2012 e 2014, averiguamos um maior percentual de artigos publicados em conferências, resultando em 8 estudos. A partir do ano de 2015 já observamos um elevado número de publicações em periódicos, totalizando 9 em 2015, além de uma publicação em conferência. No ano de 2016, encontramos pela primeira vez, os 4 tipos de fonte em um mesmo ano, ocorrendo 8 publicações em revistas, 4 em conferências, 2 em *workshops* e 1 em simpósio. Para o período de 2017 e 2020, observamos que, predominantemente, há mais publicações em revistas. No geral, foram encontradas 85 publicações em revistas, 45 em conferências, 5 em simpósios e 3 publicações em *workshops*.

Figura 5 – Tipo de Fontes de Publicação



Fonte: Autoria própria.

4.1.5 Estudos Mais Citados

O total de citações de um estudo é uma métrica que evidencia a influência do estudo na área considerada. Um estudo com um elevado número de citações tem um destaque na área abordada, visto que, para ter essa visibilidade, o trabalho geralmente apresenta conceitos e/ou resultados relevantes. Entretanto, realizar uma associação direta entre o número de citações da pesquisa e a consistência dos resultados que ela obteve é contingente, já que normalmente existem estudos que referenciam um artigo para, por exemplo, contestá-lo quanto à sua metodologia, ou, até, para discutir as incertezas dos resultados apresentados.

Desse modo, conforme os estudos selecionados, mapeamos aqueles que apresentam as maiores quantidades de citações. A Tabela 3 traz uma lista com os 15 estudos primários mais citados, contendo seus respectivos dados: identificador, autor, título e total de citações. Não podemos afirmar, no entanto, que esses sejam necessariamente os estudos mais influentes na área, dado que essa afirmativa desencadearia um grande viés, visto que há a possibilidade de que outros trabalhos relevantes não tenham sido recuperados nas buscas realizadas para

este mapeamento sistemático. Feita essa ressalva, o estudo mais citado dentre os obtidos foi intitulado como: *“On-demand high-capacity ride-sharing via dynamic trip-vehicle assignment”*, com 757 citações. Em seguida aparece o estudo *“T-share: a large-scale dynamic taxi ridesharing service”* que é mencionado em 563 publicações.

Tabela 3 – Estudos por Citação

Estudo	Autor	Título	Total de citações
EP006	ALONSO-MORA et al.	On-demand high-capacity ride-sharing via dynamic trip-vehicle assignment	757
EP081	MA; ZHENG; WOLFSON	T-share: A large-scale dynamic taxi ridesharing service	563
EP042	FAGNANT; KOCKELMAN	Dynamic ride-sharing and fleet sizing for a system of shared autonomous vehicles in Austin , Texas	455
EP111	STIGLIC et al.	The benefits of meeting points in ride-sharing systems	242
EP113	STIGLIC et al.	Enhancing urban mobility: Integrating ride-sharing and public transit	171
EP094	ÖZKAN; WARD	Dynamic matching for real-time ride sharing	169
EP122	WANG; AGATZ; ERERA	Stable matching for dynamic ride-sharing systems	161
EP105	SANTOS; XAVIER	Taxi and ride sharing: A dynamic dial-a-ride problem with money as an incentive	152
EP027	CICI et al.	Assessing the potential of ride-sharing using mobile and social data: A tale of four cities	130

continua na próxima página

Tabela 3 – continuação da página anterior

Estudo	Autor	Título	Total de Citações
EP112	STIGLIC et al.	Making dynamic ride-sharing work: The impact of driver and rider flexibility	127
EP064	LAM; LEUNG; CHU	Autonomous-Vehicle Public Transportation System: Scheduling and Admission Control	124
EP087	MASOUD; JAYA-KRISHNAN	A real-time algorithm to solve the peer-to-peer ride-matching problem in a flexible ridesharing system	117
EP93	NOURINEJAD; ROORDA	Agent based model for dynamic ridesharing	116
EP054	HERBAWI; WEBER	A Genetic and Insertion Heuristic Algorithm for Solving the Dynamic Ridematching Problem with Time Windows	103
EP065	LEE; SAVELSBERGH	Dynamic ridesharing: Is there a role for dedicated drivers?	102

Fonte: Autoria própria.

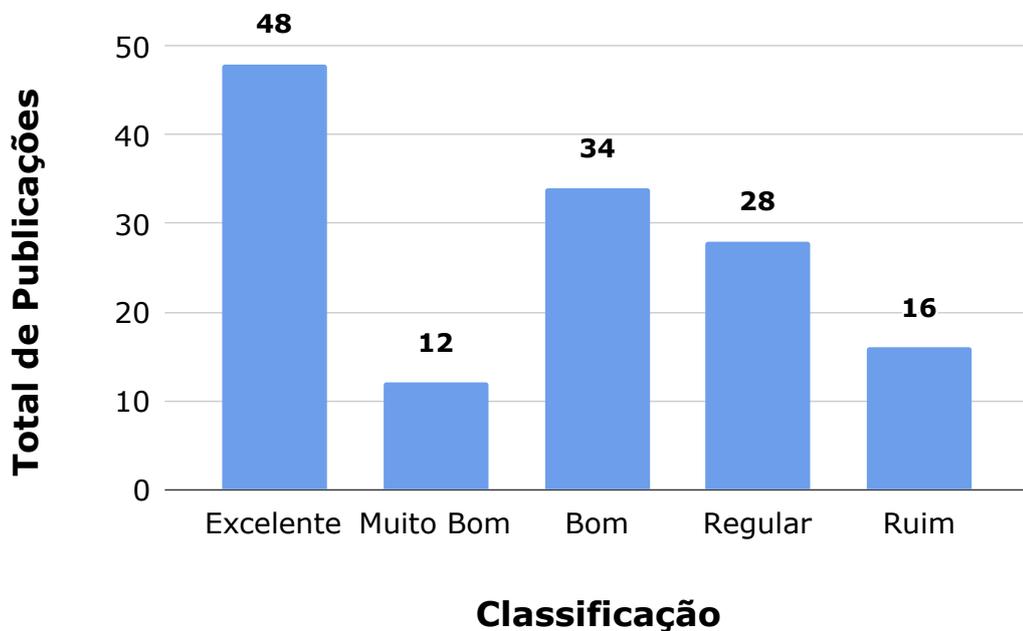
Outro aspecto a ressaltar é o fato de que dos 15 estudos mais citados 14, tratam sobre o compartilhamento de caronas do tipo dinâmico e somente um estudo considera o tipo estático, sendo esse o estudo EP027. O Problema de Correspondência Bipartida - PCB é o problema mais abordado dentre os 15 artigos considerados, no total de 5 estudos abordam este problema. Identificamos também que 6 estudos consideram a técnica Programação Linear Inteira - PLI. Além disso, notamos a tendência dos estudos mais antigos serem os mais citados, assim sendo referências para os estudos mais recentes. No entanto, um baixo número de citações ou até mesmo a ausência de citações de um artigo não necessariamente significa que ele não seja

relevante na área estudada, isto é, os artigos menos citados ou não citados normalmente foram publicados há menos tempo.

4.1.6 Avaliação da Qualidade

Após a seleção dos estudos primários relevantes, realizou-se a etapa de avaliação da sua qualidade, procedimento conduzido conforme critérios previamente definidos no Capítulo 3. Assim, todos os estudos selecionados foram avaliados, visando determinar a credibilidade dos métodos utilizados e, também, dos resultados obtidos de cada estudo.

Figura 6 – Avaliação da Qualidade por Total de Publicações



Fonte: Autoria própria.

Para o processo de classificação de qualidade determinamos uma escala numérica com intervalo de 1 a 5, a qual foi definida com as seguintes distribuições de valores: um artigo avaliado no intervalo entre 4,5 e 5 foi considerado como excelente; aquele avaliado entre 4 e 4,5 foi definido como muito bom; o pontuado entre 3 e 4 foi tido como bom; no caso do que recebeu pontuação entre 2 e 3, a interpretação foi de que era regular; e o que obteve de 1 até 2 pontos, foi contabilizado como ruim. A Figura 6, mostra os resultados da classificação da avaliação dos estudos selecionados. Para mais detalhes, a pontuação dos estudos selecionados em função dos critérios de qualidade estabelecidos estão disponíveis no Apêndice C.

4.2 MAPEAMENTO DAS EVIDÊNCIAS

Nesta seção, serão apresentadas as evidências extraídas dos estudos relevantes selecionados para responder cada questão de pesquisa. A Seção 4.2.1 expõe os problemas de otimização existentes no compartilhamento de caronas (Q1). A Seção 4.2.2 aborda as restrições e a função objetivo adotadas em cada problema de otimização estudado (Q2). A Seção 4.2.3 descreve os métodos, as técnicas, as ferramentas e as instâncias utilizados para solucionar os problemas de otimização (Q3). A Seção 4.2.4 discute os grupos atuantes de pesquisadores e de organizações espalhados pelo mundo (Q4). Por fim, a Seção 4.2.5 discorre sobre aspectos como: "preocupações sociais e de privacidade", "ponto de encontro", "transporte público" e "veículos autônomos" abordados nos estudos selecionados. Com relação a este último item serão discutidas as tendências e os desafios no compartilhamento de caronas (Q5).

4.2.1 Questão 1. Quais problemas de otimização em compartilhamento de caronas estão sendo resolvidos?

Nossa investigação identificou diversos problemas de otimização em compartilhamento de caronas, ou seja, os desafios que impactam as métricas de desempenho desta alternativa de mobilidade.

Sistemas de compartilhamento de caronas têm como principal funcionalidade a correspondência entre participantes (motoristas e passageiros). Assim, um dos principais problemas de otimização em CC é o Problema de Correspondência de Carona. Este problema visa otimizar métricas de desempenho em CC realizando associações viáveis entre os participantes conforme as restrições impostas. Como exemplos de estudos que abordam esse problema, temos: Ma, Zheng e Wolfson (2013), Archetti, Savelsbergh e Speranza (2016), Gao et al. (2017), Jia, Xu e Liu (2017), Zhu, Liu e Wang (2019). As funções objetivo encontradas para esse problema de otimização são: minimizar a distância total do veículo percorrida; minimizar o atraso total; e/ou minimizar os custos de viagem.

Outros problemas de correspondência de caronas também foram identificados na literatura. Um deles se refere a definir a melhor rota tendo em vista que o ponto de coleta do passageiro pode ou não coincidir com o local solicitado por ele, situação em que o passageiro tem a possibilidade de se deslocar para um ponto de coleta, ou o motorista pode desviar da sua rota para embarcar os passageiros. Além disso, a literatura trata dos seguintes problemas: minimizar

o tempo de viagem dos participantes adotando uma rota de menor percurso; diminuir o tempo de atraso ou de espera dos participantes; atenuar os gastos dos participantes; maximizar satisfação dos participantes; e maximizar a confiabilidade entre os participantes, o que se pode conseguir através dos *feedbacks* realizados.

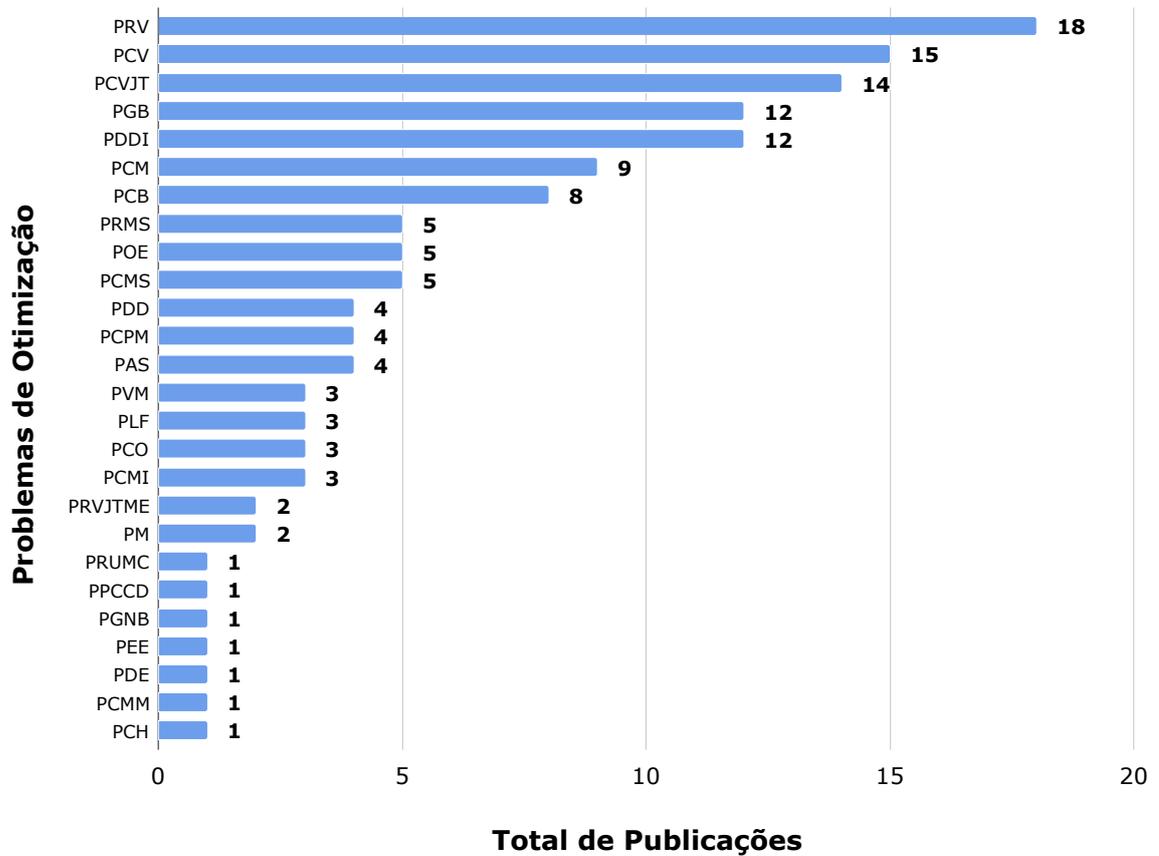
Outro problema encontrado na literatura é a Correspondência com Janelas de Tempo, as publicações EP036, EP054, EP067, EP074, EP097, EP104, EP114, EP118, e EP124 abordaram soluções para esse problema. Destacamos o estudo EP054, em que os autores modelaram a correspondência de carona com janelas de tempo e implementaram um algoritmo genético para resolvê-lo. Os resultados experimentais, desse estudo apontam que a correspondência de carona pode aumentar o número de alocações se o tempo total de viagem dos participantes também for aumentado.

Nós também identificamos que há desafios na alocação de pessoas desconhecidas em caronas compartilhadas. Melhorias nesse tipo de alocação é importante, pois impacta na aceitação de sistemas de CC devido à falta de segurança em viajar com desconhecidos. Assim, a literatura tem estudado alternativas para convencer as pessoas a participar desse tipo de serviço e uma das soluções tem sido adotar *feedbacks*.

Um exemplo disso, é o e-Bay, uma empresa de comércio eletrônico que utiliza o mecanismo de *feedback* para oferecer suporte e confiança aos compradores e vendedores desconhecidos (RESNICK; ZECKHAUSER, 2002). Assim, os sistemas de reputação usam um relatório de *feedback* preenchido por usuários, os quais relatam suas experiências. Dessa maneira, o *feedback* é coletado e compartilhado entre os membros da comunidade a fim de oferecer uma oportunidade de avaliar se esses indivíduos são confiáveis. Esse mecanismo é implementado em alguns aplicativos de mobilidade urbana, por exemplo, Uber, Blablacar e Waze Carpool.

Ao investigarmos os problemas de otimização nos estudos selecionados detectamos 26 problemas, que estão listados na Figura 8. Assim, temos o PRV encontrado em 18 publicações. Posteriormente, observa-se o PCV, com 15 publicações. Em seguida aparecem o PCVJT identificado em 14 publicações. Outros problemas apresentados é o PGB e o PDDI respectivamente com 12 publicações. Além dos problemas supracitados, há ainda 9 publicações que solucionam PCM e o PCB com 8 publicações. Os outros problemas apresentados na Figura 8 são abordados entre 1 e 5 publicações. Portanto, segundo os resultados encontrados indicam que a maioria dos estudos modelou o seu problema como PRV.

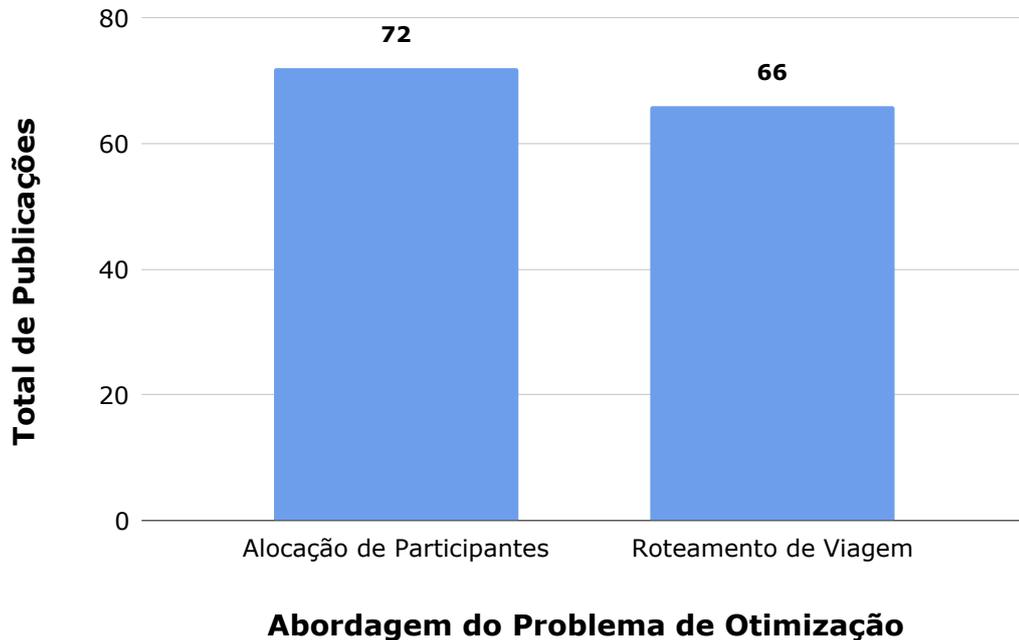
Figura 8 – Problemas de Otimização



Fonte: Autoria própria.

Além de localizarmos os problemas de otimização existentes, também realizamos uma categorização para distinguirmos o tipo de abordagem considerados nos problemas de otimização. O objetivo dessa categorização consiste em verificar se o problema tem a finalidade de tratar aspectos com relação à alocação dos participantes ou se aborda questões em relação ao roteamento da viagem. Como mostra a Figura 9, 72 estudos selecionados abordam particularidades de problemas de alocação de participantes, enquanto 66 estudos consideram questões sobre roteamento.

Figura 9 – Abordagem do Problema de Otimização



Fonte: Autoria própria.

4.2.2 Questão 2. Quais as restrições e função objetivo consideradas em problemas de otimização de compartilhamento de caronas?

Com base nos estudos selecionados, caracterizamos algumas funções objetivo. Agatz et al. (2012) elenca a seguinte função: minimizar as milhas do veículo em todo o sistema, ou seja, o total de milhas dos veículos dirigidos por todos os motoristas que viajam para seus destinos. Esse objetivo visa diminuir o número de veículos e, conseqüentemente reduz o congestionamento e o total de custos de viagem. Outro objetivo abordado pelos autores visa minimizar o tempo de viagem em todo o sistema, ou seja, o tempo gasto no veículo para chegar até seu destino. Com respeito a esse objetivo, é importante considerar que quanto mais tempo o veículo passar na trajetória, maior é a emissão de gases. Por fim, outro objetivo consiste em maximizar o número de participantes (motoristas e passageiros).

Já o estudo de Mourad, Puchinger e Chu (2019), também apresenta os objetivos de otimização, os autores classificam os objetivos em duas categorias: objetivos operacionais e objetivos relacionados à qualidade, como explicado a seguir.

Os objetivos operacionais otimizam os custos operacionais em todo o sistema, como: minimizar as milhas de veículos e o tempo de transporte, maximizar o número de solicitações,

minimizar o número de veículos necessários e dentre outros. Já os objetivos relacionados à qualidade se referem ao aprimoramento da qualidade do serviço prestado sendo eles: minimizar o tempo total de viagem ou de espera do passageiro e obter um melhor desempenho da perspectiva do passageiro. Com relação ao objetivo temporal, vale ressaltar que conforme os autores, minimizar o tempo de viagem em todo o sistema não significa necessariamente conseguir tempos de viagem mais curtos para cada passageiro.

Além dos objetivos observados na literatura, identificamos outras funções objetivo encontradas nos estudos selecionados: minimizar o número de ponto de coleta, minimizar o tempo de atraso dos participantes (motoristas ou passageiros), minimizar o tempo de espera dos participantes no ponto de coleta, maximizar a similaridade de interesse social entre os participantes e maximizar a satisfação dos participantes. Para uma visão geral da categorização elaborada, o Apêndice D apresenta os estudos selecionados, com seus respectivos problemas de otimização, restrições e a funções objetivo.

No sentido de ter uma melhor apresentação do Apêndice D elaboramos siglas. As funções objetivos consideradas no problema de otimização dos estudos selecionados são representadas por siglas, as quais são inicializadas pela letra **F**. Na sequência, utilizamos **N** para expressar se a função tem a finalidade de minimizar e **X** para aquelas que objetivam maximizar. Ademais, a sigla também é formada por outras letras utilizadas para expressar a finalidade do que o problema deseja otimizar, assim temos:

FNG: gasto operacional.

FND: distância de viagem.

FNC: ponto de coleta.

FNV: número de veículos.

FNA: tempo de atraso.

FNE: tempo de espera.

FNT: tempo total.

FXF: confiabilidade.

FXP: número de participantes.

FXI: similaridade de interesse social entre os participantes.

FXS: satisfação.

Com relação às restrições, quando tratamos de restrições de roteamento as siglas são iniciadas pela letra **R** e são posteriormente compostas pelas seguintes letras:

RCP: ponto de coleta do passageiro coincide com o local solicitado pelo passageiro.

RCM: ponto de coleta do passageiro faz parte da rota planejada do motorista.

RDP: ponto de destino do passageiro coincide com o ponto destino do motorista.

RDM: ponto de destino do passageiro faz parte da rota planejada do motorista.

Por fim, as siglas das funções objetivos indicam se o objetivo a ser solucionado é em relação aos Passageiros (P), Motoristas (M) ou Participantes (T).

Em relação às restrições temporais, as siglas são iniciadas pela letra **T** e em relação a ela, observamos quatro tipos de tempo considerado, o qual é representado por:

TV: tempo total da viagem.

TE: tempo de espera máximo.

TX: tempo extra de viagem.

TA: tempo de atraso.

Já as restrições de capacidade são iniciadas pela letra **C** e são classificadas como:

CP: capacidade parcial do veículo.

CT: capacidade total do veículo.

As restrições de despesas, por sua vez, são expressas pela letra **D** e podem ser classificadas como:

DI: restrição sobre a despesa, em que o custo é dividido igualmente entre os participantes do veículo.

DP: restrição sobre a despesa, em que o custo da viagem para os participantes (motorista ou passageiro) deve ser inferior a um valor predefinido.

As restrições de sincronização consideradas nos problemas de otimização encontrados são denotadas pelas siglas iniciadas por **S**. Com relação a elas, analisamos os seguintes aspectos:

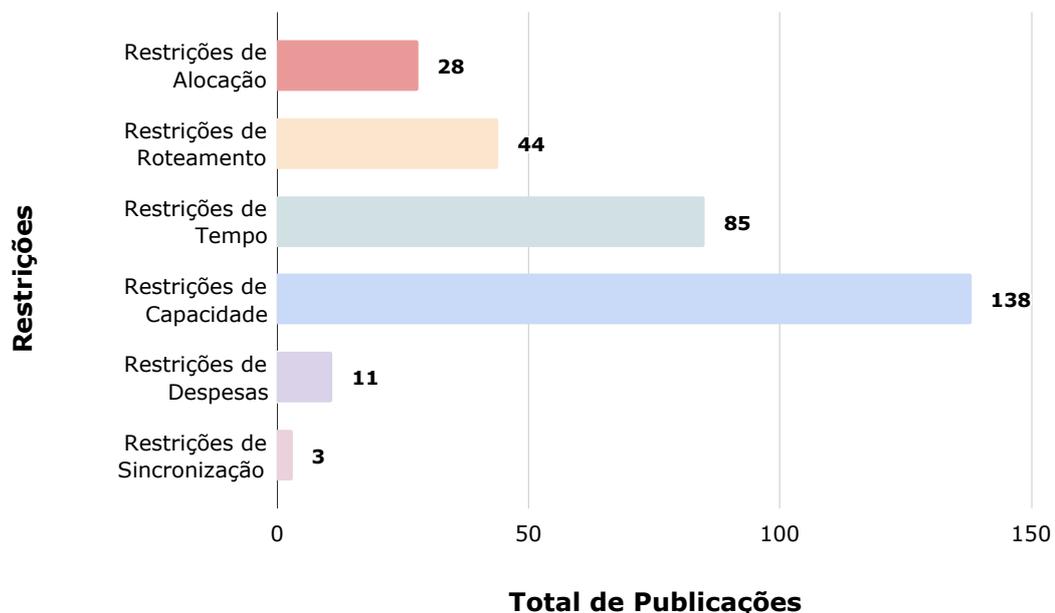
SM: passageiro embarca em mais de um veículo para chegar ao seu destino final.

SU: passageiro embarca em um único veículo para chegar ao seu destino final.

Além disso, utilizamos também para restrições as letras P, M e T, que indicam se o tempo considerado se refere, respectivamente, aos Passageiros (P), Motoristas (M) ou Participantes (T).

Para uma visão geral do total de estudos por restrições consideradas, exibimos a Figura 10, a qual apresenta as restrições presentes em todos os estudos, correspondem a 138 publicações. Nessa figura, como pode-se observar todos os estudos consideram as restrições referentes à capacidade do veículo, ou seja, a quantos assentos o motorista irá disponibilizar. Em seguida aparecem as restrições temporais, consideradas em 85 publicações. Esse tipo de restrição pode ser destacada como aspecto necessário para a correspondência entre os participantes, pois umas das características do compartilhamento de caronas são horários semelhantes.

Figura 10 – Restrições por Total de Publicações



Fonte: Autoria própria.

Além disso, observamos as restrições de roteamento, utilizadas para restringir a trajetória adotada e os pontos de coletas dos passageiros, contempladas em 44 publicações. Já as

restrições de alocação, que se enquadram em delimitar um passageiro para no máximo um motorista, aparecem em 28 publicações. As restrições de despesas, encontradas em 11 publicações, são utilizadas para definir a forma de rateio dos custos, tendo em vista que as despesas devem ser divididas igualmente entre os participantes (motoristas e passageiros). Por fim, as restrições de sincronização observadas em 3 publicações, são aquelas que consideram as possibilidades de um passageiro embarcar em mais de uma carona para chegar até o seu destino final.

Vale salientar a importância das definições e restrições temporais ao realizar compartilhamento caronas, pois, na maioria das vezes, sem a determinação dos horários o compartilhamento de carona pode se tornar uma atividade desorganizada. Por isso, os itinerários e horários devem ser coordenados entre os participantes. Assim, observamos a relevância da organização dos horários e, até mesmo, as restrições com relação ao tempo de espera e ao atraso dos participantes. A organização do compartilhamento caronas é necessário para incentivar a participação e aumentar a satisfação dos participantes com essa alternativa de transporte.

4.2.3 Questão 3. Quais são os principais métodos, algoritmos, técnicas, ferramentas e instâncias utilizadas em problemas de otimização de compartilhamento de caronas?

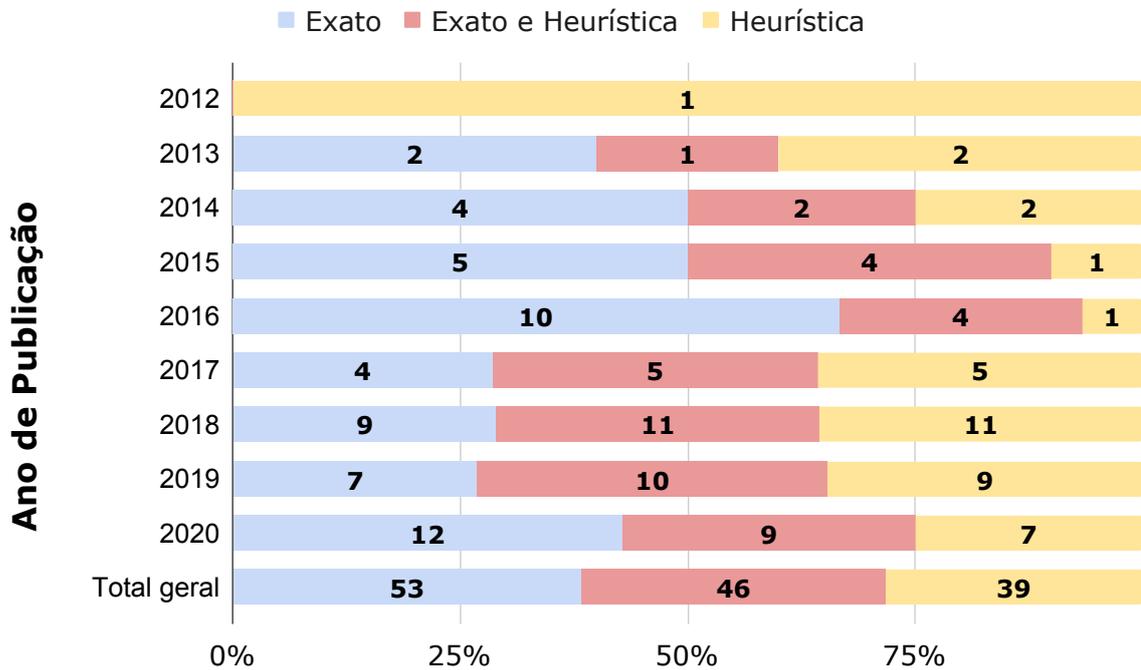
Os métodos de otimização são utilizados para determinar o melhor conjunto de variáveis a fim de proporcionar um resultado ótimo. Deste modo, investigamos os métodos mais utilizados e construímos uma análise temporal, a qual mostra a evolução dos métodos de otimizações considerados. Para isso, classificamos os métodos em: exatos e heurísticos. Conforme o período adotado entre 2012 a 2020, podemos notar na Figura 11, a distribuição dos métodos utilizados no decorrer dos anos para solucionar problemas existentes no compartilhamento de caronas.

Neste sentido, conforme mostra a Figura 11, notamos a evolução dos métodos de otimização adotados. No ano de 2012, a única publicação encontrada utilizou um método heurístico. Em seguida, no ano de 2013, ocorreu uma variação dos métodos adotados sendo identificadas 2 publicações com métodos exatos, 1 publicação com métodos simultaneamente exatos e heurísticos e 2 publicações com métodos heurísticos. Já no período entre 2014 e 2016 percebemos que, predominantemente aparece métodos exatos, totalizando 19 publicações, o método heurístico é observado em 10 publicações e somente 4 publicações apresentam em concomitante, os métodos exatos e heurísticos.

Por outro lado, no ano de 2017 há um cenário diferente daquele verificado nos anos antecedentes, pois há apenas 4 publicações com métodos exatos, e, por outro lado, 5 com métodos heurísticos e as publicações que utilizaram conjuntamente os métodos exatos e heurísticos totalizam em 5 publicações. No ano de 2018, observamos um total de 9 publicações de métodos exatos e 11 publicações voltadas tanto para métodos heurísticos quanto para métodos exatos e heurísticos. Posteriormente, o ano de 2019 apresenta 7 publicações com métodos exatos, 10 publicações com métodos exatos e heurísticos e 9 publicações com métodos heurísticos. Por fim, no ano de 2020, mapeamos 12 publicações com métodos exatos, 9 publicações com métodos exatos e heurísticos e 7 publicações com métodos heurísticos. No geral, verificamos que a maioria das publicações adotou métodos exatos, a qual totalizou 53 publicações; em seguida, aparecem as publicações que adotaram métodos exatos e heurísticos simultaneamente, resultando em 46 publicações; e por último, destacamos métodos heurísticos com 39 publicações.

Assim, averiguamos que publicações com métodos exatos e heurísticos foram mais utilizados a partir de 2017. Elas ganharam espaço na literatura devido, provavelmente, à complexidade dos problemas de compartilhamento de caronas que demanda soluções exatas, quando possível, e soluções próximas da solução ótima, diante de alguma inviabilidade para se obter a solução exata. A partir de então, a maioria dos estudos convergiu em métodos exatos e heurísticos para a solução dos problemas. Dito isso, averiguamos também que vários estudos aplicaram métodos exatos para resolver variantes simplificadas do problema, dado que os métodos exatos são usados, geralmente, para resolver problemas de pequena ordem e com dados determinísticos.

Figura 11 – Métodos de Otimização



Fonte: Autoria própria.

Após a identificação dos métodos de otimização existentes no compartilhamento de caronas, também investigamos os algoritmos e as técnicas utilizados pelos estudos selecionados, os quais têm a finalidade de oferecer uma solução ótima, ou soluções próximas da solução ótima.

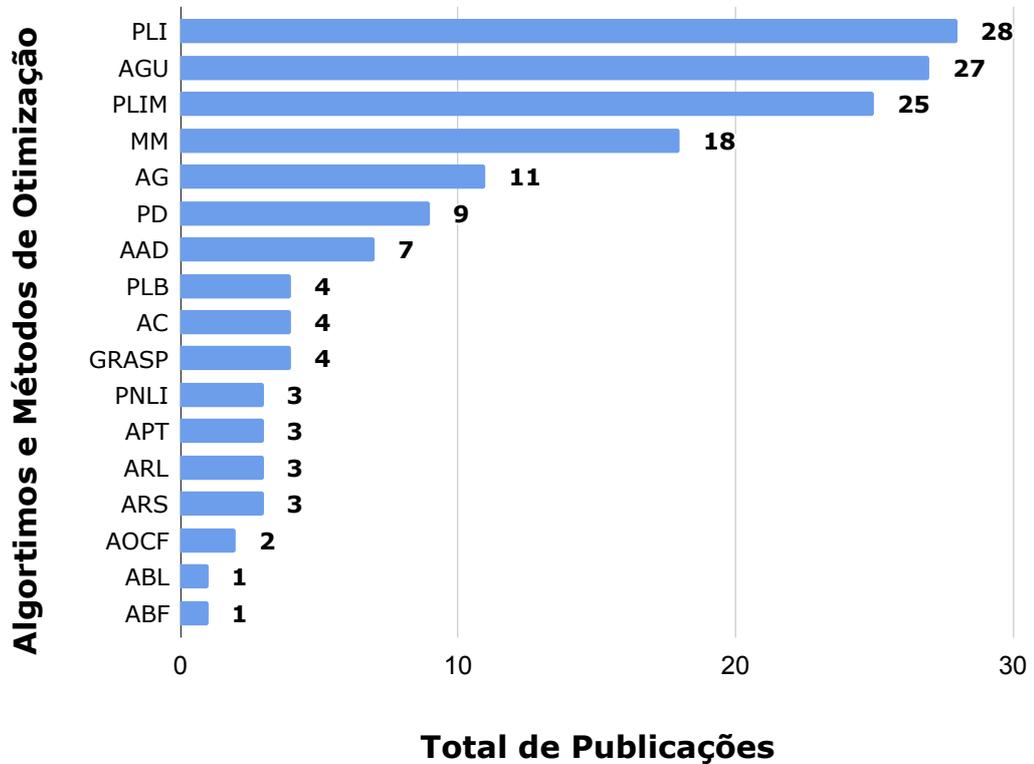
Várias abordagens heurísticas foram introduzidas para resolver os problemas de compartilhamento de caronas mais complexos. Estes são problemas que abrangem aspectos, tais como: como permitir a transferências de passageiros, considerar pontos de encontro e integrar com transporte público. Porém, os algoritmos heurísticos nestes problemas complexos exigem um grande tempo computacional. Como resultado, as abordagens heurísticas precisam ser aprimoradas, a fim de que soluções de boa qualidade possam ser obtidas em curtos tempos computacionais.

No que se refere às técnicas e algoritmos de otimização mais utilizados nos artigos selecionados, elas são, segundo observamos, as seguintes: PLI com 28 estudos, AGU com 27 estudos, PLIM com 25 estudos, MM com 18 estudos, AG com 11 estudos, PD com 9 estudos, AD com 6 estudos, e outras técnicas e algoritmos, as quais apresentam de 1 a 4 publicações.

Através do MS realizado, também classificamos os estudos selecionados segundo o critério

de otimização (i.e., função mono-objetivo ou função multiobjetivo).

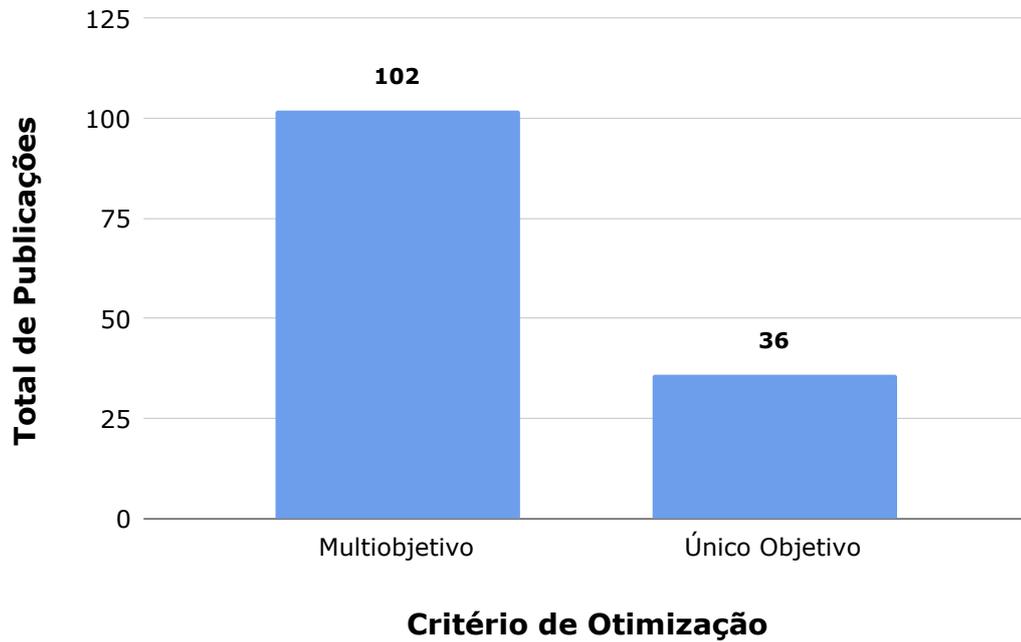
Figura 12 – Técnicas de Otimização Utilizadas para Solucionar os Problemas em CC



Fonte: Autoria própria.

Os estudos selecionados consideram critério multiobjetivo, que consiste na combinação de dois ou mais objetivos. A solução de problemas com funções multiobjetivo requer, na maioria das vezes, métodos diferentes daqueles empregados para solucionar um problema com função mono-objetivo. Conforme mostrado na Figura 13, constatamos que 102 publicações consideram em seus estudos critérios multiobjetivo. Além disso, a Figura 13 também apresenta as publicações que consideram somente um único objetivo, com um total de 36 publicações.

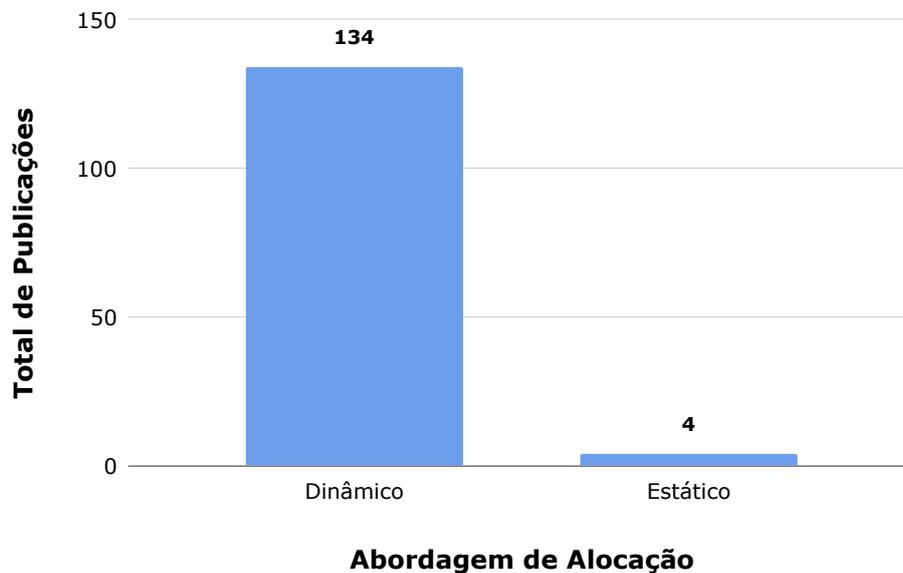
Figura 13 – Critério de Otimização



Fonte: Autoria própria.

O compartilhamento de caronas também pode ser classificado em relação ao seu tipo de abordagem de alocação. Deste modo, os sistemas de compartilhamento podem ser dinâmicos ou estáticos. Diante dessa classificação, notamos na Figura 14, que a maioria das publicações encontradas consideram a abordagem de alocação de compartilhamento do tipo dinâmico e apenas 4 publicações adotam a abordagem estática.

Figura 14 – Abordagem de Alocação



Fonte: Autoria própria.

O fato de um maior número de estudos considerar o compartilhamento de carona dinâmico pode ser explicado tendo em vista, a sua característica de atender a solicitações sob demanda, significando que os participantes não precisam agendar suas viagens com antecedência. Além disso, vale notar que esse tipo de compartilhamento possibilita que os participantes sejam atendidos mesmo que suas necessidades, ou seja, sua origem ou seu destino, mudem inesperadamente.

Com respeito ao atendimento das solicitações sob demanda, torna-se necessário a implementação de algoritmos eficientes para sistemas de compartilhamento de carona dinâmicos, os quais operam com base em tecnologias móveis aprimoradas para telefones com sistema de posicionamento global. Essas tecnologias permitem a intermediação entre os participantes e detectem seus locais atuais.

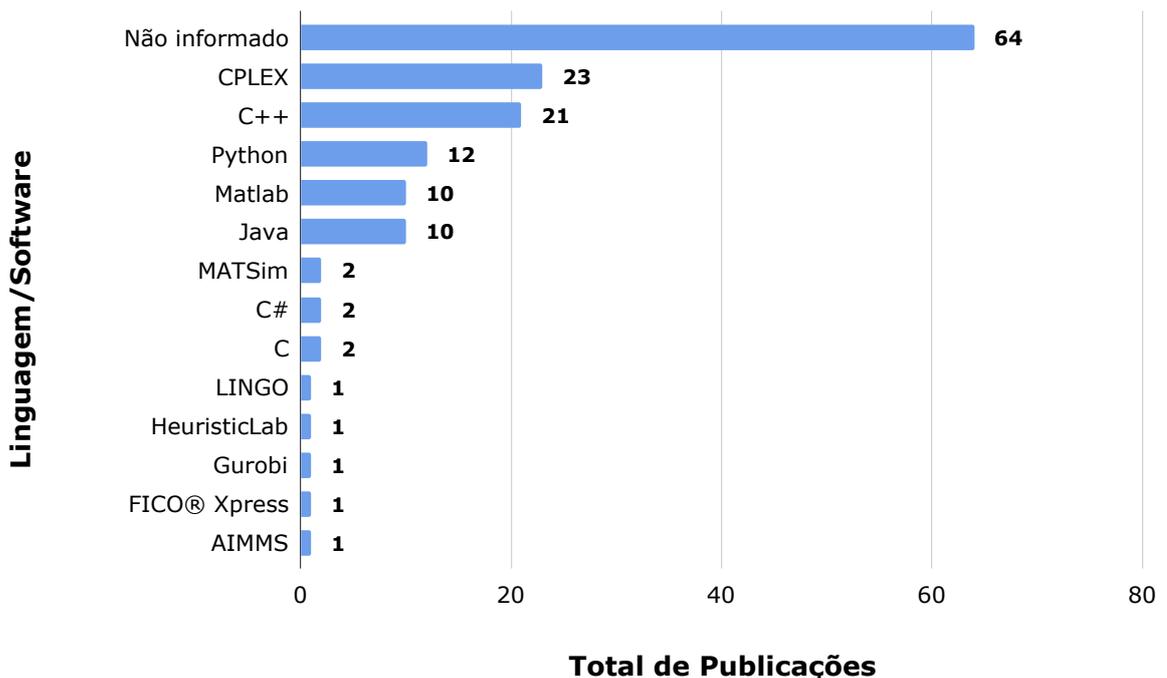
Portanto, o desenvolvimento de novos métodos, técnicas, algoritmos e ferramentas para fornecer soluções de boa qualidade em curto espaço de tempo é o principal objetivo em CC em tempo real, e foi isso que verificamos um interesse crescente da comunidade de pesquisa em relação aos problemas de otimização CC em tempo real.

Para a implementação das soluções, identificamos que os estudos encontrados utilizam diferentes linguagens de programação e *softwares*. A Figura 15 ilustra a distribuição dos estudos selecionados em relação às linguagens de programação e aos *softwares* utilizados. Assim,

observarmos que 64 publicações, ou seja, cerca de 46% dos estudos não informaram nem a linguagem, nem o *software* utilizado. Em seguida, notamos que o CPLEX foi utilizado em 23 estudos, sendo assim, o mais utilizado, resultado que condiz com as técnicas que mais se destacaram e são apresentadas na Figura 12. O CPLEX é um pacote de software de otimização que fornece resolvedores de programação matemática flexíveis e de alto desempenho tanto para a PL como para a PLIM, dentre outros.

Ainda sobre a Figura 15 enfatizamos a identificação da linguagem C++ em 21 publicações. Outra linguagem que pode ser destacada é a Python, empregada por 12 publicações. Em seguida, identificamos que 10 publicações utilizaram o Matlab. Da mesma forma, a linguagem Java é identificada em 10 publicações. Por fim, as outras linguagens de programação e softwares são encontrados em apenas uma ou duas publicações.

Figura 15 – Linguagem de Programação e Software

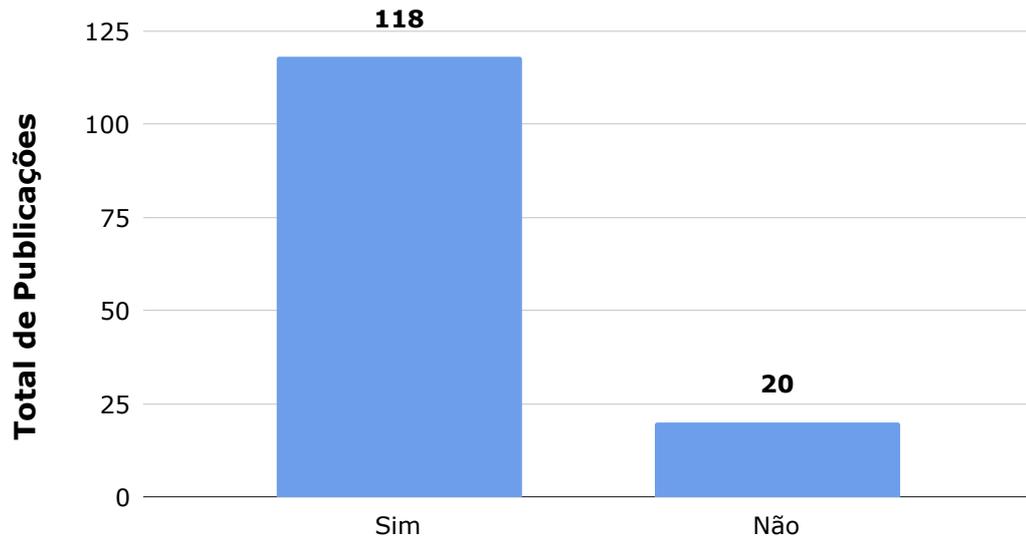


Fonte: Autoria própria.

Além da investigação sobre as linguagens de programação e os *softwares* considerados nos estudos selecionados, também examinamos aqueles que apresentaram resultados experimentais, ou seja, que abordaram os dados de forma quantitativa. Desta forma, destacamos que 118 estudos apresentaram resultados experimentais, no entanto, 20 não mostraram os resultados experimentais obtidos. Ao realizar experimentos, uma característica importante a

ser apresentada são os dados utilizados para obtenção dos resultados. Neste sentido, listamos no Apêndice E, os estudos e as instâncias de teste utilizadas para solucionar cada problemática no estudo selecionado. Assim, identificamos que instância mais utilizada pelos estudos selecionados está disponibilizada no estudo de (AGATZ et al., 2011).

Figura 16 – Resultados Experimentais



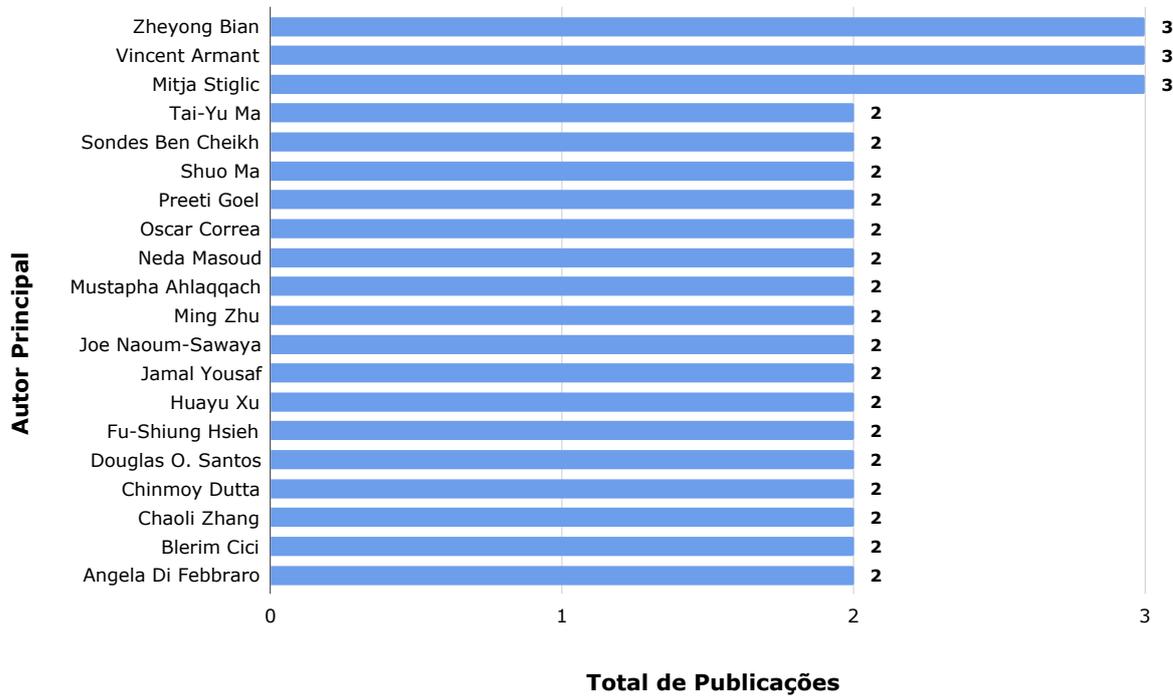
Resultados Experimentais

Fonte: Autoria própria.

4.2.4 Questão 4. Quais indivíduos e organizações são mais ativos na pesquisa sobre problemas de otimização em compartilhamento de caronas?

Para o período adotado nesta pesquisa, foram identificados 115 autores principais. A Figura 17 apresenta os 20 pesquisadores que mais realizaram estudos. Assim, destacamos os três primeiros autores, sendo eles: Zheboung Bian, Vicent Armant e Mitja Stiglic, com total de 3 publicações. Além deles, outros 17 pesquisadores contribuíram com 2 estudos cada, e os 118 restantes contribuíram, cada um, com um estudo na área. A lista completa dos pesquisadores envolvidos, juntamente com as referências dos estudos primários publicados por eles, podem ser encontrados no Apêndice B.

Figura 17 – Principais Autores



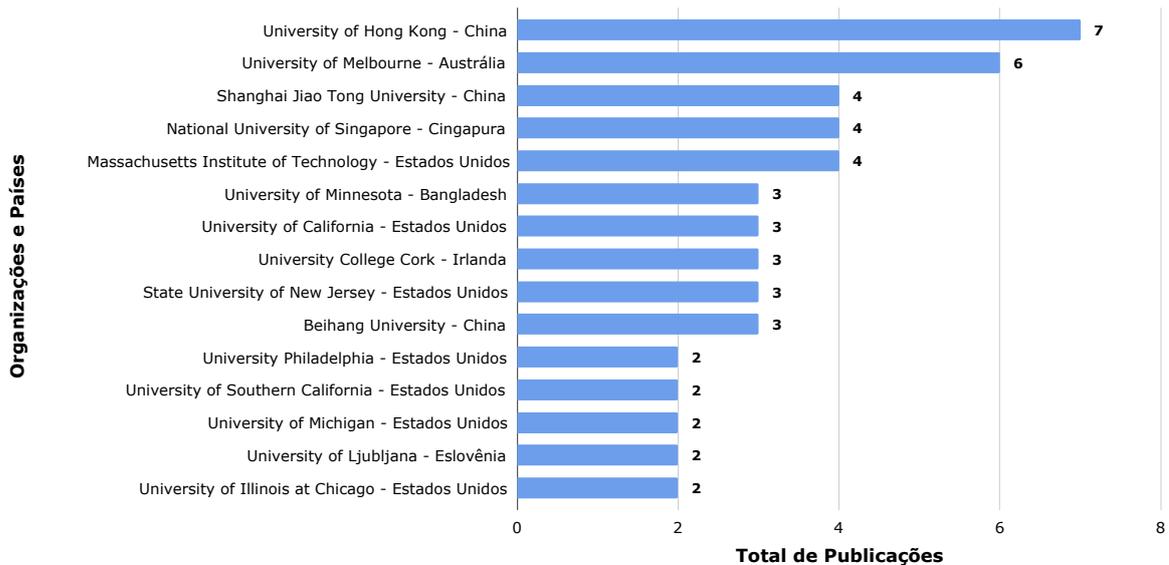
Fonte: Autoria própria.

Comparar o gráfico da Figura 17 com os dados presentes na Tabela 4 da Seção 4.1 é importante para evidenciar o estudo EP111, publicado pelos pesquisadores STIGLIC et al. no ano de 2015, o qual obteve 242 citações e também o EP27, publicado em 2014 pelos pesquisadores CICI et al. com 206 citações. Além disso, vale ressaltar que 4 autores, sendo eles: STIGLIC et al., CICI et al., MA; ZHENG; WOLFSON e SANTOS; XAVIER possuem pelo menos um estudo dentre os 15 estudos mais citados, reforçando a possibilidade de serem estes os pesquisadores realmente mais influentes no contexto de problemas de otimização no CC. Para exemplificar, é possível perceber que o pesquisador Mitja Stiglic, que contribuiu com 3 estudos selecionados neste mapeamento, tem participação em 3 estudos entre os 15 mais citados, um dos quais, o estudo EP113 publicado em 2018, aparece em quarto lugar na lista que compõe a Tabela 3, com 242 citações.

Quanto às organizações que publicaram os estudos selecionados na presente pesquisa, enumeramos 94 diferentes instituições. A Tabela 18 lista as organizações e o seus respectivos países exibindo as mais atuantes no escopo de estudo desta pesquisa. As principais organizações são: University of Hong Kong localizada na China, com participação em 7 publicações; University of Melbourne com 6 publicações; Shanghai Jiao Tong University, National University

of Singapore, Massachusetts Institute of Technology com 4 publicações cada uma. Ademais, são listadas as instituições University of Minnesota, University of California, University College Cork, State University of New Jersey, Beihang University com 3 cada e são mostradas outras instituições que apresentaram entre uma e duas publicações cada.

Figura 18 – Organizações e Países por Total de Publicações



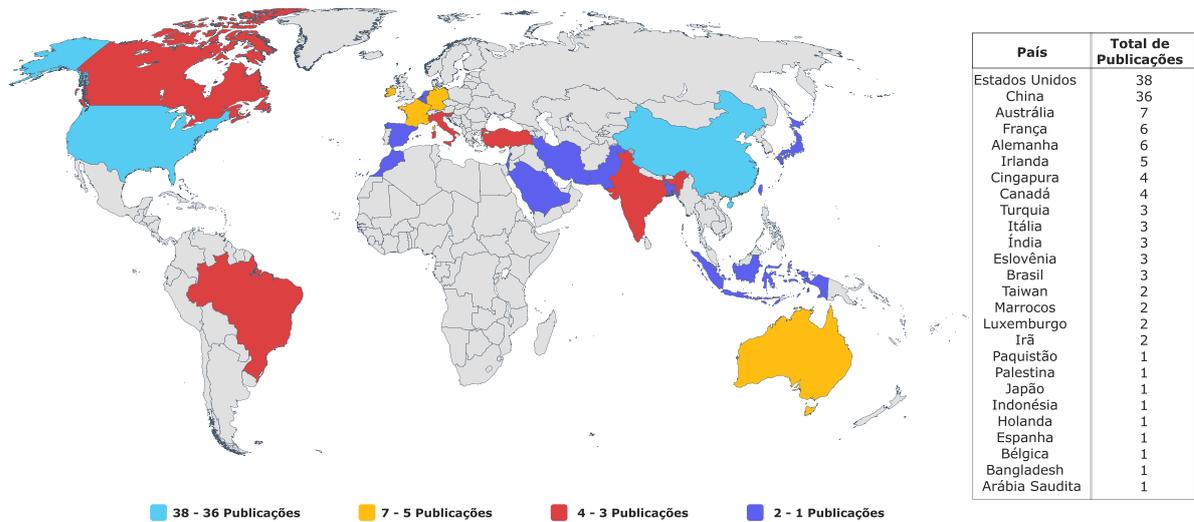
Fonte: Autoria própria.

Conforme o MS realizado, identificamos a participação dos países na publicação dos estudos considerados para a área de CC. A Figura 19 apresenta a distribuição geográfica destes estudos que foram produzidos por 27 países diferentes. O país com maior número de publicações no contexto estudado são os Estados Unidos, com 38 estudos, país que também tem o maior número de organizações entre as 15 mais atuantes, definindo um total de 6 organizações. Em seguida, com relação ao número de publicações aparece a China, com um total de 36 estudos publicados.

Outros países também têm um papel fundamental na área pesquisada. Assim, temos os nomes de países seguidos da respectiva quantidade de publicações: Austrália (7), França (6), Irlanda (5), Cingapura (4), Canadá (4), Turquia (3), Itália (3), Índia (3), Eslovênia (3), Brasil (3), Taiwan (2), Marrocos (2), Luxemburgo (2), Irã (2), Paquistão (1), Japão (1), Indonésia (1), Holanda (1), Espanha (1), Bélgica (1), Bangladesh (1) e Arábia Saudita (1).

É interessante notar que, nos continentes da América do Norte e asiático há uma maior concentração de países que publicaram mais de um artigo enquanto a América do Sul, a África, a Europa e a Oceania apresentam uma variação entre uma e seis publicações.

Figura 19 – Países por Total de Publicações



Fonte: Autoria própria.

Ainda sobre o total de países encontrados, é necessário ressaltar que, conforme o Critério de Inclusão CI2, descrito na Seção 3, este MS selecionou apenas estudos primários publicados em Inglês, conseqüentemente, sendo uma limitação para a participação dos países que apresentam estudos publicados em outros idiomas.

4.2.5 Questão 5. Quantos estudos sobre problemas de otimização em compartilhamento de caronas abordam aspectos como "preocupações sociais e de privacidade", "ponto de encontro", "transporte público" e "veículos autônomos"?

Verificamos também, nesta pesquisa, os estudos que consideram os aspectos: preocupações sociais e de privacidade, ponto de encontro, transporte público e veículos autônomos. A Tabela 4 exibe os estudos selecionados e os aspectos considerados em cada um deles. Primeiro, destacamos as preocupações sociais e de privacidade, aspecto que engloba o maior número dos estudos selecionados. Em seguida, detalhamos os aspectos encontrados e exemplificamos a sua aplicação nos estudos selecionados.

Tabela 4 – Classificação dos Estudos em Relação aos Aspectos Adotados

Aspecto	Estudo
Preocupações Sociais e de Privacidade	EP04, EP11, EP18, EP19, EP26, EP27, EP28, EP49, EP50, EP51, EP57, EP60, EP61, EP62, EP73, EP75, EP81, EP86, EP99, EP125, EP129, EP130, EP133 e EP135
Ponto de Encontro	EP04, EP10, EP11, EP15, EP24, EP30, EP31, EP41, EP43, EP50, EP62, EP67, EP76, EP78, EP79, EP82, EP88, EP102 e EP111
Transporte Público	EP11, EP12, EP17, EP21, EP23, EP28, EP34, EP35, EP44, EP51, EP63, EP68, EP70, EP73, EP76, EP79, EP84, EP87, EP113, EP114, EP118 e EP137
Veículos Autônomos	EP25, EP31, EP32, EP42, EP59, EP64, EP69, EP71, EP77, EP82 e EP103

Fonte: Autoria própria.

4.2.5.1 *Preocupações Sociais e de Privacidade*

Com relação aos estudos que consideram os aspectos sociais e de privacidade existentes na literatura reconhecemos 24 estudos sobre esse contexto no CC. Um exemplo, é o estudo de Cici et al. (2014) em que os autores realizaram análises considerando a amizade entre usuários de redes sociais, tendo em vista a motivação de evitar que as pessoas viajem acompanhadas de desconhecidos. Para isso, os pesquisadores desenvolveram um algoritmo para combinar usuários com padrões de mobilidade semelhantes, considerando uma série de restrições, incluindo distância social. Os experimentos utilizaram as bases de dados de mobilidade e, também dados do Twitter, tomando como referência, a cidade de Madri. Em relação aos resultados, a análise

realizada apresentou que ao partilhar a carona com amigos de amigos, o potencial do CC pode aumentar e chegar a 31% de efetivação com sucesso.

Outra abordagem é a realizada por Zhang e Zhao (2019). Os autores propõem um modelo de correspondência entre participantes, que abrange 301.430 viagens de táxi realizadas em Manhattan com dois cenários: o primeiro gera aleatoriamente 1.000 preferências e o outro que considera quatro conjuntos de preferências baseadas em grupo. Os pesquisadores compararam os cenários de modelos baseados em eficiência e com cenários criados de acordo as preferências dos participantes, de modo a melhorar a classificação média de passageiros alocados. Os resultados apresentaram uma pequena discrepância em relação à correspondência de participantes, já que os modelos consideram prioridades diferentes.

4.2.5.2 *Ponto de Encontro*

Diante do mapeamento realizado, identificamos que 19 estudos abordam sobre soluções com ponto de, isto é, consideram a inserção de pontos de encontro para aumentar as correspondências e minimizar a distância a ser percorrida no CC. Stiglic et al. (2015), por exemplo, investigam os benefícios da introdução de pontos de encontro em um sistema de compartilhamento de viagens. Para eles, a inserção de pontos de encontro permite uma maior flexibilidade produzindo mais combinações possíveis entre os participantes. Além disso, conforme o estudo, a adoção desse aspecto permite que um motorista seja combinado com vários passageiros sem aumentar o número de paradas que o motorista precisa fazer. Para isso, o algoritmo apresentado combina passageiros e motoristas de sistemas de compartilhamento de viagens em larga escala com pontos de encontro e assim, os passageiros podem ser buscados e entregues na sua origem e destino ou em um ponto de encontro que esteja a uma certa distância de sua origem ou destino. Os resultados indicaram que os pontos de encontro podem aumentar significativamente o número de participantes correspondentes, assim como reduzir a distância percorrida.

Outro estudo encontrado foi o de Aïvodji et al. (2016) em que os autores desenvolveram um serviço para calcular os pontos de encontro do CC, mas preservando a privacidade dos usuários e o controle de seus dados de localização. Neste estudo, foi proposto uma arquitetura descentralizada, que fornece garantias de segurança e de privacidade sem sacrificar a usabilidade dos serviços de compartilhamento de viagens. Para isso, os autores implementaram o algoritmo do caminho mínimo para calcular os pontos de encontro. Experimentos foram en-

tão conduzidos em uma rede de transporte real, mostrando ser possível empregar etapas de privacidade e reduzir, satisfatoriamente, a distância total.

Eser, Monteil e Simonetto (2018) desenvolveram algoritmos para encontrar e rastrear pontos de encontro em CC, bem como uma arquitetura de sistema para permitir simulações extensivas usando qualquer rede de interesse selecionada. Os autores integram o número finito de locais de desembarque e o raio de proximidade constante, de modo a evitar o redirecionamento constante dos veículos. Os pesquisadores realizaram simulações abrangentes e discutiram a eficácia de cada algoritmo em diferentes cenários do tipo estático e dinâmico. Os resultados mostraram que os algoritmos propostos têm um desempenho melhor em ambientes dinâmicos, com ganhos de tempo de viagem às vezes acima de 10%, mesmo sem conhecimento sobre as informações do tempo de viagem.

Chen et al. (2019) utilizam a PLI para o problema de CC que adota restrições visando satisfazer as necessidades de pontos de encontro e de transferência de passageiros. Os autores utilizaram instâncias com até 100 participantes, logo a PLI resolve o problema com a diferença de não mais de 1,8% no limite de tempo. Devido à alta complexidade computacional, os autores também desenvolveram uma heurística. Os resultados mostraram que o CC pode gerar até 31,3% de economia de quilometragem e até 28,7% de redução no número de carros necessários para realizar viagens.

4.2.5.3 *Transporte Público*

Outra abordagem encontrada no compartilhamento de caronas é a integração das caronas com os transportes públicos para chegar em um determinado destino, em que 22 estudos abordaram esse contexto.

Stiglic et al. (2018) observaram que a integração entre um sistema de CC e um sistema de transporte público pode ajudar a superar incompatibilidades dos itinerários de motoristas e passageiros. Ademais, essa proposta pode facilitar o processo de correspondência e, conseqüentemente, melhorar significativamente a mobilidade, aumentando o uso do transporte público e reduzindo o total de milhas de veículos em todo o sistema.

Li, Hua e Huang (2018) apresentam um modelo para junção dos sistemas de compartilhamento carona e o transporte público. Esse estudo considera que os participantes não escolhem somente as rotas (considerando as estradas principais e secundárias), mas também decidem os modos de viagem (incluindo motorista individual, motorista de carona, passageiro de ca-

rona e passageiro em trânsito) para minimizar os custos de viagem dos participantes (não seu custo real de viagem, pois o cálculo desse valor precisaria considerar, também, existência de restrições de capacidade do carro). Os resultados mostraram que as restrições de capacidade dos carros e a cobrança de pedágio na trajetória afetam significativamente a escolha da rota e os custos de viagem.

4.2.5.4 *Veículos Autônomos*

Por fim, outro aspecto investigado no mapeamento sistemático realizado é se os veículos autônomos são usados no CC. Nesse mapeamento, encontramos 11 estudos que consideram esse tipo de mobilidade, em que veículos autônomos é uma alternativa para as pessoas que não dirigem, isto é, pessoas com deficiência, adolescentes, ou outras que não podem ou não devem dirigir. Trata-se de uma opção que pode reduzir o estresse das pessoas, conseqüentemente, desencadeia um aumento na produtividade, pois adotando essa modalidade de locomoção, as pessoas podem descansar, brincar e trabalhar enquanto realizam sua trajetória. Para Litman (2017) as previsões são otimistas com relação aos benefícios de veículos autônomos, mas exigem mudanças nos padrões de viagens, nas organizações das estradas, no formato dos estacionamentos e no transporte público (NILES; GRUSH, 2018).

Conforme Burgstaller et al. (2017) há estimativas de que até 2030 o CC com veículos convencionais aumente significativamente, com potencial para substituir dois terços do mercado atual de táxis. Além disso, o mesmo autor prevê que 4% das viagens realizadas para o centro da cidade acontecerão através de serviços de carona em 2030. Em relação ao CC com veículos autônomos, a literatura prevê um crescimento considerável no período entre 2030 e 2050, porém a maioria dos estudos não inclui previsões anteriores a 2030 (LEECH et al., 2015; JOHNSON; WALKER, 2016; RANFT et al., 2016; DELHI, 2016; SCHILLER; SCHEIDL; POTTEBAU, 2017; SMITH; SOCHOR; KARLSSON, 2018; ADLER; PEER; SINOZIC, 2019).

Neste sentido, os veículos autônomos, inteligentes e compartilhados dispõem de conveniência e acessibilidade, além de custos operacionais mais baixos, por serem compartilhados, e por não necessitarem de motorista. Assim, espera-se que o transporte em veículos autônomos compartilhados seja mais acessível do que em veículos particulares. Logo, o CC se tornará cada vez mais comum (AREM; DRIEL; VISSER, 2006; LITMAN, 2017).

Um exemplo desse cenário foi empregado em Lam, Leung e Chu (2016) que apresentaram um sistema inteligente de transporte público baseado em veículo autônomo. Os autores

propõem o gerenciamento de uma frota de veículos autônomos para acomodar solicitações de transporte, oferecendo serviço ponto a ponto com CC. Para isso, foram efetuados o agendamento e o controle de admissão. Primeiramente, foi investigado como atribuir os veículos designados às solicitações de transporte admissíveis e quando e onde os veículos deviam chegar para fornecer serviços com o menor custo. Além disso, os pesquisadores determinaram um conjunto de solicitações admissíveis entre todas as requisições para atingir a receita máxima, e com um AG resolveram o problema de controle de admissão. Por fim, para realização de teste desempenho do algoritmo utilizaram dados reais.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram discutidos os resultados alcançados nesta pesquisa, após execução extração e análise dos resultados. Desse modo, foi possível identificar as evidências sobre os principais problemas de otimização existentes no compartilhamento de caronas e os métodos, as ferramentas e as instâncias utilizados para solucionar tais problemas. A partir dos resultados desta pesquisa, espera-se, através do mapeamento realizado contribuir na resolução de problemas de otimização pelos pesquisadores da área abordada. No próximo capítulo serão apresentadas as considerações finais desta pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de compartilhamento de caronas não é novo, porém destacamos a importância da aceitabilidade das pessoas em relação a essa alternativa de mobilidade, a qual proporciona diversos benefícios ambientais, sociais e econômicos. Para a efetivação dessa alternativa surge a necessidade de que sejam desenvolvidas mais pesquisas, a fim de solucionar os problemas dos sistemas de compartilhamento de caronas. Desta forma, o desenvolvimento de novos métodos e algoritmos para tratar os problemas de alocação de passageiros, otimização de rotas e os desafios existentes como, o aumento dos números de participantes e a diminuição dos custos de viagem.

Tendo isso em vista, esta pesquisa teve por objetivo analisar estudos que abordam os problemas de otimização existentes no compartilhamento de caronas e as soluções adotadas. Além disso, objetivou-se também categorizar de maneira sistemática, os principais métodos, técnicas, ferramentas e instâncias utilizados para solucionar as problemáticas presentes no contexto abordado. Portanto, demonstramos que esta pesquisa fornece uma visão geral dos problemas, desafios, inovações e soluções existentes no CC.

A seguir serão apresentadas, primeiramente as principais contribuições dessa dissertação. Posteriormente, expomos também as limitações detectadas e por fim, listamos os trabalhos futuros propostos.

5.1 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

Devido ao amplo escopo existente a respeito da área de compartilhamento de caronas para a execução da presente investigação realizou-se um mapeamento sistemático, o qual foi executado conforme a metodologia adotada. Dessa maneira, foram estabelecidos os critérios de inclusão e de exclusão para a seleção dos artigos. Ademais, tendo em vista que a última revisão sobre a temática foi realizada em 2012, adotamos o período de 2012 a 2020. Ainda com respeito a investigação realizada, foram levantadas cinco perguntas de pesquisa (RQ1 – RQ5) condizentes aos objetivos esboçados.

Inicialmente, foram obtidos 4.743 estudos, que posteriormente com a condução das fases definidas no protocolo, resultaram num total de 138 estudos selecionados para a extração das evidências segundo as questões levantadas. A partir dos 138 estudos selecionados mapeamos

as evidências e identificamos uma diversidade de 26 problemas de otimização abordados nos estudos para tratar as problemáticas existentes no CC.

Dentre os problemas de otimização encontrados em CC destacamos os principais que são PRV identificado em 18 publicações, o PCV contemplado em 15 publicações, o PCVJT localizado em 14 publicações, dentre outros. Além disso, caracterizamos 15 algoritmos e técnicas empregados na solução de tais problemas sendo as principais identificadas a PLI utilizada em 28 publicações, o AGU empregado em 27 publicações, a PLIM aplicada em 25 publicações, dentre outros.

De acordo com conjunto total de estudos selecionados, observamos que 134 publicações abordaram o compartilhamento do tipo dinâmico. Além disso, também constatamos que 102 publicações abordam funções multiobjetivo. Com relação ao tipo de método de otimização, método exato foi aplicado em 53 publicações, seguida dos estudos que empregaram os métodos exato e heurísticos simultaneamente, as quais foram consideradas em 46 publicações. Por fim, destacamos método heurístico usado em 39 publicações.

Portanto, a contribuição efetiva desta pesquisa são as seguintes: i.) fornecer uma visão geral dos problemas de otimização existentes no CC; ii.) apresentar os métodos, as ferramentas, as técnicas e as instâncias empregados para solucionar os problemas de otimização encontrados no contexto de CC; e iii.) listar as principais linguagens de programação e *softwares* utilizados pelos estudos selecionados.

Espera-se contribuir com os pesquisadores da área abordada através da disponibilização da categorização dos dados, a fim de possibilitar novas pesquisas proporcionando a colaboração no andamento das pesquisas da área estudada.

5.2 LIMITAÇÕES

Consideramos como limitação o fato das investigações serem conduzidas através da exploração de uma metodologia e do uso de termos de pesquisa específicos selecionados segundo os objetivos do mapeamento sistemático delineados. Logo, certamente os resultados podem divergir se houver alguma mudança metodológica, como nos seguintes casos: se a metodologia utilizada diferir da adotada nesta pesquisa; se forem consideradas diferentes *strings* de busca para a seleção de artigos; e/ou forem estabelecidos critérios de inclusão/exclusão diferentes dos adotados.

Outra limitação se refere ao fato desta pesquisa não incluir nenhum procedimento de busca

manual. Essa preferência foi definida ao elaborar o protocolo de mapeamento sistemático, e se justifica por não ter sido encontrado nenhum veículo de publicação que se mostrasse representativo para a área abordada e que não estivesse contemplado, tendo em vista que foram consideradas as principais fontes de dados, sendo usado um total de oito fontes distintas, as quais dispõem de publicações referentes à ampla área do contexto abordado.

Por fim, o número de pesquisadores participantes dessa pesquisa também é uma limitação a ser considerada, dado que só teve uma pesquisadora envolvida, pois com a participação de mais pesquisadores poderia oferecer uma ampla variedade de opiniões nas etapas de seleção, extração e análise do e avaliação da qualidade dos estudos resultando em uma maior confiabilidade para pesquisa.

5.3 TRABALHOS FUTUROS

Os resultados desta pesquisa deve contribuir para pesquisas futuras sobre esse tema e também beneficiar os sistemas de compartilhamento de carona.

A partir dos resultados obtidos, algumas oportunidades futuras de trabalho podem ser elencadas de modo a contribuir para o aprimoramento de investigações relacionadas a esse contexto, tais como: i.) a extensão do presente mapeamento sistemático, que pode ser realizada considerando-se outros aspectos do compartilhamento de caronas, como o uso de outras *strings* de busca e mecanismos de pesquisa; ii.) a realização de estudos de caso conforme as experiências dos participantes ao partilhar caronas; iii.) uma avaliação dos resultados descobertos nesta dissertação através da replicação desta pesquisa; iv.) apresentação da classificação sobre a complexidade do problema de CC; e por fim, v.) o desenvolvimento de novos métodos de otimização ainda não abordados para os problemas de otimização encontrados no CC.

REFERÊNCIAS

- Abu Al Hla, Y.; OTHMAN, M.; SALEH, Y. Optimising an eco-friendly vehicle routing problem model using regular and occasional drivers integrated with driver behaviour control. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier Ltd, v. 234, p. 984–1001, 2019. ISSN 0959-6526.
- ADLER, M. W.; PEER, S.; SINOZIC, T. Autonomous, connected, electric shared vehicles (ACES) and public finance: An explorative analysis. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, v. 2, p. 100038, 2019. ISSN 2590-1982.
- AGATZ, N.; ERERA, A.; SAVELSBERGH, M.; WANG, X. Optimization for dynamic ride-sharing: A review. *European Journal of Operational Research*, Elsevier B.V., v. 223, n. 2, p. 295–303, 2012. ISSN 0377-2217. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2012.05.028>>.
- AGATZ, N.; ERERA, A. L.; SAVELSBERGH, M. W. P.; WANG, X. Dynamic ride-sharing: A simulation study in metro Atlanta. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 17, p. 532–550, 2011. ISSN 1877-0428.
- AHLAQQACH, M.; BENHRA, J.; MOUATASSIM, S.; LAMRANI, S. Modeling and optimization of a multi-objective ridesharing problem in the case of medical waste. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, v. 8, n. 2 Special Issue 8, p. 1911–1918, 2019. ISSN 22773878.
- AHLAQQACH, M.; BENHRA, J.; MOUATASSIM, S.; LAMRANI, S. Hybridization of game theory and ridesharing to optimize reverse logistics of healthcare textiles. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 827, n. 1, 2020. ISSN 1757899X.
- AÏVODJI, U. M.; GAMBS, S.; HUGUET, M. J.; KILLIJIAN, M. O. Meeting points in ridesharing: A privacy-preserving approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 72, p. 239–253, 2016. ISSN 0968090X.
- ALARABI, L.; CAO, B.; ZHAO, L.; MOKBEL, M. F.; BASALAMAH, A. A Demonstration of SHAREK: An Efficient Matching Framework for Ride Sharing Systems. In: *Proceedings of the 24th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (SIGSPACIAL '16). ISBN 9781450345897. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2996913.2996983>>.
- ALOISE, D.; NORONHA, T.; MAIA, R.; BITTENCOURT, V. G.; ALOISE, D. J. Heurísticas de colônia de formigas com path-relinking para o problema de otimização da alocação de sondas de produção terrestre–spt. *XXXIV SBPO*, 2002.
- ALONSO-MORA, J.; SAMARANAYAKE, S.; WALLAR, A.; FRAZZOLI, E.; RUS, D. On-demand high-capacity ride-sharing via dynamic trip-vehicle assignment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, National Acad Sciences, v. 114, n. 3, p. 462–467, 2017.
- ALONSO-MORA, J.; WALLAR, A.; RUS, D. Predictive routing for autonomous mobility-on-demand systems with ride-sharing. *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, v. 2017-Septe, p. 3583–3590, 2017. ISSN 2153-0866.
- ALVES, R.; DELGADO, C. Programação linear inteira. 1997.

- ARAÚJO, M. R. M. d.; OLIVEIRA, J. M. d.; JESUS, M. S. d.; SÁ, N. R. d.; SANTOS, P. A. C. d.; LIMA, T. C. Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida. *Psicologia & Sociedade*, SciELO Brasil, v. 23, p. 574–582, 2011.
- ARCHETTI, C.; SAVELBERGH, M.; SPERANZA, M. G. The vehicle routing problem with occasional drivers. *European Journal of Operational Research*, v. 254, n. 2, p. 472–480, 2016. ISSN 0377-2217.
- AREM, B. V.; DRIEL, C. J. V.; VISSER, R. The impact of cooperative adaptive cruise control on traffic-flow characteristics. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, IEEE, v. 7, n. 4, p. 429–436, 2006.
- ARMANT, V.; BROWN, K. N. Minimizing the Driving Distance in Ride Sharing Systems. *Proceedings - International Conference on Tools with Artificial Intelligence, ICTAI*, IEEE, v. 2014-Decem, p. 568–575, 2014. ISSN 1082-3409.
- ARMANT, V.; BROWN, K. N. Fast optimised ridesharing: Objectives, reformulations and driver flexibility. *Expert Systems with Applications*, Elsevier Ltd, v. 141, p. 112914, 2020. ISSN 0957-4174.
- ARMANT, V.; MAHBUB, N.; BROWN, K. N. Maximising the number of participants in a ride-sharing scheme: MIP versus CP formulations. *Proceedings - International Conference on Tools with Artificial Intelligence, ICTAI*, v. 2016-Janua, p. 836–843, 2016. ISSN 10823409.
- ARSHAD, S.; MIRZA, H. T.; HUSSAIN, I. A New Method for Optimization of Dynamic Ride Sharing System. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, LAP LAMBERT Academic Publishing, v. 5, n. 5, p. 73–89, 2015.
- ASSUNÇÃO, M. A. F. d. *Problema de Roteamento de Veículos Heterogêneos com Múltiplos Entregadores e Coleta e Entrega Simultâneas*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2020.
- AYDIN, O. F.; GOKASAR, I.; KALAN, O. Matching algorithm for improving ridesharing by incorporating route splits and social factors. *PLoS ONE*, v. 15, n. 3, p. 1–23, 2020. ISSN 19326203.
- Ayu Novia Andini, M.; SATRIA, Y.; BURHAN, H. Dynamic pickup and delivery problem with transfer in ridesharing to reduce congestion. *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, v. 1218, n. 1, may 2019. ISSN 17426596.
- BALDACCI, R.; MANIEZZO, V.; MINGOZZI, A. An exact method for the car pooling problem based on lagrangean column generation. *Operations Research*, INFORMS, v. 52, n. 3, p. 422–439, 2004.
- BANSAL, P.; KOCKELMAN, K. M. Forecasting Americans' long-term adoption of connected and autonomous vehicle technologies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, v. 95, p. 49–63, 2017.
- BANSAL, P.; KOCKELMAN, K. M.; SINGH, A. Assessing public opinions of and interest in new vehicle technologies: An Austin perspective. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Elsevier, v. 67, p. 1–14, 2016.
- BARBEHENN, M. A note on the complexity of dijkstra's algorithm for graphs with weighted vertices. *IEEE transactions on computers*, IEEE, v. 47, n. 2, p. 263, 1998.

- BATTITI, R.; TECCHIOLLI, G. The reactive tabu search. *ORSA journal on computing, INFORMS*, v. 6, n. 2, p. 126–140, 1994.
- BEI, X.; ZHANG, S. Algorithms for trip-vehicle assignment in ride-sharing. *32nd AAAI Conference on Artificial Intelligence, AAAI 2018*, p. 3–9, 2018.
- BEKE, L.; WEISZER, M.; CHEN, J. A Comparison of Genetic Representations and Initialisation Methods for the Multi-objective Shortest Path Problem on Multigraphs. *SN Computer Science*, Springer, v. 2, n. 3, p. 1–22, 2021.
- Ben Cheikh, S.; HAMMADI, S.; TAHON, C. Agent-based evolutionary cooperative approach for dynamic multi-hop ridematching problem. *IFAC-PapersOnLine*, Elsevier Ltd., v. 28, n. 3, p. 887–892, 2015. ISSN 24058963.
- Ben Cheikh, S.; TAHON, C.; HAMMADI, S. An evolutionary approach to solve the dynamic multihop ridematching problem. *Simulation*, v. 93, n. 1, p. 3–19, 2017. ISSN 1741-3133.
- BERTSIMAS, D.; JAILLET, P.; MARTIN, S. Online vehicle routing: The edge of optimization in large-scale applications. *Operations Research*, v. 67, n. 1, p. 143–162, 2019. ISSN 15265463.
- BERTSIMAS, D.; TSITSIKLIS, J. Simulated annealing. *Statistical science*, Institute of Mathematical Statistics, v. 8, n. 1, p. 10–15, 1993.
- BIAN, Z.; LIU, X. Planning the Ridesharing Route for the First-Mile Service Linking to Railway Passenger Transportation. In: *Joint Rail Conference*. IEEE Joint Rail Conference, 2017. (ASME/IEEE Joint Rail Conference, v. 2017 Joint Rail Conference). Disponível em: <<https://doi.org/10.1115/JRC2017-2251>>.
- BIAN, Z.; LIU, X. Mechanism design for first-mile ridesharing based on personalized requirements part I: Theoretical analysis in generalized scenarios. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier Ltd, v. 120, p. 147–171, 2019. ISSN 0191-2615.
- BIAN, Z.; LIU, X. Mechanism design for first-mile ridesharing based on personalized requirements part II: Solution algorithm for large-scale problems. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier Ltd, v. 120, p. 172–192, 2019. ISSN 0191-2615.
- BIOLCHINI, J.; MIAN, P. G.; NATALI, A. C. C.; TRAVASSOS, G. H. Systematic review in software engineering. *System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES*, v. 679, n. 05, p. 45, 2005.
- BISWAS, A.; GOPALAKRISHNAN, R.; TULABANDHULA, T.; METREWAR, A.; MUKHERJEE, K.; THANGARAJ, R. S. Impact of detour-aware policies on maximizing profit in ridesharing. *CEUR Workshop Proceedings, CEUR-WS*, v. 2129, p. 78–85, 2018. ISSN 1613-0073.
- BLUM, C. Ant colony optimization: Introduction and recent trends. *Physics of Life reviews*, Elsevier, v. 2, n. 4, p. 353–373, 2005.
- BRILHANTE, L. R. *Otimização estocástica em Finanças*. Tese (Doutorado) — Universidade de Coimbra, 2019.
- BRINKHOFF, T. A framework for generating network-based moving objects. *Geoinformatica*, Springer, v. 6, n. 2, p. 153–180, 2002.

- BRINKHOFF, T. A framework for generating network-based moving objects. *Geoinformatica*, Springer, v. 6, n. 2, p. 153–180, 2002.
- BRUGLIERI, M.; CICCARELLI, D.; COLORNI, A.; LUÈ, A. PoliUniPool: a carpooling system for universities. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, v. 20, p. 558–567, 2011.
- BURGSTALLER, S.; FLOWERS, D.; TAMBERRINO, D.; TERRY, H. P.; YANG, Y. *Rethinking mobility. The Pay-as-You-Go Car: Ride Hailing Just the Start*. 2017. Disponível em: <<https://orfe.princeton.edu>>.
- CALVO, R. W.; LUIGI, F. de; HAASTRUP, P.; MANIEZZO, V. A distributed geographic information system for the daily car pooling problem. *Computers & Operations Research*, Elsevier, v. 31, n. 13, p. 2263–2278, 2004.
- CAMPELLO, R. E. *Programação Dinâmica Determinística e Estocástica*. [S.l.]: Minicurso do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional XXXIV, 2002.
- CANGIALOSI, E.; Di Febbraro, A.; SACCO, N.; BAUDA, A. Generalized ride-sharing: An enhanced model and new results. *2014 International Conference on Connected Vehicles and Expo, ICCVE 2014 - Proceedings*, IEEE, p. 284–290, 2014.
- CHAN, N. D.; SHAHEEN, S. A. Ridesharing in north america: Past, present, and future. *Transport reviews*, Taylor & Francis, v. 32, n. 1, p. 93–112, 2012.
- CHEN, S.; WANG, H.; MENG, Q. Solving the first-mile ridesharing problem using autonomous vehicles. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, v. 35, n. 1, p. 45–60, 2020. ISSN 1467-8667.
- CHEN, W.; MES, M.; SCHUTTEN, M.; QUINT, J. A ride-sharing problem with meeting points and return restrictions. *Transportation Science*, v. 53, n. 2, p. 401–426, 2019. ISSN 15265447.
- CHEN, X.; MIAO, F.; PAPPAS, G. J.; PRECIADO, V. Hierarchical data-driven vehicle dispatch and ride-sharing. *2017 IEEE 56th Annual Conference on Decision and Control, CDC 2017*, v. 2018-Janua, n. Cdc, p. 4458–4463, 2018.
- CHEN, Z.; LIU, X. C.; WEI, R. Agent-based approach to analyzing the effects of dynamic ridesharing in a multimodal network. *Computers, Environment and Urban Systems*, Elsevier, v. 74, p. 126–135, 2019. ISSN 0198-9715.
- CHENG, P.; XIN, H.; CHEN, L. Utility-aware ridesharing on road networks. *Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, Association for Computing Machinery, Part F1277, p. 1197–1210, 2017. ISSN 0730-8078.
- CHERIF-KHETTAF, W. R.; RACHID, M. H.; BLOCH, C.; CHATONNAY, P. New notation and classification scheme for vehicle routing problems. *RAIRO-Operations Research*, EDP Sciences, v. 49, n. 1, p. 161–194, 2015.
- CHU, P. C.; BEASLEY, J. E. A genetic algorithm for the multidimensional knapsack problem. *Journal of heuristics*, Springer, v. 4, n. 1, p. 63–86, 1998.
- CICI, B.; MARKOPOULOU, A.; FRIAS-MARTINEZ, E.; LAOUTARIS, N. Assessing the potential of ride-sharing using mobile and social data: A tale of four cities. *UbiComp 2014 - Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, p. 201–211, 2014.

- CICI, B.; MARKOPOULOU, A.; LAOUTARIS, N. SORS: A Scalable Online Ridesharing System. In: *Proceedings of the 9th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Transportation Science*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (IWCTS '16), p. 13–18. ISBN 9781450345774. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3003965.3003971>>.
- COLIN, E. C. *Pesquisa Operacional: 170 Aplicações em Estratégia, Finanças, Logística, Produção, Marketing e Vendas*. Livros Técnicos e Científicos: Livros Técnicos e Científicos, 2007. ISBN 9788597014358.
- COLTIN, B.; VELOSO, M. Ridesharing with passenger transfers. *International Conference on Intelligent Robots and Systems IEEE*, IEEE, n. Iros, p. 3278–3283, 2014. ISSN 2153-0866.
- CORREA, O.; KHAN, A. K. M. M. R.; TANIN, E.; KULIK, L.; RAMAMOHANARAO, K. Congestion-Aware Ride-Sharing. *ACM Trans. Spatial Algorithms Syst.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, v. 5, n. 1, jun. 2019. ISSN 2374-0353. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3317639>>.
- CORREA, O.; RAMAMOHANARAO, K.; TANIN, E.; KULIK, L. From Ride-Sourcing to Ride-Sharing through Hot-Spots. In: *Proceedings of the 14th EAI International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017. (MobiQuitous 2017), p. 136–145. ISBN 9781450353687. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3144457.3144483>>.
- CRESWELL JOHN W, J. D. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. [S.l.]: Sage publications, 2017.
- DANDL, F.; HYLAND, M.; BOGENBERGER, K.; MAHMASSANI, H. S. Evaluating the impact of spatio-temporal demand forecast aggregation on the operational performance of shared autonomous mobility fleets. *Transportation*, Springer, v. 46, n. 6, p. 1975–1996, 2019.
- DANTZIG, G. *Linear programming and extensions*. [S.l.]: Princeton university press, 2016.
- DELHI, S. I.-N. Automotive revolution & perspective towards 2030. *Auto Tech Review*, Springer, v. 5, n. 4, p. 20–25, 2016.
- DENNISEN, S. L.; MÜLLER, J. P. Iterative committee elections for collective decision-making in a ride-sharing application. *CEUR Workshop Proceedings*, v. 1678, n. September, 2016. ISSN 1613-0073.
- Di Febbraro, A.; GATTORNA, E.; SACCO, N. Optimization of dynamic ridesharing systems. *Transportation Research Record*, n. 2359, p. 44–50, 2013. ISSN 0361-1981.
- DICKERSON, J. P.; SRINIVASAN, A.; SANKARARAMAN, K. A.; XU, P. Allocation problems in ride-sharing platforms: Online matching with offline reusable resources. *32nd AAAI Conference on Artificial Intelligence, AAAI 2018*, p. 1007–1014, 2018.
- DORIGO, M.; BIRATTARI, M.; STUTZLE, T. Ant colony optimization. *IEEE computational intelligence magazine*, IEEE, v. 1, n. 4, p. 28–39, 2006.
- DREWS, F.; LUXEN, D. Multi-Hop Ride Sharing. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Combinatorial Search*, p. 71–79, 2013.

- DUAN, Y.; WANG, N.; WU, J. Optimizing order dispatch for ride-sharing systems. *Proceedings - International Conference on Computer Communications and Networks, ICCCN*, IEEE, v. 2019-July, 2019. ISSN 10952055.
- DUMITRESCU, I.; ROPKE, S.; CORDEAU, J.-F.; LAPORTE, G. The traveling salesman problem with pickup and delivery: polyhedral results and a branch-and-cut algorithm. *Mathematical Programming*, Springer, v. 121, n. 2, p. 269–305, 2010.
- DUTTA, C. When hashing met matching: Efficient spatio-temporal search for ridesharing. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, v. 35, n. 1, p. 90–98, May 2020. Disponível em: <<https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/16081>>.
- DUTTA, C.; SHOLLEY, C. Online Matching in a Ride-Sharing Platform. p. 1–15, 2018.
- DYBAA, T.; DINGSOYR, T. Empirical studies of agile software development: A systematic review. *Information and software technology*, Elsevier, v. 50, n. 9-10, p. 833–859, 2008.
- EASTERBROOK, S.; SINGER, J.; STOREY, M.-A.; DAMIAN, D. Selecting empirical methods for software engineering research. In: *Guide to advanced empirical software engineering*. [S.l.]: Springer, 2008. p. 285–311.
- EFROYMSON, M.; RAY, T. A branch-bound algorithm for plant location. *Operations Research*, INFORMS, v. 14, n. 3, p. 361–368, 1966.
- EHSANI, P.; YU, J. Y. The merits of sharing a ride. *55th Annual Allerton Conference on Communication, Control, and Computing, Allerton 2017*, v. 2018-Janua, p. 776–782, 2017.
- ERICSSON, K. A.; SIMON, H. A. *Protocol analysis: Verbal Reports as Data*. the MIT Press: the MIT Press, 1984.
- ESER, E.; MONTEIL, J.; SIMONETTO, A. On the Tracking of Dynamical Optimal Meeting Points. *IFAC-PapersOnLine*, Elsevier B.V., v. 51, n. 9, p. 434–439, 2018. ISSN 24058963.
- FAGNANT, D. J.; KOCKELMAN, K. M. Dynamic ride-sharing and fleet sizing for a system of shared autonomous vehicles in Austin, Texas. *Transportation*, Springer US, v. 45, n. 1, p. 143–158, 2018. ISSN 15729435.
- FAN, J.; XU, J.; HOU, C.; CAO, B.; DONG, T.; CHENG, S. URoad: An Efficient Algorithm for Large-Scale Dynamic Ridesharing Service. *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Web Services, ICWS 2018*, IEEE, p. 9–16, 2018.
- FAN, N.; CHEN, X. Research on Shuttle Bus Ridesharing Model Based on Simulated Annealing Algorithm. In: CHANG'AN UNIVERSITY |. *International Conference of Transportation Professionals*. [S.l.]: COTA International Conference of Transportation Professionals, 2020. p. 2954–2963.
- FANELLI, A.; GRECO, G. Ride sharing with a vehicle of unlimited capacity. *Leibniz International Proceedings in Informatics, LIPIcs*, v. 58, n. 36, p. 1–14, 2016. ISSN 1868-8969.
- FEBBRARO, A. D.; GIGLIO, D.; SACCO, N. On Exploiting Ride-Sharing and Crowd-Shipping Schemes within the Physical Internet Framework. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*, IEEE, v. 2018-Novem, p. 1493–1500, dec 2018.

- FENG, L.; MILLER-HOOKS, E.; SCHONFELD, P.; MOHEBBI, M. Optimizing ridesharing services for airport access. *Transportation Research Record*, v. 2467, p. 157–167, 2014. ISSN 0361-1981.
- FEO, T. A.; RESENDE, M. G. Greedy randomized adaptive search procedures. *Journal of global optimization*, Springer, v. 6, n. 2, p. 109–133, 1995.
- FERGUSON, E. The rise and fall of the American carpool: 1970–1990. *Transportation*, Springer, v. 24, n. 4, p. 349–376, 1997.
- FIRMINO, A. d. S. Métodos de otimização aplicados ao problema de recuperação de contêineres. Universidade Federal de Pernambuco, 2019.
- FRIEDRICH, M.; HARTL, M.; MAGG, C. A modeling approach for matching ridesharing trips within macroscopic travel demand models. *Transportation Journal*, Springer US, v. 45, n. 6, p. 1639–1653, 2018. ISSN 15729435. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11116-018-9957-5>>.
- FU, X.; ZHANG, C.; LU, H.; XU, J. Efficient matching of offers and requests in social-aware ridesharing. *Proceedings - IEEE International Conference on Mobile Data Management*, IEEE, v. 2018-June, p. 197–206, 2018. ISSN 15516245.
- FU, Y.; WANG, C. Modelling the Ridesharing Program in the Morning Commute Problem with Parking Space Constraint. *2018 15th International Conference on Service Systems and Service Management, ICSSSM 2018*, IEEE, n. 1, p. 1–4, 2018.
- FURUHATA, M.; DESSOUKY, M.; ORDÓÑEZ, F.; BRUNET, M. E.; WANG, X.; KOENIG, S. Ridesharing: The state-of-the-art and future directions. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier, v. 57, p. 28–46, 2013. ISSN 0191-2615. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2013.08.012>>.
- GAO, J.; WANG, Y.; TANG, H.; YIN, Z.; NI, L.; SHEN, Y. An efficient dynamic ridesharing algorithm. In: IEEE. *2017 IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT)*. [S.l.], 2017. p. 320–325.
- GAREY, M. R.; JOHNSON, D. S. *Computers and intractability*. [S.l.]: freeman San Francisco, 1979. v. 174.
- GLOVER, F. Tabu search—part i. *ORSA Journal on computing*, Informs, v. 1, n. 3, p. 190–206, 1989.
- GOEL, P.; KULIK, L.; RAMAMOCHANARAO, K. Optimal Pick up Point Selection for Effective Ride Sharing. *IEEE Transactions on Big Data*, v. 3, n. 2, p. 154–168, 2016. ISSN 2332-7790.
- GOEL, P.; KULIK, L.; RAMAMOCHANARAO, K. Privacy-Aware Dynamic Ride Sharing. *ACM Trans. Spatial Algorithms Syst.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, v. 2, n. 1, mar. 2016. ISSN 2374-0353. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2845080>>.
- GOLDBERG, A.; RADZIK, T. *A heuristic improvement of the Bellman-Ford algorithm*. [S.l.], 1993.
- GOLDEN, B. L.; WONG, R. T. Capacitated arc routing problems. *Networks*, Wiley Online Library, v. 11, n. 3, p. 305–315, 1981.

- GONDRAN, M.; MINOUX, M.; VAJDA, S. *Graphs and algorithms*. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 1984.
- GRAVER, J. E. On the foundations of linear and integer linear programming i. *Mathematical Programming*, Springer, v. 9, n. 1, p. 207–226, 1975.
- GU, Q. P.; LIANG, J. L.; ZHANG, G. Algorithmic analysis for ridesharing of personal vehicles. *Theoretical Computer Science*, Elsevier B.V., v. 749, p. 36–46, 2018. ISSN 0304-3975.
- GUEDES, A. d. C. B.; LEITE, J. N. F.; ALOISE, D. J. Um algoritmo genético com infecção viral para o problema do caixeiro viajante. *Revista PubliCa*, v. 1, n. 1, 2005.
- GUO, X.; SUN, H. Modeling the morning commute problem in a bottleneck model based on personal perception. *Journal of Advanced Transportation*, Hindawi, v. 2019, 2019.
- HAFERKAMP, J.; EHMKE, J. F. An Efficient Insertion Heuristic for On-Demand Ridesharing Services. *Transportation Research Procedia*, Elsevier B.V., v. 47, p. 107–114, 2020. ISSN 23521465.
- HERBAWI, W. M.; WEBER, M. A Genetic and Insertion Heuristic Algorithm for Solving the Dynamic Ridematching Problem with Time Windows. In: *Proceedings of the 14th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2012. (GECCO '12), p. 385–392. ISBN 9781450311779. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2330163.2330219>>.
- HILLIER, F.; LIEBERMAN, G. *Introduction To Operations Research*. Journal of the Royal Statistical Society: Journal of the Royal Statistical Society, 1969.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introduction to stochastic models in operations research*. [S.l.]: McGraw-Hill Companies, 1990.
- HOEPFL, M. C. et al. Choosing qualitative research: A primer for technology education researchers. *Volume 9 Issue 1 (fall 1997)*, Council on Technology Teacher Education and the International Technology and . . . , 1997.
- HOOKER, J.; OTTOSSON, G.; THORSTEINSSON, E. S.; KIM, H.-J. A scheme for unifying optimization and constraint satisfaction methods. *The Knowledge Engineering Review*, Cambridge University Press, v. 15, n. 1, p. 11–30, 2000.
- HOSNI, H.; NAOUM-SAWAYA, J.; ARTAIL, H. The shared-taxi problem: Formulation and solution methods. *Transportation Research Part B: Methodological*, v. 70, p. 303–318, 2014. ISSN 0191-2615.
- HOU, L.; LI, D.; ZHANG, D. Ride-matching and routing optimisation: Models and a large neighbourhood search heuristic. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Elsevier, v. 118, n. July, p. 143–162, 2018. ISSN 13665545.
- HSIEH, F.-S. Optimization of monetary incentive in ridesharing systems. *Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics*, Springer Verlag, v. 11606 LNAI, p. 835–840, 2019. ISSN 0302-9743.
- HSIEH, F. S. A Particle Swarm Optimization Algorithm to Meet Trust Requirements in Ridesharing Systems. *2020 11th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics and Mobile Communication Conference, UEMCON 2020*, p. 0592–0595, 2020.

- HUANG, H.; BUCHER, D.; KISSLING, J.; WEIBEL, R.; RAUBAL, M. Multimodal route planning with public transport and carpooling. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, IEEE, v. 20, n. 9, p. 3513–3525, 2018.
- HUANG, Y.; BASTANI, F.; JIN, R.; WANG, X. S. Large Scale Real-Time Ridesharing with Service Guarantee on Road Networks. *Proc. VLDB Endow.*, VLDB Endowment, v. 7, n. 14, p. 2017–2028, 2014. ISSN 2150-8097.
- HUANG, Z.; KANG, N.; TANG, Z. G.; WU, X.; ZHANG, Y.; ZHU, X. How to Match When All Vertices Arrive Online. In: *Proceedings of the 50th Annual ACM SIGACT Symposium on Theory of Computing*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (STOC 2018), p. 17–29. ISBN 9781450355599. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3188745.3188858>>.
- HWANG, F. K.; RICHARDS, D. S. Steiner tree problems. *Networks*, Wiley Online Library, v. 22, n. 1, p. 55–89, 1992.
- HYLAND, M.; MAHMASSANI, H. S. Operational benefits and challenges of shared-ride automated mobility-on-demand services. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, v. 134, n. June 2019, p. 251–270, 2020. ISSN 09658564.
- ISHIBUCHI, H.; MURATA, T. Multi-objective genetic local search algorithm. In: IEEE. *Proceedings of IEEE international conference on evolutionary computation*. [S.l.], 1996. p. 119–124.
- ITAI, A.; PAPADIMITRIOU, C. H.; SZWARCFITER, J. L. Hamilton paths in grid graphs. *SIAM Journal on Computing*, SIAM, v. 11, n. 4, p. 676–686, 1982.
- IZMAILOV, A.; SOLODOV, M. *Otimização, volume 2: métodos computacionais*. IMPA: IMPA, 2007.
- JAIN, S.; RONALD, N.; THOMPSON, R.; WINTER, S. Predicting susceptibility to use demand responsive transport using demographic and trip characteristics of the population. *Travel Behaviour and Society*, Elsevier, v. 6, p. 44–56, 2017.
- JELOKHANI-NIARAKI, M.; SAMANY, N. N.; MOHAMMADI, M.; TOOMANIAN, A. A hybrid ridesharing algorithm based on GIS and ant colony optimization through geosocial networks. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, Springer Berlin Heidelberg, v. 12, n. 2, p. 2387–2407, 2020. ISSN 1868-5145.
- JIA, Y.; XU, W.; LIU, X. An optimization framework for online ride-sharing markets. In: IEEE. *2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)*. [S.l.], 2017. p. 826–835.
- Jia, Y.; Xu, W.; Liu, X. An optimization framework for online ride-sharing markets. In: *2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)*. Atlanta, GA, USA: IEEE, 2017. p. 826–835.
- JIANG, W.; DOMINGUEZ, C. R.; ZHANG, P.; SHEN, M.; ZHANG, L. Large-scale nationwide ridesharing system: A case study of Chyunyun. *International Journal of Transportation Science and Technology*, Tongji University and Tongji University Press, v. 7, n. 1, p. 45–59, 2018. ISSN 20460430.

JOHNSON, C.; WALKER, J. *Peak car ownership: the market opportunity of electric automated mobility services*. 2016.

KALL, P.; WALLACE, S. W.; KALL, P. *Stochastic programming*. [S.l.]: Springer, 1994.

KHAN, A. K. M. M. R.; CORREA, O.; TANIN, E.; KULIK, L.; RAMAMOHANARAO, K. Ride-Sharing is About Agreeing on a Destination. In: *Proceedings of the 25th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017. (SIGSPATIAL '17). ISBN 9781450354905. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3139958.3139972>>.

KHAN, K. S.; RIET, G. T.; GLANVILLE, J.; SOWDEN, A. J.; KLEIJNEN, J. et al. *Undertaking systematic reviews of research on effectiveness: CRD's guidance for carrying out or commissioning reviews*. [S.l.]: NHS Centre for Reviews and Dissemination, 2001.

KIRKPATRICK, S.; GELATT, C. D.; VECCHI, M. P. Optimization by simulated annealing. *science*, American association for the advancement of science, v. 220, n. 4598, p. 671–680, 1983.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. [S.l.], 2007.

KITCHENHAM, B.; Pearl Brereton, O.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; BAILEY, J.; LINKMAN, S. Systematic literature reviews in software engineering – a systematic literature review. *Information and Software Technology*, v. 51, n. 1, p. 7–15, 2009.

KITCHENHAM, B. A. Systematic reviews. In: IEEE. *10th International Symposium on Software Metrics, 2004. Proceedings*. [S.l.], 2004. p. xii–xii.

KRUEGER, R.; RASHIDI, T. H.; ROSE, J. M. Preferences for shared autonomous vehicles. *Transportation research part C: emerging technologies*, Elsevier, v. 69, p. 343–355, 2016.

KUMAR, P.; KHANI, A. An algorithm for integrating peer-to-peer ridesharing and schedule-based transit system for first mile/last mile access. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Elsevier Ltd, v. 122, n. December 2020, p. 102891, 2020. ISSN 0968-090X.

LAARHOVEN, P. J. V.; AARTS, E. H. Simulated annealing. In: *Simulated annealing: Theory and applications*. [S.l.]: Springer, 1987. p. 7–15.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. *Fundamentos de Metodologia Científica*. [S.l.]: Ed. 5 - Atlas, 2003. ISBN 9788522440153.

LAM, A. Y. S.; LEUNG, Y. W.; CHU, X. Autonomous-Vehicle Public Transportation System: Scheduling and Admission Control. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, IEEE, v. 17, n. 5, p. 1210–1226, 2016. ISSN 15249050.

LEE, A.; SAVELSBERGH, M. Dynamic ridesharing: Is there a role for dedicated drivers? *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier Ltd, v. 81, p. 483–497, 2015. ISSN 01912615.

LEECH, J.; WHELAN, G.; BHAIJI, M.; HAWES, M.; SCHARRING, K. *Connected and autonomous vehicles-the UK economic opportunity*. 2015.

- LEI, C.; JIANG, Z.; OUYANG, Y. Path-based dynamic pricing for vehicle allocation in ridesharing systems with fully compliant drivers. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier Ltd, v. 132, p. 60–75, 2020. ISSN 01912615.
- LI, J.; LI, H.; SOH, D.; WONG, L. A correspondence between maximal complete bipartite subgraphs and closed patterns. In: SPRINGER. *European Conference on Principles of Data Mining and Knowledge Discovery*. [S.l.], 2005. p. 146–156.
- LI, M.; HUA, G.; HUANG, H. A multi-modal route choice model with ridesharing and public transit. *Sustainability*, v. 10, n. 11, 2018. ISSN 20711050.
- LI, M.; ZHENG, N.; WU, X.; HUO, X. An efficient matching method for dispatching autonomous vehicles. *2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, ITSC 2019*, IEEE, p. 3013–3018, 2019.
- LI, X.; HU, S.; FAN, W.; DENG, K. Modeling an enhanced ridesharing system with meet points and time windows. *PLoS ONE*, v. 13, n. 5, p. 1–19, 2018. ISSN 19326203.
- LI, Y.; LIU, Y.; XIE, J. A path-based equilibrium model for ridesharing matching. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier Ltd, v. 138, p. 373–405, 2020. ISSN 0191-2615.
- LIANG, X.; CORREIA, G. H. de A.; AN, K.; van Arem, B. Automated taxis dial-a-ride problem with ride-sharing considering congestion-based dynamic travel times. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 112, p. 260–281, 2020. ISSN 0968-090X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X19304048>>.
- LIKAS, A.; VLASSIS, N.; VERBEEK, J. J. The global k-means clustering algorithm. *Pattern recognition*, Elsevier, v. 36, n. 2, p. 451–461, 2003.
- LIMA, G. C. G. de. *Emparelhamento em grafos bipartidos*. Dissertação (Mestrado) — Brasil, 2017.
- LIN, J.; YU, W.; YANG, X.; ZHAO, P.; ZHANG, H.; ZHAO, W. An Edge Computing Based Public Vehicle System for Smart Transportation. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, v. 69, n. 11, p. 12635–12651, 2020. ISSN 1939-9359.
- LIN, Q.; XU, W.; CHEN, M.; LIN, X. A probabilistic approach for demand-aware ride-sharing optimization. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, p. 141–150, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3323679.3326512>>.
- LINARES, M. P.; BARCELÓ, J.; CARMONA, C.; MONTERO, L. Analysis and Operational Challenges of Dynamic Ride Sharing Demand Responsive Transportation Models. *Transportation Research Procedia*, Elsevier B.V., v. 21, p. 110–129, 2017. ISSN 2352-1465.
- LIRA, V. M. D.; PEREGO, R.; RENSO, C.; RINZIVILLO, S.; TIMES, V. C. Boosting Ride Sharing With Alternative Destinations. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, IEEE, v. 19, n. 7, p. 2290–2300, 2020.
- LITMAN, T. *Autonomous vehicle implementation predictions*. Victoria Transport Policy Institute Victoria: Victoria Transport Policy Institute Victoria, 2017.
- LIU, K.; LIU, J. Optimization Approach to Improve the Ridesharing Success Rate in the Bus Ridesharing Service. *IEEE Access*, v. 8, p. 208296–208310, 2020. ISSN 21693536.

- LIU, S.; LIU, Y.; NI, L. M.; FAN, J.; LI, M. Towards mobility-based clustering. In: *Proceedings of the 16th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 919–928.
- LIU, Y.; SKINNER, W.; XIANG, C. Globally-Optimized Realtime Supply-Demand Matching in On-Demand Ridesharing. In: *The World Wide Web Conference*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (WWW '19), p. 3034–3040. ISBN 9781450366748. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3308558.3313579>>.
- LOEB, B.; KOCKELMAN, K. M. Fleet performance and cost evaluation of a shared autonomous electric vehicle (SAEV) fleet: A case study for Austin, Texas. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, v. 121, n. November 2018, p. 374–385, 2019. ISSN 09658564.
- LOEB, B.; KOCKELMAN, K. M.; LIU, J. Shared autonomous electric vehicle (saev) operations across the austin, texas network with charging infrastructure decisions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Elsevier, v. 89, p. 222–233, 2018.
- LORIA, L. Dynamic Ridesharing with Intermediate Locations. *2014 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Vehicles and Transportation Systems (CIVTS)*, IEEE, p. 36–42, 2014.
- LU, W.; QUADRIFOGLIO, L. Fair cost allocation for ridesharing services – modeling, mathematical programming and an algorithm to find the nucleolus. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier BV, v. 121, p. 41–55, Mar 2019. ISSN 0191-2615. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2019.01.001>>.
- MA, J.; LI, X.; ZHOU, F.; HAO, W. Designing optimal autonomous vehicle sharing and reservation systems: A linear programming approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Elsevier Ltd, v. 84, p. 124–141, 2017. ISSN 0968090X.
- MA, J.; XU, M.; MENG, Q.; CHENG, L. Ridesharing user equilibrium problem under OD-based surge pricing strategy. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier Ltd, v. 134, p. 1–24, 2020. ISSN 01912615.
- MA, S.; WOLFSON, O. Analysis and Evaluation of the Slugging Form of Ridesharing. In: *Proceedings of the 21st ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2013. (SIGSPATIAL'13), p. 64–73. ISBN 9781450325219. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2525314.2525365>>.
- MA, S.; ZHENG, Y.; WOLFSON, O. T-share: A large-scale dynamic taxi ridesharing service. *Proceedings - International Conference on Data Engineering*, p. 410–421, 2013. ISSN 10844627.
- MA, S.; ZHENG, Y.; WOLFSON, O. Real-time city-scale taxi ridesharing. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, IEEE, v. 27, n. 7, p. 1782–1795, 2014.
- MA, T. Y.; RASULKHANI, S.; CHOW, J. Y.; KLEIN, S. A dynamic ridesharing dispatch and idle vehicle repositioning strategy with integrated transit transfers. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Elsevier, v. 128, n. July, p. 417–442, 2019. ISSN 13665545.

- MA, T. Y.; XIE, S. Optimal fast charging station locations for electric ridesharing with vehicle-charging station assignment. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Elsevier Ltd, v. 90, n. December 2020, p. 102682, 2021. ISSN 1361-9209.
- MADRIA, S.; YEUNG, S.; WARD, K. Ridesharing-inspired trip recommendations. *Proceedings - IEEE International Conference on Mobile Data Management*, IEEE, v. 2018-June, p. 34–39, 2018. ISSN 15516245.
- MALLUS, M.; COLISTRA, G.; ATZORI, L.; MURRONI, M.; PILLONI, V. Dynamic carpooling in urban areas: design and experimentation with a multi-objective route matching algorithm. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 9, n. 2, p. 254, 2017.
- MARCONI, M. d. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. In: . [S.l.]: Ed. 7 - Atlas, 2012. p. 277–277.
- MASOUD, N.; JAYAKRISHNAN, R. A real-time algorithm to solve the peer-to-peer ride-matching problem in a flexible ridesharing system. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier Ltd, v. 106, p. 218–236, 2017. ISSN 0191-2615.
- MATHEW, T. V. Genetic algorithm. *Report submitted at IIT Bombay*, 2012.
- MCVITIE, D. G.; WILSON, L. B. The stable marriage problem. *Communications of the ACM*, ACM New York, NY, USA, v. 14, n. 7, p. 486–490, 1971.
- MENDOZA, I.; RYDERGREN, C.; TAMPÈRE, C. M. Discovering regularity in mobility patterns to identify predictable aggregate supply for ridesharing. *Transportation Research Record*, v. 2672, n. 42, p. 213–223, 2018. ISSN 21694052.
- MEYER, W. J. *Concepts of mathematical modeling*. [S.l.]: Courier Corporation, 2012.
- MICHALEWICZ, Z.; SCHOENAUER, M. Evolutionary algorithms for constrained parameter optimization problems. *Evolutionary computation*, MIT Press One Rogers Street, Cambridge, MA 02142-1209, USA journals-info . . . , v. 4, n. 1, p. 1–32, 1996.
- MILLER, J.; HOW, J. Predictive positioning and quality of service ridesharing for campus mobility on demand systems. In: *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. IEEE: IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2017. p. 1402–1408.
- MOKBEL, M. F.; ALARABI, L.; BAO, J.; ELDAWY, A.; MAGDY, A.; SARWAT, M.; WAYTAS, E.; YACKEL, S. Mntg: An extensible web-based traffic generator. In: *SPRINGER. International Symposium on Spatial and Temporal Databases*. [S.l.], 2013. p. 38–55.
- MORENCY, C. The ambivalence of ridesharing. *Transportation*, Springer, v. 34, n. 2, p. 239–253, 2007.
- MOURAD, A.; PUCHINGER, J.; CHU, C. A survey of models and algorithms for optimizing shared mobility. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier, v. 123, p. 323–346, 2019. ISSN 0191-2615. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.02.003>>.
- MURPHY, F.; PIERRU, A.; SMEERS, Y. A tutorial on building policy models as mixed-complementarity problems. *Interfaces*, INFORMS, v. 46, n. 6, p. 465–481, 2016.

- NAJMI, A.; REY, D.; RASHIDI, T. H. Novel dynamic formulations for real-time ride-sharing systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Elsevier, v. 108, n. November, p. 122–140, 2017. ISSN 13665545.
- NAOUM-SAWAYA, J.; COGILL, R.; GHADDAR, B.; SAJJA, S.; SHORTEN, R.; TAHERI, N.; TOMMASI, P.; VERAGO, R.; WIRTH, F. Stochastic optimization approach for the car placement problem in ridesharing systems. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier Ltd, v. 80, p. 173–184, 2015. ISSN 0191-2615.
- NAOUM-SAWAYA, J.; YU, J. Y. Ridesharing for emergency evacuation. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, Taylor & Francis, v. 55, n. 4, p. 339–358, 2017. ISSN 1916-0615.
- NILES, J.; GRUSH, B. *The End of Driving: Transportation Systems and Public Policy Planning for Autonomous Vehicles*. Elsevier: Elsevier, 2018. 332 p. ISBN 1281-54519.
- NING, J.; CHEN, R.; ZHOU, Z. Improving large scale real-time ridesharing with heuristics for road networks. *Proceedings - 2018 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence and Computing, Advanced and Trusted Computing, Scalable Computing and Communications, Cloud and Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovations, SmartWorld/UIC/ATC/ScalCom/CBDCo*, IEEE, p. 515–521, 2018.
- NOURINEJAD, M.; ROORDA, M. J. Agent based model for dynamic ridesharing. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Elsevier Ltd, v. 64, p. 117–132, 2016. ISSN 0968-090X.
- NOVAK, A. *O Segredo para Realizar Seus Sonhos*. [S.l.]: EDIOURO (RJ), 2008. ISBN 9788500022647.
- OTA, M.; VO, H.; SILVA, C.; FREIRE, J. A scalable approach for data-driven taxi ride-sharing simulation. *Proceedings - 2015 IEEE International Conference on Big Data, IEEE Big Data 2015*, p. 888–897, 2015.
- ÖZKAN, E.; WARD, A. R. *Dynamic matching for real-time ride sharing*. [S.l.: s.n.], 2020. v. 10. 29–70 p. ISSN 19465238. ISBN 0000000327442.
- PAN, J. J.; LI, G.; HU, J. Ridesharing: Simulator, Benchmark, and Evaluation. *Proc. VLDB Endow.*, VLDB Endowment, v. 12, n. 10, p. 1085–1098, jun. 2019. ISSN 2150-8097. Disponível em: <<https://doi.org/10.14778/3339490.3339493>>.
- PARKER, A. Unsustainable trends in the australian census data for the journey to work in melbourne and other cities in victoria. In: *AUSTRALASIAN TRANSPORT RESEARCH FORUM (ATRF), 27TH, 2004, ADELAIDE, SOUTH AUSTRALIA, AUSTRALIA*. [S.l.: s.n.], 2004. v. 27.
- PATEL, N.; NARAYANASWAMY, N. S.; JOSHI, A. Hybrid Genetic Algorithm for Ridesharing with Timing Constraints: Efficiency Analysis with Real-World Data. In: *Proceedings of the 2020 Genetic and Evolutionary Computation Conference*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (GECCO '20), p. 1159–1167. ISBN 9781450371285. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3377930.3389804>>.
- PELZER, D.; XIAO, J.; ZEHE, D.; LEES, M. H.; KNOLL, A. C.; AYDT, H. A Partition-Based Match Making Algorithm for Dynamic Ridesharing. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, IEEE, v. 16, n. 5, p. 2587–2598, oct 2015. ISSN 15249050.

- PENG, Z.; SHAN, W.; JIA, P.; YU, B.; JIANG, Y.; YAO, B. Stable ride-sharing matching for the commuters with payment design. *Transportation*, Springer, v. 47, n. 1, p. 1–21, 2018.
- PEREIRA, M. A.; VASCONCELOS, J. A. Recozimento simulado. *Universidade de Coimbra*, Imprensa da Universidade de Coimbra, 2012.
- PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. In: *12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) 12*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 1–10.
- PETTICREW, M.; ROBERTS, H. *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008.
- POLAK, E. *Computational methods in optimization: a unified approach*. [S.l.]: Academic press, 1971. v. 77.
- POWELL, W. B. *Approximate Dynamic Programming: Solving the curses of dimensionality*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007. v. 703.
- PRATSCH, L. Commuter ridesharing. *Public Transportation: Planning, Operations, and Management*, Prentice Hall, Inc Englewood Cliffs, NJ, v. 4, p. 168–187, 1979.
- PUREZA, V.; MORABITO, R.; REIMANN, M. Vehicle routing with multiple deliverymen: Modeling and heuristic approaches for the vrptw. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 218, n. 3, p. 636–647, 2012.
- RANFT, F.; ADLER, M.; DIAMOND, P.; GUERRERO, E.; LAZA, M. *Freeing the Road: Shaping the future for autonomous vehicles*. 2016.
- RANGRIZ, S.; DAVOODI, M.; SABERIAN, J. A novel approach to optimize the ridesharing problem using genetic algorithm. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, v. 42, n. 4/W18, p. 875–878, 2019. ISSN 1682-1750.
- REN, C.; WANG, J.; YOU, Y.; ZHANG, Y. Routing Optimization for Shared Electric Vehicles with Ride-Sharing. *Complexity*, v. 2020, 2020. ISSN 10990526.
- RESNICK, P.; ZECKHAUSER, R. Trust among strangers in internet transactions: Empirical analysis of ebay's reputation system. In: *The Economics of the Internet and E-commerce*. [S.l.]: Emerald Group Publishing Limited, 2002.
- REZA, R. M.; ALI, M. E.; CHEEMA, M. A. The Optimal Route and Stops for a Group of Users in a Road Network. In: *Proceedings of the 25th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017. (SIGSPATIAL '17). ISBN 9781450354905. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3139958.3140061>>.
- ROBERT, S. G.; GEORGE, N. L. *Integer programming*. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc, 1972.
- ROSSI, F.; ZHANG, R.; HINDY, Y.; PAVONE, M. Routing autonomous vehicles in congested transportation networks: structural properties and coordination algorithms. *Robotics and Autonomous Systems*, Springer US, v. 42, n. 7, p. 1427–1442, 2018. ISSN 15737527. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10514-018-9750-5>>.

- SAIP, H. B.; LUCCHESI, C. L. Matching algorithms for bipartite graph. *Relatorio Tecnico*, v. 700, n. 03, 1993.
- SANTOS, D. O.; XAVIER, E. C. Dynamic taxi and ridesharing: A framework and heuristics for the optimization problem. *IJCAI International Joint Conference on Artificial Intelligence*, p. 2885–2891, 2013. ISSN 1045-0823.
- SANTOS, D. O.; XAVIER, E. C. Taxi and ride sharing: A dynamic dial-a-ride problem with money as an incentive. *Expert Systems with Applications*, Elsevier Ltd, v. 42, n. 19, p. 6728–6737, 2015. ISSN 0957-4174.
- SAVELSBERGH, M.; SOL, M. Drive: Dynamic routing of independent vehicles. *Operations Research*, INFORMS, v. 46, n. 4, p. 474–490, 1998.
- SAVELSBERGH, M. W. Local search in routing problems with time windows. *Annals of Operations research*, Springer, v. 4, n. 1, p. 285–305, 1985.
- SCHILLER, T.; SCHEIDL, J.; POTTEBAU, T. *Car Sharing in Europe. Business Models, national variations, and upcoming disruptions*. [S.l.], 2017.
- SCHREIECK, M.; SAFETLI, H.; SIDDIQUI, S. A.; PFLÜGLER, C.; WIESCHE, M.; KRCCMAR, H. A Matching Algorithm for Dynamic Ridesharing. *Transportation Research Procedia*, The Author(s), v. 19, n. June, p. 272–285, 2016. ISSN 23521465.
- SERAFINI, P. Some considerations about computational complexity for multi objective combinatorial problems. In: *Recent advances and historical development of vector optimization*. [S.l.]: Springer, 1987. p. 222–232.
- SHAH, I.; AFFENDI, M. E.; QURESHI, B. Sride: An online system for multi-hop ridesharing. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 12, n. 22, p. 9633, 2020.
- SHAHEEN, S.; COHEN, A.; ZOHDY, I. et al. *Shared mobility: current practices and guiding principles*. [S.l.], 2016.
- SHEN, B.; CAO, B. Roo: Route Planning Algorithm for Ride Sharing Systems on Large-Scale Road Networks. *2019 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)*, IEEE, p. 1–8, 2019.
- SHMOYS, D. B.; TARDOS, É.; AARDAL, K. Approximation algorithms for facility location problems. In: *Proceedings of the twenty-ninth annual ACM symposium on Theory of computing*. [S.l.: s.n.], 1997. p. 265–274.
- SILVA, B. C. H.; FERNANDES, I. F. C.; GOLDBARG, M. C.; GOLDBARG, E. Quota travelling salesman problem with passengers, incomplete ride and collection time optimization by ant-based algorithms. *Computers and Operations Research*, Elsevier Ltd, v. 120, p. 104950, 2020. ISSN 0305-0548.
- SILVA, L. A. d. S. *Carona dinâmica como medida de mobilidade sustentável em Campus universitário*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2017.
- SILWAL, S.; GANI, M. O.; RAYCHOUDHURY, V. A survey of taxi ride sharing system architectures. In: IEEE. *2019 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*. [S.l.], 2019. p. 144–149.

- SIMONETTO, A.; MONTEIL, J.; GAMBELLA, C. Real-time city-scale ridesharing via linear assignment problems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Elsevier, v. 101, n. January, p. 208–232, 2019. ISSN 0968090X.
- SMITH, G.; SOCHOR, J.; KARLSSON, I. M. Mobility as a Service: Development scenarios and implications for public transport. *Research in Transportation Economics*, Elsevier, v. 69, p. 592–599, 2018.
- SNIEDOVICH, M. Dijkstra's algorithm revisited: the dynamic programming connexion. *Control and cybernetics*, v. 35, p. 599–620, 2006.
- SOARES, R. G. M. F.; MENEZES, S. M.; COSTA, E. S. d. C. da; LIMA FRANCISCO DAS CHAGAS, E. d. F. A. Aplicação do GRASP ao Problema de Agendamento de Cirurgias Eletivas. *ANAIS DO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, ANAIS DO SBPO, n. 1, p. 1–14, 2020.
- SPANOS, G.; ANGELIS, L. The impact of information security events to the stock market: A systematic literature review. *Computers & Security*, v. 58, p. 216–229, 2016. ISSN 0167-4048.
- STIGLIC, M.; AGATZ, N.; SAVELSBERGH, M.; GRADISAR, M. The benefits of meeting points in ride-sharing systems. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier Ltd, v. 82, p. 36–53, 2015. ISSN 0191-2615.
- STIGLIC, M.; AGATZ, N.; SAVELSBERGH, M.; GRADISAR, M. Making dynamic ride-sharing work: The impact of driver and rider flexibility. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Elsevier Ltd, v. 91, p. 190–207, 2016. ISSN 13665545.
- STIGLIC, M.; AGATZ, N.; SAVELSBERGH, M.; GRADISAR, M. Enhancing urban mobility: Integrating ride-sharing and public transit. *Computers and Operations Research*, Elsevier Ltd, v. 90, p. 12–21, 2018. ISSN 03050548.
- SUN, B.; WEI, M.; WU, W. An optimization model for demand-responsive feeder transit services based on ride-sharing car. *Information*, v. 10, n. 12, 2019. ISSN 20782489.
- TA, N.; LI, G.; ZHAO, T.; FENG, J.; MA, H.; GONG, Z. An efficient ride-sharing framework for maximizing shared route. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, IEEE, v. 30, n. 2, p. 219–233, 2017.
- TA, N.; LI, G.; ZHAO, T.; FENG, J.; MA, H.; GONG, Z. An efficient ride-sharing framework for maximizing shared Routes. *Proceedings - IEEE 34th International Conference on Data Engineering, ICDE 2018*, v. 30, n. 2, p. 1795–1796, 2018.
- TAHMASSEBY, S.; KATTAN, L.; BARBOUR, B. Propensity to participate in a peer-to-peer social-network-based carpooling system. *Journal of Advanced Transportation*, Wiley Online Library, v. 50, n. 2, p. 240–254, 2016.
- TAKISE, K.; ASANO, Y.; YOSHIKAWA, M. Multi-User Routing to Single Destination with Confluence. In: *Proceedings of the 24th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (SIGSPACIAL '16). ISBN 9781450345897. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2996913.2997018>>.

- TANG, L.; DUAN, Z.; ZHU, Y.; MA, J.; LIU, Z. Recommendation for Ridesharing Groups through Destination Prediction on Trajectory Data. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, IEEE, v. 22, n. 2, p. 1320–1333, 2020. ISSN 1558-0016.
- TEHRANY, M. S.; PRADHAN, B.; JEBUR, M. N. Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (dt) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in gis. *Journal of Hydrology*, Elsevier, v. 504, p. 69–79, 2013.
- THANGARAJ, R. S.; MUKHERJEE, K.; RARAVI, G.; METREWAR, A.; ANNAMANENI, N.; CHATTOPADHYAY, K. Xhare-A-Ride: A search optimized dynamic ride sharing system with approximation guarantee. *Proceedings - International Conference on Data Engineering*, p. 1117–1128, 2017. ISSN 10844627.
- TONG, Y.; CHEN, L.; SHAHABI, C. Spatial crowdsourcing: challenges, techniques, and applications. *Proceedings of the VLDB Endowment*, VLDB Endowment, v. 10, n. 12, p. 1988–1991, 2017.
- TONG, Y.; ZENG, Y.; ZHOU, Z.; CHEN, L.; YE, J.; XU, K. A Unified Approach to Route Planning for Shared Mobility. *Very Large Data Bases*, VLDB Endowment, v. 11, n. 11, p. 1633–1646, jul. 2018. ISSN 2150-8097. Disponível em: <<https://doi.org/10.14778/3236187.3236211>>.
- TOTH, P.; VIGO, D. *The vehicle routing problem*. [S.l.]: SIAM, 2002.
- VALLÉE, S.; OULAMARA, A.; CHERIF-KHETTAF, W. R. New online reinsertion approaches for a dynamic Dial-a-Ride Problem. *Journal of Computational Science*, Elsevier, v. 47, p. 101199, 2020.
- VETTER, C. Fast and exact mobile navigation with openstreetmap data. *Master's thesis*, Karlsruhe Institute of Technology, 2010.
- VOUDOURIS, C.; TSANG, E. P.; ALSHEDDY, A. Guided local search. In: *Handbook of metaheuristics*. [S.l.]: Springer, 2010. p. 321–361.
- WALLAR, A.; Van Der Zee, M.; ALONSO-MORA, J.; RUS, D. Vehicle Rebalancing for Mobility-on-Demand Systems with Ride-Sharing. *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, p. 4539–4546, 2018. ISSN 21530866.
- WANG, J.-p.; JEFF, X.; HUANG, H.-j. Dynamic ridesharing with variable-ratio charging-compensation scheme for morning commute. *Transportation Research Part B*, Elsevier Ltd, v. 122, p. 390–415, 2019. ISSN 0191-2615.
- WANG, W.; TAO, H.; JIANG, Y. Efficient delivery services sharing with time windows. *Applied Sciences*, v. 10, n. 21, p. 1–20, 2020. ISSN 20763417.
- WANG, X.; AGATZ, N.; ERERA, A. Stable matching for dynamic ride-sharing systems. *Transportation Science*, v. 52, n. 4, p. 850–867, 2018. ISSN 15265447.
- WANG, Y.; KUTADINATA, R.; WINTER, S. Activity-Based Ridesharing: Increasing Flexibility by Time Geography. In: *Proceedings of the 24th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (SIGSPACIAL '16). ISBN 9781450345897. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2996913.2997002>>.

- WEINER, E.; DUCCA, F. Upgrading travel-demand forecasting capabilities. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, Institute of Transportation Engineers, v. 69, n. 7, p. 28, 1999.
- WINSTON, W. L.; GOLDBERG, J. B. *Operations research: applications and algorithms*. [S.l.]: Thomson Brooks/Cole Belmont, 2004. v. 3.
- WOLSHON, B.; URBINA, E.; WILMOT, C.; LEVITAN, M. Review of policies and practices for hurricane evacuation. i: Transportation planning, preparedness, and response. *Natural hazards review*, American Society of Civil Engineers, v. 6, n. 3, p. 129–142, 2005.
- WOSSKOW, D. *Unlocking the sharing economy: An independent review*. [S.l.]: Department for Business, Innovation and Skills London, 2014.
- XU, H.; ORDÓÑEZ, F.; DESSOUKY, M. A traffic assignment model for a ridesharing transportation market. *Journal of Advanced Transportation*, Wiley Online Library, v. 49, n. 7, p. 793–816, 2015.
- XU, H.; PANG, J.-S.; ORDÓÑEZ, F.; DESSOUKY, M. Complementarity models for traffic equilibrium with ridesharing. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier Ltd, v. 81, p. 161–182, 2015. ISSN 01912615.
- XU, J.; ZHANG, Y.; XING, C.; ZHANG, G. A real-Time ride-sharing matching framework using simulated annealing genetic algorithm. *Proceedings of the International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, SEKE*, v. 2018-July, p. 250–255, 2018. ISSN 23259086.
- XU, R.; WUNSCH, D. Survey of clustering algorithms. *IEEE Transactions on neural networks*, IEEE, v. 16, n. 3, p. 645–678, 2005.
- XU, Y.; KULIK, L.; BOROVIKA-GAJIC, R.; ALDWYISH, A.; QI, J. Highly efficient and scalable multi-hop ride-sharing. In: *Proceedings of the 28th International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. [S.l.: s.n.], 2020. p. 215–226.
- YAN, C.-Y.; HU, M.-B.; JIANG, R.; LONG, J.; CHEN, J.-Y.; LIU, H.-X. Stochastic ridesharing user equilibrium in transport networks. *Networks and Spatial Economics*, Springer, v. 19, n. 4, p. 1007–1030, 2019.
- YANG, Z.; TANG, K.; YAO, X. Large scale evolutionary optimization using cooperative coevolution. *Inf. Sci.*, Elsevier Science Inc., USA, v. 178, n. 15, p. 2985–2999, ago. 2008. ISSN 0020-0255. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ins.2008.02.017>>.
- YOUSAF, J.; LI, J. A driver and riders matching approach. *Proceedings - 11th Web Information System and Application Conference, WISA 2014*, IEEE, p. 53–60, mar 2014.
- YOUSAF, J.; LI, J.; CHEN, L.; TANG, J.; DAI, X. Generalized multipath planning model for ride-sharing systems. *Frontiers of Computer Science*, v. 8, n. 1, p. 100–118, 2014. ISSN 2095-2228.
- YU, G.; YANG, J. On the robust shortest path problem. *Computers & operations research*, Elsevier, v. 25, n. 6, p. 457–468, 1998.

ZHANG, C.; XIE, J.; WU, F.; GAO, X.; CHEN, G. Algorithm designs for dynamic ridesharing system. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Springer International Publishing, v. 11343 LNCS, p. 209–220, 2018. ISSN 1611-3349.

Zhang, H.; Zhao, J. Mobility Sharing as a Preference Matching Problem. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, IEEE, v. 20, n. 7, p. 2584–2592, 2019.

ZHANG, H.; ZHAO, J. Mobility Sharing as a Preference Matching Problem. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, IEEE, v. 20, n. 7, p. 2584–2592, 2019. ISSN 15249050.

ZHANG, L.; YE, Z.; XIAO, K.; JIN, B. A parallel simulated annealing enhancement of the optimal-matching heuristic for ridesharing. *Proceedings - IEEE International Conference on Data Mining, ICDM*, v. 2019-Novem, n. Icdm, p. 906–915, 2019. ISSN 15504786.

ZHANG, X. J.; TAO, Y.; ZHANG, Q. R.; DONG, M.; ZHAO, J. Research on Dynamic Taxi Ride-Sharing Price Model. *Proceedings - 2020 8th International Conference on Advanced Cloud and Big Data, CBD 2020*, p. 79–84, 2020.

ZHANG, Z.; SCHWARTZ, S.; WAGNER, L.; MILLER, W. A greedy algorithm for aligning dna sequences. *Journal of Computational biology*, Mary Ann Liebert, Inc., v. 7, n. 1-2, p. 203–214, 2000.

ZHAO, R.; JIN, M.; REN, P.; ZHANG, Q. Stable two-sided satisfied matching for ridesharing system based on preference orders. *Journal of Supercomputing*, Springer US, v. 76, n. 2, p. 1063–1081, 2020. ISSN 15730484. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11227-020-03173-6>>.

ZHENG, L.; CHEN, L.; YE, J. Order dispatch in priceaware ridesharing. In: TECHNICAL UNIVERSITY OF MUNICH. *Very Large Data Base Endowment*. [S.l.]: Proceedings of the VLDB Endowment, 2018. v. 11, n. 8, p. 853–865. ISSN 2150-8097.

ZHU, M.; LIU, X. Y.; TANG, F.; QIU, M.; SHEN, R.; SHU, W.; WU, M. Y. Public vehicles for future urban transportation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 17, n. 12, p. 3344–3353, 2016. ISSN 15249050.

ZHU, M.; LIU, X.-Y.; WANG, X. An online ride-sharing path-planning strategy for public vehicle systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, IEEE, v. 20, n. 2, p. 616–627, 2019.

APÊNDICE A – PROTOCOLO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Este documento descreve o protocolo elaborado para condução do mapeamento sistemático realizado neste trabalho sobre problemas de otimização e as soluções existentes no compartilhamento de caronas. A seguir são definidos as questões pesquisa, as estratégias de buscas, os critérios de inclusão e exclusão, a avaliação da qualidade, a estratégia de extração e o processo de síntese dos dados coletados.

A.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Os Mapeamentos Sistemáticos são constituídos por questões de pesquisas que devem ser conduzidas para prover uma visão ampla de uma área de pesquisa. Conforme os objetivos deste mapeamento sistemático, foram definidas as seguintes questões de pesquisa:

Questão Geral: Qual é o estado das pesquisas sobre otimização em compartilhamento de caronas? De forma específica, os resultados serão agrupados para responder as seguintes questões específicas:

- Q1. Quais problemas de otimização em compartilhamento de caronas estão sendo resolvidos?
- Q2. Quais as restrições e funções objetivo consideradas em problemas de otimização de compartilhamento de caronas?
- Q3. Quais são os principais métodos, técnicas, algoritmos, ferramentas e instâncias utilizadas em problemas de otimização de compartilhamento de carona?
- Q4. Quais indivíduos e organizações são mais ativos na pesquisa sobre problemas de otimização em compartilhamento de caronas?
- Q5. Quantos estudos sobre problemas de otimização em compartilhamento de caronas abordam aspectos como "preocupações sociais e de privacidade", "ponto de encontro", "transporte público" e "veículos autônomos"?

A.2 ESTRATÉGIAS DE BUSCAS

A estratégia definida para construir os termos de pesquisa foi baseada na abordagem usada em (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Em síntese, a estratégia utiliza os operadores

booleanos AND e OR para realizar a integração dos sinônimos das principais palavras do contexto abordado para definir a string busca com a finalidade de buscar o máximo possível de estudos que engloba a área pesquisada. Para busca de estudos será considerada a busca automática em fonte de dados. A Figura 20 mostra as fontes de dados consideradas e as strings utilizadas.

Figura 20 – Strings de Busca Adaptadas

STRING DE BUSCA GERAL	
"ridesharing" OR "ride-sharing" AND "optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving"	
ACM	GOOGLE SCHOLAR
("ridesharing" OR "ride-sharing") AND ("optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving")	"ridesharing" OR "ride-sharing" AND "optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving"
ENGINEERING VILLAGE	IEEEXPLORE
("ridesharing" OR "ride-sharing" AND {"optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving" })	("ridesharing" OR "ride-sharing") AND ("optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving")
SCIENCE DIRECT	SCOPUS
(("ridesharing") OR ("ride- sharing") AND ("optimal") OR ("optimization") ("optimisation") OR ("minimizing") OR ("maximizing") OR ("solving"))	"ridesharing" OR "ride-sharing" AND "optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving"
SPRINGER	WEB OF SCIENCE
"ridesharing" OR "ride-sharing" AND "optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving"	ST = ("ridesharing" OR "ride- sharing" AND "optimal" OR "optimization" OR "optimisation" OR "minimizing" OR "maximizing" OR "solving")

Fonte: Autoria própria.

A.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Para o processo de seleção dos artigos também é necessário a definição dos critérios de inclusão e exclusão. Nesse caso, os critérios estabelecidos são:

Críticos de Inclusão (CI)

-
- CI1. Artigos que usam de métodos, ferramentas e técnicas de otimização para solucionar os problemas de compartilhamento de caronas;
 - CI2. Artigos escritos em Inglês;
 - CI3. Artigos publicados no período de 2012 a 2020.

Critérios de Exclusão (CE)

- CE1. Artigos irrelevantes para a pesquisa, por estarem fora do escopo das questões da pesquisa consideradas;
- CE2. Artigos curtos (short-papers), publicações de demonstração, estudos disponibilizados somente como resumos e/ou apresentações em PowerPoint, teses e relatórios técnicos;
- CE3. Artigos indisponíveis gratuitamente nas bases de dados consideradas.

A.4 AVALIAÇÃO DE QUALIDADE

Para a etapa de avaliação de qualidade, cada estudo selecionado no mapeamento sistemático será realizado uma avaliação da sua qualidade com o intuito de realizar uma classificação sobre a pesquisa realizada, como proposto por (KITCHENHAM, 2004). Os critérios de avaliação da qualidade são definidos pelas seguintes perguntas:

- CA1. A publicação descreve claramente as técnicas de otimização utilizadas para solucionar o(s) problema(s) de compartilhamento de caronas abordado(s)?
- CA2. As restrições do(s) problema(s) de otimização em compartilhamento de caronas abordado(s) estão claramente definidas?
- CA3. As instâncias utilizadas nos experimentos estão claramente descritas?
- CA4. O software e/ou linguagem de programação utilizada são claramente especificados?
- CA5. O ambiente de teste utilizado está claramente definido?

O procedimento de avaliação de qualidade realizado define como: “Sim”, se o estudo claramente respondeu à pergunta; “Parcialmente”, se as respostas forem implícitas ou podem ser inferidas pelo leitor; ou “Não”, se o estudo não abordou a questão evidenciada. A pontuação

de qualidade é definida por: Sim = 1, Parcialmente = 0,5 e Não = 0 para cada questão, e a pontuação geral de uma publicação é calculada pelo somatório de todas as pontuações de qualidade recebidas.

A.5 ESTRATÉGIA DE EXTRAÇÃO

Essa Etapa será realizada uma síntese detalhada dos resultados, visando mapear os estudos que abordam otimização no compartilhamento de caronas. Os campos considerados para responder às questões de pesquisa foram os seguintes:

1. Título da Publicação: título original da publicação;
2. Resumo da Publicação: resumo da publicação;
3. Fonte de Busca: fonte de busca onde o artigo foi encontrado;
4. Palavras-chave: as palavras-chave encontradas no artigo;
5. Autores: nome do autor principal;
6. Ano de Publicação: ano em que o artigo foi publicado;
7. Afiliação: afiliação do autor principal (primeira organização creditada no documento);
8. País de Publicação: localização da principal afiliação;
9. Fonte da Publicação: nome da fonte onde o artigo foi publicado originalmente;
10. Tipo de Fonte de Publicação: o tipo de fonte onde o estudo foi encontrado (R=Revista, C=Conferência, W=Workshop e S=Simpósio);
11. Fator de Impacto: o fator impacto (índice reconhecido internacionalmente, utilizado para medir a relevância das publicações);
12. Abordagem de Alocação: o tipo de alocação feita para compartilhamento de caronas (E=Estático ou D=Dinâmico);
13. Problema de Otimização: o problema de otimização abordado no estudo;
14. Restrições de Alocação (RA): as restrições de alocação de participantes consideradas no problema de otimização;

15. Restrições de Roteamento (RR): as restrições de roteamento consideradas no problema de otimização;
16. Restrições de Tempo (RT): as restrições de tempo consideradas no problema de otimização;
17. Restrições de Capacidade (RC): as restrições de capacidade consideradas no problema de otimização;
18. Restrições de Despesas (RD): as restrições de despesas consideradas no problema de otimização;
19. Restrições de Sincronização (RS): as restrições de sincronização consideradas no problema de otimização;
20. Função Objetivo: as funções objetivo consideradas no problema de otimização;
21. Preocupações Sociais e de Privacidade: o estudo aborda questões como privacidade, segurança e desconforto social para realizar o compartilhamento de caronas?
22. Pontos de Encontro: o estudo considera a utilização de pontos de encontro para realizar o compartilhamento de caronas?
23. Integração com o Transporte Público: o estudo contempla a integração do transporte público com compartilhamento de caronas?
24. Veículos Autônomos: o estudo considera o veículo como autônomo para realizar o compartilhamento de caronas?
25. Método: método de otimização apresentado ou utilizado pelos autores (E=Exato, H=Heurística, EH=Exato e Heurística);
26. Técnicas: técnicas utilizadas para implementar o método principal, por exemplo, LP (Programação Linear), AOCF (Algoritmo Otimização da Colônia de Formigas) e GA (Algoritmo Genético);
27. Critério de Otimização: critério de otimização apresentado ou utilizado pelos autores (U= Único objetivo e M=Multi-objetivo);

-
28. Software/Linguagem de programação: o software e/ou linguagem de programação utilizada pelos autores;
 29. Resultados Experimentais: o estudo apresenta resultados experimentais?(S=Sim, N=Não);
 30. Instâncias de Testes: indicação dos artigos de onde foram obtidas as instâncias avaliadas no experimento.

A.6 PROCESSO DE SÍNTESE DOS DADOS COLETADOS

Nesta etapa, os dados extraídos serão sumarizados com a utilização de métodos de descritivos, tais como: gráficos e tabelas. Assim, a síntese dos dados pode ser realizada de forma quantitativa e/ou qualitativa, para a análise quantitativa os meta-dados devem ser utilizados principalmente para realização de investigações estatísticas dos estudos que foram selecionados no mapeamento, para a análise qualitativa a partir dos meta-dados coletados deve-se tentar integrar os dados que constituem conclusões com o objetivo de tentar responder às questões de pesquisa do estudo.

APÊNDICE B – ESTUDOS PRIMÁRIOS INCLUÍDOS NA PESQUISA

Tabela 5 – Estudos Primários Incluídos na Pesquisa

Estudo	Título	Autor	Ano
EP001	Optimising an eco-friendly vehicle routing problem model using regular and occasional drivers integrated with driver behaviour control	Abu Al Hla; OTH-MAN; SALEH	2019
EP002	Modeling and optimization of a multi-objective ridesharing problem in the case of medical waste	AHLAQQACH et al.	2019
EP003	Hybridization of game theory and ridesharing to optimize reverse logistics of healthcare textiles	AHLAQQACH et al.	2020
EP004	Meeting points in ridesharing: A privacy-preserving approach	AÏVODJI et al.	2016
EP005	A Demonstration of SHAREK: An Efficient Matching Framework for Ride Sharing Systems	ALARABI et al.	2016
EP006	On-demand high-capacity ride-sharing via dynamic trip-vehicle assignment	ALONSO-MORA et al.	2017
EP007	Minimizing the Driving Distance in Ride Sharing Systems	ARMANT; BROWN	2014
EP008	Maximising the Number of Participants in a Ride-Sharing Scheme: MIP Versus CP Formulations	ARMANT; MAHBUB; BROWN	2016
EP009	Fast optimised ridesharing: Objectives, reformulations and driver flexibility	ARMANT; BROWN	2020
EP010	A New Method for Optimization of Dynamic Ride Sharing System	ARSHAD; MIRZA; HUSSAIN	2015
EP011	Matching algorithm for improving ridesharing by incorporating route splits and social factors	AYDIN; GOKASAR; KALAN	2020

continua na próxima página

Tabela 5 – continuação da página anterior

Estudo	Título	Autor	Ano
EP012	Dynamic pickup and delivery problem with transfer in ridesharing to reduce congestion	Ayu Novia Andini; SATRIA; BURHAN	2019
EP013	Algorithms for trip-vehicle assignment in ride-sharing	BEI; ZHANG	2018
EP014	Agent-based Evolutionary Cooperative Approach for Dynamic Multi-Hop Ridematching Problem	Ben Cheikh; HAM-MADI; TAHON	2015
EP015	An evolutionary approach to solve the dynamic multihop ridematching problem	Ben Cheikh; TAHON; HAM-MADI	2017
EP016	Online vehicle routing: The edge of optimization in large-scale applications	BERTSIMAS; JAILLET; MARTIN	2019
EP017	Planning the ridesharing route for the first-mile service linking to railway passenger transportation	BIAN; LIU	2017
EP018	Mechanism design for first-mile ridesharing based on personalized requirements part I: Theoretical analysis in generalized scenarios	BIAN; LIU	2019
EP019	Mechanism design for first-mile ridesharing based on personalized requirements part II: Solution algorithm for large-scale problems	BIAN; LIU	2019
EP020	Impact of detour-aware policies on maximizing profit in ridesharing	BISWAS et al.	2018
EP021	Generalized ride-sharing: An enhanced model and new results	CANGIALOSI et al.	2014
EP022	Hierarchical data-driven vehicle dispatch and ride-sharing	CHEN et al.	2018
EP023	Agent-based approach to analyzing the effects of dynamic ridesharing in a multimodal network	CHEN; LIU; WEI	2019

continua na próxima página

Tabela 5 – continuação da página anterior

Estudo	Título	Autor	Ano
EP024	A ride-sharing problem with meeting points and return restrictions	CHEN et al.	2019
EP025	Solving the first-mile ridesharing problem using autonomous vehicles	CHEN; WANG; MENG	2020
EP026	Utility-Aware Ridesharing on Road Networks	CHENG; XIN; CHEN	2017
EP027	Assessing the potential of ride-sharing using mobile and social data: A tale of four cities	CICI et al.	2014
EP028	SORS: A Scalable Online Ridesharing System	CICI; MARKOPOULOU; LAOUTARIS	2016
EP029	Ridesharing with passenger transfers	COLTIN; VELOSO	2014
EP030	From Ride-Sourcing to Ride-Sharing through Hot-Spots	CORREA et al.	2017
EP031	Congestion-Aware Ride-Sharing	CORREA et al.	2019
EP032	Iterative committee elections for collective decision-making in a ride-sharing application	DENNISEN; MÜLLER	2016
EP033	Allocation Problems in Ride-Sharing Platforms: Online Matching with Offline Reusable Resources	DICKERSON et al.	2018
EP034	Optimization of Dynamic Ridesharing Systems	Di Febbraro; GATTORNA; SACCO	2013
EP035	On Exploiting Ride-Sharing and Crowd-Shipping Schemes within the Physical Internet Framework	FEBBRARO; GLIO; SACCO	2018
EP036	Multi-hop ride sharing	DREWS; LUXEN	2013
EP037	Optimizing Order Dispatch for Ride-Sharing Systems	DUAN; WANG; WU	2019
EP038	Online Matching in a Ride-Sharing Platform	DUTTA; SHOLLEY	2018

continua na próxima página

Tabela 5 – continuação da página anterior

Estudo	Título	Autor	Ano
EP039	When Hashing Met Matching: Efficient Search for Potential Matches in Ride Sharing	DUTTA	2020
EP040	The Merits of Sharing a Ride	EHSANI; YU	2017
EP041	On the Tracking of Dynamical Optimal Meeting Points	ESER; MONTEIL; SIMONETTO	2018
EP042	Dynamic ride-sharing and fleet sizing for a system of shared autonomous vehicles in Austin , Texas	FAGNANT; KOC-KELMAN	2018
EP043	URoad: An Efficient Algorithm for Large-Scale Dynamic Ridesharing Service	FAN et al.	2018
EP044	Research on Shuttle Bus Ridesharing Model Based on Simulated Annealing Algorithm	FAN; CHEN	2020
EP045	Ride sharing with a vehicle of unlimited capacity	FANELLI; GRECO	2016
EP046	Optimizing ridesharing services for airport access	FENG et al.	2014
EP047	A modeling approach for matching ridesharing trips within macroscopic travel demand models	FRIEDRICH; HARTL; MAGG	2018
EP048	Modelling the ridesharing program in the morning commute problem with parking space constraint	FU; WANG	2018
EP049	Efficient matching of offers and requests in social-aware ridesharing	FU et al.	2018
EP050	Privacy-Aware Dynamic Ride Sharing	GOEL; KULIK; RAMAMOHANARAO	2016
EP051	Optimal Pick up Point Selection for Effective Ride Sharing	GOEL; KULIK; RAMAMOHANARAO	2016
EP052	Algorithmic analysis for ridesharing of personal vehicles	GU; LIANG; ZHANG	2018

continua na próxima página

Tabela 5 – continuação da página anterior

Estudo	Título	Autor	Ano
EP053	An Efficient Insertion Heuristic for On-Demand Ridesharing Services	HAFERKAMP; EHMKE	2020
EP054	A Genetic and Insertion Heuristic Algorithm for Solving the Dynamic Ridematching Problem with Time Windows	HERBAWI; WEBER	2012
EP055	Ride-matching and routing optimisation: Models and a large neighbourhood search heuristic	HOU; LI; ZHANG	2018
EP056	Optimization of monetary incentive in ridesharing systems	HSIEH	2019
EP057	A Particle Swarm Optimization Algorithm to Meet Trust Requirements in Ridesharing Systems	HSIEH	2020
EP058	How to Match When All Vertices Arrive Online	HUANG et al.	2018
EP059	Operational benefits and challenges of shared-ride automated mobility-on-demand services	HYLAND; MAH- MASSANI	2020
EP060	A hybrid ridesharing algorithm based on GIS and ant colony optimization through geosocial networks	JELOKHANI- NIARAKI et al.	2020
EP061	Large-scale nationwide ridesharing system: A case study of Chyunyun	JIANG et al.	2018
EP062	Ride-Sharing is About Agreeing on a Destination	KHAN et al.	2017
EP063	An algorithm for integrating peer-to-peer ridesharing and schedule-based transit system for first mile/last mile access	KUMAR; KHANI	2020
EP064	Autonomous-Vehicle Public Transportation System: Scheduling and Admission Control	LAM; LEUNG; CHU	2016
EP065	Dynamic ridesharing: Is there a role for dedicated drivers?	LEE; SAVELS- BERGH	2015

continua na próxima página

Tabela 5 – continuação da página anterior

Estudo	Título	Autor	Ano
EP066	Path-based dynamic pricing for vehicle allocation in ridesharing systems with fully compliant drivers	LEI; JIANG; OUYANG	2020
EP067	Modeling an enhanced ridesharing system with meet points and time windows	LI et al.	2018
EP068	A multi-modal route choice model with ridesharing and public transit	LI; HUA; HUANG	2018
EP069	An efficient matching method for dispatching autonomous vehicles	LI et al.	2019
EP070	A path-based equilibrium model for ridesharing matching	LI; LIU; XIE	2020
EP071	Automated taxis' dial-a-ride problem with ridesharing considering congestion-based dynamic travel times	LIANG et al.	2020
EP072	A probabilistic approach for demand-aware ridesharing optimization	LIN et al.	2019
EP073	An Edge Computing Based Public Vehicle System for Smart Transportation	LIN et al.	2020
EP074	Analysis and Operational Challenges of Dynamic Ride Sharing Demand Responsive Transportation Models	LINARES et al.	2017
EP075	Globally-Optimized Realtime Supply-Demand Matching in On-Demand Ridesharing	LIU; SKINNER; XI- ANG	2019
EP076	Optimization Approach to Improve the Ridesharing Success Rate in the Bus Ridesharing Service	LIU; LIU	2020
EP077	Fleet performance and cost evaluation of a shared autonomous electric vehicle (SAEV) fleet: A case study for Austin, Texas	LOEB; KOCKEL- MAN	2019

continua na próxima página

Tabela 5 – continuação da página anterior

Estudo	Título	Autor	Ano
EP078	Dynamic ridesharing with intermediate locations	LORIA	2014
EP079	Fair cost allocation for ridesharing services – modeling, mathematical programming and an algorithm to find the nucleolus	LU; QUADRIFOGLIO	2019
EP080	Analysis and Evaluation of the Slugging Form of Ridesharing	MA; WOLFSON	2013
EP081	T-share: A large-scale dynamic taxi ridesharing service	MA; ZHENG; WOLFSON	2013
EP082	Designing optimal autonomous vehicle sharing and reservation systems: A linear programming approach	MA et al.	2017
EP083	A dynamic ridesharing dispatch and idle vehicle repositioning strategy with integrated transit transfers	MA et al.	2019
EP084	Optimal fast charging station locations for electric ridesharing with vehicle-charging station assignment	MA; XIE	2020
EP085	Ridesharing user equilibrium problem under OD-based surge pricing strategy	MA et al.	2020
EP086	Ridesharing-Inspired Trip Recommendations	MADRIA; YEUNG; WARD	2018
EP087	A real-time algorithm to solve the peer-to-peer ride-matching problem in a flexible ridesharing system	MASOUD; JAYA-KRISHNAN	2017
EP088	Discovering regularity in mobility patterns to identify predictable aggregate supply for ridesharing	MENDOZA; RYDERGREN; TAMPÈRE	2018
EP089	Novel dynamic formulations for real-time ride-sharing systems	NAJMI; REY; RASHIDI	2017

continua na próxima página

Tabela 5 – continuação da página anterior

Estudo	Título	Autor	Ano
EP090	Stochastic optimization approach for the car placement problem in ridesharing systems	NAOUM-SAWAYA et al.	2015
EP091	Ridesharing for emergency evacuation	NAOUM-SAWAYA; YU	2017
EP092	Improving Large Scale Real-Time Ridesharing with Heuristics for Road Networks	NING; CHEN; ZHOU	2018
EP093	Agent based model for dynamic ridesharing	NOURINEJAD; ROORDA	2016
EP094	Dynamic matching for real-time ride sharing	ÖZKAN; WARD	2020
EP095	A Scalable Approach for Data-Driven Taxi Ride-Sharing Simulation	OTA et al.	2015
EP096	Ridesharing: Simulator, Benchmark, and Evaluation	PAN; LI; HU	2019
EP097	Hybrid Genetic Algorithm for Ridesharing with Timing Constraints: Efficiency Analysis with Real-World Data	PATEL; NARAYANASWAMY; JOSHI	2020
EP098	A Partition-Based Match Making Algorithm for Dynamic Ridesharing	PELZER et al.	2015
EP099	Stable ride-sharing matching for the commuters with payment design	PENG et al.	2018
EP100	A novel approach to optimize the ridesharing problem using genetic algorithm	RANGRIZ; DAVOODI; SABERIAN	2019
EP101	Routing Optimization for Shared Electric Vehicles with Ride-Sharing	REN et al.	2020
EP102	The Optimal Route and Stops for a Group of Users in a Road Network	REZA; ALI; CHEEMA	2017

continua na próxima página

Tabela 5 – continuação da página anterior

Estudo	Título	Autor	Ano
EP103	Routing autonomous vehicles in congested transportation networks: structural properties and coordination algorithms	ROSSI et al.	2018
EP104	Dynamic taxi and ridesharing: A framework and heuristics for the optimization problem	SANTOS; XAVIER	2013
EP105	Taxi and ride sharing: A dynamic dial-a-ride problem with money as an incentive	SANTOS; XAVIER	2015
EP106	A Matching Algorithm for Dynamic Ridesharing	SCHREIECK et al.	2016
EP107	Sride: An online system for multi-hop ridesharing	SHAH; AFFENDI; QURESHI	2020
EP108	Roo: Route Planning Algorithm for Ride Sharing Systems on Large-Scale Road Networks	SHEN; CAO	2019
EP109	Quota travelling salesman problem with passengers, incomplete ride and collection time optimization by ant-based algorithms	SILVA et al.	2020
EP110	Real-time city-scale ridesharing via linear assignment problems	SIMONETTO; MONTEIL; GAMBELLA	2019
EP111	The benefits of meeting points in ride-sharing systems	STIGLIC et al.	2015
EP112	Making dynamic ride-sharing work: The impact of driver and rider flexibility	STIGLIC et al.	2016
EP113	Enhancing urban mobility: Integrating ride-sharing and public transit	STIGLIC et al.	2018
EP114	An optimization model for demand-responsive feeder transit services based on ride-sharing car	SUN; WEI; WU	2019

continua na próxima página

Tabela 5 – continuação da página anterior

Estudo	Título	Autor	Ano
EP115	An Efficient Ride-Sharing Framework for Maximizing Shared Route	TA et al.	2018
EP116	Multi-User Routing to Single Destination with Confluence	TAKISE; ASANO; YOSHIKAWA	2016
EP117	Recommendation for Ridesharing Groups through Destination Prediction on Trajectory Data	TANG et al.	2020
EP118	Xhare-A-Ride: A search optimized dynamic ride sharing system with approximation guarantee	THANGARAJ et al.	2017
EP119	A Unified Approach to Route Planning for Shared Mobility	TONG et al.	2018
EP120	Vehicle Rebalancing for Mobility-on-Demand Systems with Ride-Sharing	WALLAR et al.	2018
EP121	Activity-Based Ridesharing: Increasing Flexibility by Time Geography	WANG; KUTADINATA; WINTER	2016
EP122	Stable matching for dynamic ride-sharing systems	WANG; AGATZ; ERERA	2018
EP123	Dynamic ridesharing with variable-ratio charging-compensation scheme for morning commute	WANG; JEFF; HUNANG	2019
EP124	Efficient delivery services sharing with time windows	WANG; TAO; JIANG	2020
EP125	Complementarity models for traffic equilibrium with ridesharing	XU et al.	2015
EP126	A traffic assignment model for a ridesharing transportation market	XU; ORDÓÑEZ; DESSOUKY	2015
EP127	A real-Time ride-sharing matching framework using simulated annealing genetic algorithm	XU et al.	2018

continua na próxima página

Tabela 5 – continuação da página anterior

Estudo	Título	Autor	Ano
EP128	Stochastic Ridesharing User Equilibrium in Transport Networks	YAN et al.	2019
EP129	Generalized multipath planning model for ride-sharing systems	YOUSAF et al.	2014
EP130	A Driver and Riders Matching Approach	YOUSAF; LI	2014
EP131	Algorithm designs for dynamic ridesharing system	ZHANG et al.	2018
EP132	A Parallel Simulated Annealing Enhancement of the Optimal-Matching Heuristic for Ridesharing	ZHANG et al.	2019
EP133	Mobility Sharing as a Preference Matching Problem	ZHANG; ZHAO	2020
EP134	Pricing and allocation algorithm designs in dynamic ridesharing system	ZHANG et al.	2020
EP135	Stable two-sided satisfied matching for ridesharing system based on preference orders	ZHAO et al.	2020
EP136	Order dispatch in priceaware ridesharing	ZHENG; CHEN; YE	2018
EP137	Public vehicles for future urban transportation	ZHU et al.	2016
EP138	An Online Ride-Sharing Path-Planning Strategy for Public Vehicle Systems	ZHU; LIU; WANG	2019

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE C – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE

Tabela 6 – Avaliação da Qualidade dos Estudos

Estudo	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	Pontuação
EP001	1	1	0	0	1	3
EP002	1	1	1	1	1	5
EP003	1	1	1	1	1	5
EP004	1	1	1	1	1	5
EP005	0,5	1	1	0	0	2,5
EP006	1	1	0,5	0	0	2,5
EP007	1	1	1	1	1	5
EP008	1	1	0,5	1	1	4,5
EP009	1	1	1	1	1	5
EP010	1	1	0,5	0	0	2,5
EP011	1	1	1	1	1	5
EP012	1	0,5	0	0	0	1,5
EP013	1	0,5	0	0,5	0	2
EP014	1	1	1	1	0,5	4,5
EP015	1	1	1	1	1	5
EP016	1	1	1	0	0	3
EP017	1	1	0,5	1	1	4,5
EP018	1	1	0,5	0	0	2,5
EP019	1	1	0	1	1	4
EP020	0,5	1	0,5	0	0	2
EP021	1	1	0,5	0	0	2,5
EP022	1	1	0,5	1	0,5	4

continua na próxima página

Tabela 6 – continuação da página anterior

Estudo	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	Pontuação
EP023	1	0,5	0,5	0	0	2
EP024	1	1	1	1	1	5
EP025	1	1	1	1	1	5
EP026	1	1	1	1	1	5
EP027	1	1	0,5	0	0	2,5
EP028	1	1	0,5	0	0	2,5
EP029	1	1	0,5	0	0	2,5
EP030	0,5	1	0,5	0	0	2
EP031	1	1	0,5	0	0	2,5
EP032	1	0,5	0,5	1	0,5	3,5
EP033	1	0,5	0,5	0	0,5	2,5
EP034	1	1	0,5	1	0,5	4
EP035	1	1	1	1	1	5
EP036	1	1	1	1	1	5
EP037	1	1	1	0	0	3
EP038	1	1	0,5	0	0	2,5
EP039	1	1	0,5	0	0,5	3
EP040	1	1	0,5	0	0,5	3
EP041	1	0	1	0	1	3
EP042	1	0,5	0,5	1	1	4
EP043	1	1	1	0	0,5	3,5
EP044	1	1	0,5	1	1	4,5
EP045	1	0,5	0,5	0	0	2
EP046	1	1	0,5	1	1	4,5

continua na próxima página

Tabela 6 – continuação da página anterior

Estudo	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	Pontuação
EP047	1	1	1	1	1	5
EP048	1	1	0,5	0	0	2,5
EP049	1	1	1	1	0	4
EP050	1	1	1	1	0,5	4,5
EP051	1	0,5	1	1	1	4,5
EP052	1	1	1	0	0	3
EP053	1	1	1	0	0,5	3,5
EP054	1	1	1	1	1	5
EP055	1	1	1	1	1	5
EP056	1	1	0,5	0	0	2,5
EP057	1	1	0	0	0	2
EP058	1	0	0,5	0	0	1,5
EP059	1	1	1	0	1	4
EP060	1	1	1	1	1	5
EP061	1	1		0	0	2
EP062	1	1	1	0	0	3
EP063	1	1	1	1	1	5
EP064	1	1	1	1	1	5
EP065	1	1	1	0	0	3
EP066	1	1	1	1	1	5
EP067	1	1	1	1	1	5
EP068	1	1	1	0	0	3
EP069	1	1	0,5	0	0,5	3
EP070	1	1	1	0	0	3

continua na próxima página

Tabela 6 – continuação da página anterior

Estudo	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	Pontuação
EP071	1	1	1	1	1	5
EP072	1	1	1	1	1	5
EP073	1	1	1	1	1	5
EP074	1	0,5	1	1	0,5	4
EP075	1	1	1	0	1	4
EP076	1	1	1	1	1	5
EP077	1	0,5	1	1	0	3,5
EP078	1	1	1	1	1	5
EP079	1	1	0,5	1	1	4,5
EP080	0,5	1	0,5	0	0	2
EP081	1	1	1	0	0	3
EP082	1	1	1	1	1	5
EP083	1	1	1	0	0	3
EP084	1	1	1	0	0	3
EP085	1	1	1	0	0	3
EP086	1	0,5	0,5	1	1	4
EP087	1	1	0,5	0	0,5	3
EP088	1	1	1	0	0	3
EP089	1	1	1	0	1	4
EP090	1	1	1	1	1	5
EP091	1	1	1	1	1	5
EP092	1	1	1	1	0,5	4,5
EP093	1	1	0,5	1	1	4,5
EP094	1	1	1	0	0	3

continua na próxima página

Tabela 6 – continuação da página anterior

Estudo	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	Pontuação
EP095	1	1	1	0	0	3
EP096	1	1	1	1	1	5
EP097	1	1	1	1	1	5
EP098	1	0,5	0,5	0	0	2
EP099	1	1	0,5	0	0	2,5
EP100	1	1	0,5	0	0	2,5
EP101	1	1	1	0	0	3
EP102	1	1	0,5	1	1	4,5
EP103	1	1	0,5	0,5	0	3
EP104	1	1	1	1	1	5
EP105	1	1	1	1	1	5
EP106	1	0,5	0,5	0	0	2
EP107	1	1	1	1	1	5
EP108	1	0,5	1	1	1	4,5
EP109	1	1	1	1	1	5
EP110	1	1	1	1	1	5
EP111	1	1	1	1	1	5
EP112	1	1	1	1	1	5
EP113	1	1	1	1	1	5
EP114	1	1	1	1	1	5
EP115	1	1	1	1	1	5
EP116	1	0,5	0,5	1	1	4
EP117	1	1	0,5	0	0	2,5
EP118	1	1	1	1	1	5

continua na próxima página

Tabela 6 – continuação da página anterior

Estudo	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	Pontuação
EP119	1	0,5	0,5	1	1	4
EP120	1	1	1	0	1	4
EP121	1	0,5	0,5	1	0	3
EP122	1	1	1	1	1	5
EP123	1	1	1	0	0	3
EP124	1	1	1	1	1	5
EP125	1	1	1	0	0	3
EP126	1	1	1	1	1	5
EP127	1	1	1	1	1	5
EP128	1	0	1	0	0	2
EP129	1	1	1	0	0,5	3,5
EP130	1	1	1	0	1	4
EP131	1	1	0	0	0	2
EP132	1	1	1	1	1	5
EP133	1	1	1	0	0	3
EP134	1	1	0,5	0	0,5	3
EP135	1	1	0,5	1	0	3,5
EP136	1	1	1	0	0,5	3,5
EP137	1	1	1	1	1	5
EP138	1	1	1	1	1	5

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE D – PROBLEMAS, RESTRIÇÕES E FUNÇÃO OBJETIVO DOS ESTUDOS SELECIONADOS

Tabela 7 – Problemas, Restrições e Função Objetivo dos Estudos Seleccionados

Estudo	Problema	RA	RR	RT	RC	RS	Função Obj.
EP001	PRV		RCMN		CT		FNDT, FNGT
EP002	PRVJTME			TVT	CT		FNGT
EP003	PRVJTME		RDMS		CT		FXCT, FNGT
EP004	PCM			TEP	CT		FNGT, FNDT
EP005	PCV			TEP	CT		FNDT, FNET, FNGT
EP006	PRV	AP		TAT	CP		FNGT
EP007	PGB	AP		TVT	CT		FNDT
EP008	PDDI		RCMN	TVT	CT		FXCT, FNDT
EP009	PCJT			TVT	CT		FXCT, FNDT, FXFT
EP010	PCVJT		RCMN	TVT	CP		FNDT, FNGT
EP011	PDDI		RDMS	TEM	CP		FNDT, FNGT

continua na próxima página

Tabela 7 – continuação da página anterior

Estudo	Problema	RA	RR	RT	RC	RS	Função Obj.
EP012	PCJT			TVT	CT		FNGT, FNDP
EP013	PGB				CT		FNGT, FNDDT
EP014	PRMS			TVT	CT		FNDT, FNDDT
EP015	PCMS	AM		TAT	CT		FNDP, FNV, FNAM
EP016	PDDI			TVT	CT		FNGT
EP017	PRV		RCMS	TVT	CT		FNGT
EP018	PRV		RDPS	TXT, TVT	CT		FNDT, FNGT
EP019	PRV		RDPS	TXT, TXP	CT		FNDT, FNGT
EP020	PRV			TVT	CT		FNGT, FNDDT, FNDDT
EP021	PCBI		RCPN		CP		FXCT, FNGT
EP022	PRV	AP			CT		FNDT
EP023	PVM			TVT	CT		FNDT, FNV
EP024	PCMS			TEP	CT		FNDT, FNGT

continua na próxima página

Tabela 7 – continuação da página anterior

Estudo	Problema	RA	RR	RT	RC	RS	Função Obj.
EP025	PCM				CT		FNTP, FNGT, FXST
EP026	PM			TVP	CT		FNDT, FXCT, FNGT
EP027	PLF			TEP	CT	SM	FNGT, FXCT
EP028	PCPM		RCMN		CT		FNDT, FXCT
EP029	PCM				CT	SM	FNDT
EP030	PAS				CP		FNDT, FNGT
EP031	PAS				CP		FNDT, FNGT
EP032	PRV				CT	SM	FXCT, FXFT
EP033	PGB				CT		FXCT
EP034	PCMS	AM		TVT	CP		FNDT, FNGT
EP035	PCO				CT		FNDM, FNGT
EP036	PCMS	AM	RCMN	TEP	CT		FNDT, FNGT
EP037	PDE			TEP	CT		FNDM, FNEM

continua na próxima página

Tabela 7 – continuação da página anterior

Estudo	Problema	RA	RR	RT	RC	RS	Função Obj.
EP038	PGNB		RCMS		CP		FNDDT, FNDDT
EP039	PCV		RCMN	TEP	CP		FXCT, FNDDT, FNDDT
EP040	PDDI			TVT	CP		FNDP, FXCT, FNTP
EP041	PCV	AP		TXT	CT		FNDDT
EP042	PRV				CT		FNDP, FNDDT
EP043	PCM		RCMN		CP		FNDDT
EP044	PCM			TEP, TAP	CT		FNDDT, FNDDT
EP045	PRV				CP		FNDDT
EP046	PCVJT		RCPN	TVP	CT		FNDDT, FNDDT
EP047	PCV		RCMN	TXP	CT		FXCT
EP048	PDD			TVT	CT		FNDDT, FNDDT
EP049	PM	AP		TVT	CP		FXCT
EP050	PDDI			TVM	CT		FNDDT, FXCT
EP051	PLF		RCMS	TAT	CT		FXCT, FNDDT, FNDDT

continua na próxima página

Tabela 7 – continuação da página anterior

Estudo	Problema	RA	RR	RT	RC	RS	Função Obj.
EP052	PCV		RCPN		CP		FNDDT, FNVD
EP053	POE		RCMN		CT		FXCT, FNGT
EP054	PCJT	AM		TVT	CT		FNDDT, FNMTM, FXPT
EP055	PDDI	AP		TVT	CT		FXCT
EP056	PGB		RDMS		CT		FNDDT, FNGT
EP057	PGB				CT		FNGT, FXFT
EP058	PCB			TVT	CP		FXCT
EP059	PRV			TEP	CT		FNDDT, FNGT
EP060	PCM			TVP	CT		FNEDT, FNMTT, FNGT
EP061	PCB	AP		TVT	CP		FXCT
EP062	PAS				CP		FNDDT, FNGT
EP063	PCMS			TEP	CT		FNDDT, FNVD
EP064	PA	AP		TVT	CT		FNDDT, FNGT

continua na próxima página

Tabela 7 – continuação da página anterior

Estudo	Problema	RA	RR	RT	RC	RS	Função Obj.
EP065	PCV	AP		TEP	CT		FXCT, FNGT
EP066	PPCCD	AP			CT		FNGT
EP067	PDDI	AP	RCMN	TEM	CT		FNDDT, FNDDT, FNGT
EP068	PCMI			TEP	CT		FNGT
EP069	PRV	AP		TVT	CP		FNDDT, FNV
EP070	PCMI		RDMS		CT		FNDDT, FNDDT, FNGT
EP071	PDDI			TET	CT		FNDDT, FNGT
EP072	PRV			TEP	CP		FXCT
EP073	PGB		RDPS		CT		FNDDT, FNGT
EP074	PCJT			TVT	CT		FXCT
EP075	POE				CP		FXCT
EP076	PCJT		RCMN	TVT	CT		FXCT, FNDDP, FNDDP
EP077	PCO				CT		FNGT
EP078	PCMM		RCMN		CT		FNDDT, FNGT

continua na próxima página

Tabela 7 – continuação da página anterior

Estudo	Problema	RA	RR	RT	RC	RS	Função Obj.
EP079	PCV				CT		FNGT,
EP080	PDDI			TAT	CT		FNDT, FNET
EP081	PCVJT			TVT	CT		FNDT
EP082	PCJT			TVT	CT		FXCT, FNGT
EP083	PDDI			TEM	CT		FNDT, FNGT
EP084	PLF			TEP	CT		FNDT, FNGT
EP085	POE			TVT	CP		FNGT
EP086	PCV				CT		FNGT
EP087	PRMS			TVP	CT		FNGT, FNDT
EP088	PGB		RDMS		CT		FXCT, FNNT, FNDT
EP089	PCPM				CT		FNDT, FNV, FXCT
EP090	POE	AP		TVT	CT		FNDT
EP091	PCB	AM			CT		FXCT, FNDT
EP092	PCV				CT		FNGT, FNDT

continua na próxima página

Tabela 7 – continuação da página anterior

Estudo	Problema	RA	RR	RT	RC	RS	Função Obj.
EP093	PRMS	AP		TVT	CT		FNGT, FXCT
EP094	PCO			TEP	CT		FXCT, FNGT
EP095	PCV			TEP	CT		FNGT, FXCT
EP096	PCV				CT		FNDM, FNC, FNGT
EP097	PCJT	AM		TEM	CT		FNDT, FNC
EP098	PRV		RCMN	TVT	CT		FXCT, FNDT, FNGT
EP099	PEE			TVT	CP		FNGT
EP100	PCM				CP		FNDT, FNGT
EP101	PRV				CT		FNV, FNGT
EP102	PRV		RCPN		CT		FNDT, FNGT
EP103	PRV	AP			CP		FNDT, FNGT
EP104	PCJT		RCMN		CT		FXCT, FNGT

continua na próxima página

Tabela 7 – continuação da página anterior

Estudo	Problema	RA	RR	RT	RC	RS	Função Obj.
EP105	PDDI		RCMS	TVT	CT		FNGT, FXCT
EP106	PCM				CT		FXCT
EP107	PRMS		RCMN	TVT	CT		FNDT, FXCT, FNGT
EP108	PCV				CT		FNDT
EP109	PCV		RDMS		CT		FNGT
EP110	PRV			TXT	CT		FNDT, FNGT
EP111	PGB		RCMN	TVT	CP		FXCT
EP112	PCB	AP		TXT	CP		FXCT, FNDT
EP113	PCB	AP		TEP	CP		FXCT, FNDT
EP114	PCJT	AM	RCMN	TVP	CT		FNDP, FNTP
EP115	PGB			TXM	CT		FNDT, FXCT
EP116	PAS				CT		FNGT
EP117	POE		RCMS , RCPN	TVT	CT		FNTT, FNDP
EP118	PVM		RCMN		CT		FNDT
EP119	PRUMC		RCMN		CP		FNDT, FXCT

continua na próxima página

Tabela 7 – continuação da página anterior

Estudo	Problema	RA	RR	RT	RC	RS	Função Obj.
EP120	PGB	AP		TEP	CT		FNV, FXCT
EP121	PCPM			TVT	CP		FXCT
EP122	PCB	AM			CT		FNV, FNGT, FNDDT
EP123	PDD			TVT	CT		FNGT
EP124	PCV	AP		TVT	CP		FXCT
EP125	PCMI		RCMS		CT		FNGT
EP126	PDD				CT		FNGT
EP127	PCJT		RCMN		CT		FNDDT, FXCT
EP128	PDD				CT		FNGT
EP129	PRMS			TVT	CT		FNDDT, FXCT, FXIT
EP130	PVM		RCPN	TVT	CT		FNDDT, FNGT, FXCT
EP131	PCH		RDPS	TVT	CT		FNDDT, FNGT, FNMTM, FXCT
EP132	PCJT		RCMN, RCPS	TEP	CT		FNGT

continua na próxima página

Tabela 7 – continuação da página anterior

Estudo	Problema	RA	RR	RT	RC	RS	Função Obj.
EP133	PGB				CT		FNDT, FXCT
EP134	PCPM		RDMS	TVP	CT		FNDT, FNGT
EP135	PCBI	AP			CT		FXCT, FNGT
EP136	PGB		RCMN, RCPS	TVT	CT		FNDT, FNGT
EP137	PCV			TEP	CT		FNDT
EP138	PCM			TEP	CT		FNDT, FNGT

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE E – MÉTODOS, CRITÉRIO, TÉCNICA E INSTÂNCIAS DOS ESTUDOS SELECIONADOS

Tabela 8 – Métodos, Critério, Técnica e Instâncias dos Estudos Seleccionados

Estudo	Método	Critério	Técnica	Instância
EP001	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Abu Al Hla, Othman e Saleh (2019)
EP002	Exato e Heurística	Multiobjetivo	AG	Ahlaqqach et al. (2019)
EP003	Exato e Heurística	Multiobjetivo	AG	Ahlaqqach et al. (2020)
EP004	Exato	Multiobjetivo	AD	Aivodji et al. (2016)
EP005	Exato	Multiobjetivo	MM	Alarabi et al. (2016)
EP006	Exato e Heurística	Único Objetivo	AGU, PLI	Alonso-Mora et al. (2017)
EP007	Exato	Único Objetivo	PLIM	Armant e Brown (2014)
EP008	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLIM	Armant, Mahbub e Brown (2016)
EP009	Exato	Multiobjetivo	PLIM	Armant e Brown (2020)
EP010	Exato	Multiobjetivo	MM	Arshad, Mirza e Hussain (2015)
EP011	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLI	Agatz et al. (2011)
EP012	Heurística	Multiobjetivo	MM	Ayu Novia Andini, Satria e Burhan (2019)
EP013	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Bei e Zhang (2018)

continua na próxima página

Tabela 8 – continuação da página anterior

Estudo	Método	Critério	Técnica	Instância
EP014	Exato	Multiobjetivo	MM	Ben Cheikh, Hammadi e Tahon (2015)
EP015	Exato e Heurística	Multiobjetivo	APT	Ben Cheikh, Tahon e Hammadi (2017)
EP016	Exato e Heurística	Único Objetivo	PLI	Bertsimas, Jaillet e Martin (2019)
EP017	Exato e Heurística	Único Objetivo	PLIM	Bian e Liu (2017)
EP018	Exato	Multiobjetivo	MM	Bian e Liu (2019a)
EP019	Heurística	Multiobjetivo	AG, APT	Bian e Liu (2019b)
EP020	Exato e Heurística	Multiobjetivo	AGU, PLI	Biswas et al. (2018)
EP021	Exato	Multiobjetivo	PLIM	Cangialosi et al. (2014)
EP022	Exato	Único Objetivo	PLIM	Chen et al. (2018)
EP023	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLIM, AGU	Agatz et al. (2011)
EP024	Exato e Heurística	Multiobjetivo	AGU, PLIM	Chen et al. (2019)
EP025	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLIM	Chen, Wang e Meng (2020)
EP026	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Cheng, Xin e Chen (2017)
EP027	Exato e Heurística	Multiobjetivo	MM	Cici et al. (2014)
EP028	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Cici et al. (2014)

continua na próxima página

Tabela 8 – continuação da página anterior

Estudo	Método	Critério	Técnica	Instância
EP029	Heurística	Único Objetivo	AGU	Coltin e Veloso (2014)
EP030	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Correa et al. (2017)
EP031	Heurística	Multiobjetivo	PD	Correa et al. (2019)
EP032	Exato	Multiobjetivo	MM	Dennisen e Müller (2016)
EP033	Exato e Heurística	Único Objetivo	PLI	Dickerson et al. (2018)
EP034	Exato	Multiobjetivo	PLIM	Di Febbraro, Gattorna e Sacco (2013)
EP035	Exato e Heurística	Multiobjetivo	ARL, PLIM	Febbraro, Giglio e Sacco (2018)
EP036	Exato	Multiobjetivo	AD	Drews e Luxen (2013)
EP037	Exato	Multiobjetivo	PD	Duan, Wang e Wu (2019)
EP038	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLI, AGU	Dutta e Sholley (2018)
EP039	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLI	Dutta (2020)
EP040	Exato	Multiobjetivo	PLIM	Ehsani e Yu (2017)
EP041	Heurística	Único Objetivo	AGU	Eser, Monteil e Simonetto (2018)
EP042	Exato	Multiobjetivo	AD	Fagnant e Kockelman (2018)
EP043	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Brinkhoff (2002a)
EP044	Heurística	Multiobjetivo	ARS	Fan e Chen (2020)
EP045	Exato	Único Objetivo	MM	Fanelli e Greco (2016)

continua na próxima página

Tabela 8 – continuação da página anterior

Estudo	Método	Critério	Técnica	Instância
EP046	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLIM	Feng et al. (2014)
EP047	Heurística	Único Objetivo	AGU	Friedrich, Hartl e Magg (2018)
EP048	Exato	Multiobjetivo	MM	Fu e Wang (2018)
EP049	Exato e Heurística	Único Objetivo	PLI	Fu et al. (2018)
EP050	Exato	Multiobjetivo	MM	Goel, Kulik e Ramamohanarao (2016b)
EP051	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLIM, GRASP	Goel, Kulik e Ramamohanarao (2016a)
EP052	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLI, AG	Gu, Liang e Zhang (2018)
EP053	Heurística	Multiobjetivo	PD	Haferkamp e Ehmke (2020)
EP054	Heurística	Multiobjetivo	AG	Herbawi e Weber (2012)
EP055	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PNLI	Hou, Li e Zhang (2018)
EP056	Exato	Multiobjetivo	PNLI	Yang, Tang e Yao (2008)
EP057	Exato	Multiobjetivo	PLB	Hsieh (2020)
EP058	Exato	Único Objetivo	PLI	Huang et al. (2018)
EP059	Exato	Multiobjetivo	PLI	Dandl et al. (2019)
EP060	Heurística	Multiobjetivo	AOCF	Jelokhani-Niaraki et al. (2020)
EP061	Heurística	Único Objetivo	AGU	Agatz et al. (2011)

continua na próxima página

Tabela 8 – continuação da página anterior

Estudo	Método	Critério	Técnica	Instância
EP062	Heurística	Multiobjetivo	PD	Khan et al. (2017)
EP063	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLI	Kumar e Khani (2020)
EP064	Exato	Multiobjetivo	PLIM	Lam, Leung e Chu (2016)
EP065	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLI	Lee e Savelsbergh (2015)
EP066	Heurística	Único Objetivo	PD	Lei, Jiang e Ouyang (2020)
EP067	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLIM, APT	Li et al. (2018)
EP068	Exato	Multiobjetivo	MM	Morency (2007)
EP069	Heurística	Multiobjetivo	AC	Li et al. (2019)
EP070	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLIM	Li, Liu e Xie (2020)
EP071	Exato	Multiobjetivo	PNLI	Liang et al. (2020)
EP072	Exato e Heurística	Único Objetivo	PLI	Lin et al. (2019)
EP073	Exato	Multiobjetivo	AD	Lin et al. (2020)
EP074	Heurística	Único Objetivo	AGU	Linares et al. (2017)
EP075	Exato e Heurística	Único Objetivo	PLI, AGU	Liu, Skinner e Xiang (2019)
EP076	Heurística	Multiobjetivo	AC	Liu, Skinner e Xiang (2019)
EP077	Exato	Único Objetivo	MM	Loeb, Kockelman e Liu (2018)

continua na próxima página

Tabela 8 – continuação da página anterior

Estudo	Método	Critério	Técnica	Instância
EP078	Exato	Multiobjetivo	AD	Loria (2014)
EP079	Exato	Único Objetivo	PLI	Dumitrescu et al. (2010)
EP080	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Liu et al. (2010)
EP081	Exato e Heurística	Único Objetivo	PLI	Ma e Wolfson (2013)
EP082	Exato	Multiobjetivo	PLI	Savelsbergh e Sol (1998)
EP083	Exato e Heurística	Único Objetivo	PLIM	Ma et al. (2019)
EP084	Exato	Multiobjetivo	PLIM	Ma e Xie (2021)
EP085	Exato	Único Objetivo	MM	Ma et al. (2020)
EP086	Exato e Heurística	Único Objetivo	AGU	Madria, Yeung e Ward (2018)
EP087	Exato	Multiobjetivo	PD	Masoud e Jayakrishnan (2017)
EP088	Exato	Único Objetivo	MM	Mendoza, Rydergren e Tampère (2018)
EP089	Heurística	Multiobjetivo	AC	Parker (2004)
EP090	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLIM	Naoum-Sawaya et al. (2015)
EP091	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLIM	Wolshon et al. (2005)
EP092	Heurística	Multiobjetivo	AD	Mokbel et al. (2013)
EP093	Exato	Multiobjetivo	PLB	Nourinejad e Roorda (2016)
EP094	Exato	Multiobjetivo	PLI	Özkan e Ward (2020)

continua na próxima página

Tabela 8 – continuação da página anterior

Estudo	Método	Critério	Técnica	Instância
EP095	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLIM	Ota et al. (2015)
EP096	Exato e Heurística	Multiobjetivo	ARL, GRASP	Pan, Li e Hu (2019)
EP097	Heurística	Multiobjetivo	AG, ABL	Patel, Narayanaswamy e Joshi (2020)
EP098	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Pelzer et al. (2015)
EP099	Exato	Único Objetivo	MM	Peng et al. (2018)
EP100	Heurística	Multiobjetivo	AG	Rangriz, Davoodi e Sabe- rian (2019)
EP101	Exato e Heurística	Multiobjetivo	AG	Ren et al. (2020)
EP102	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PD	Brinkhoff (2002b)
EP103	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLI	Rossi et al. (2018)
EP104	Heurística	Multiobjetivo	GRASP	Herbawi e Weber (2012)
EP105	Exato e Heurística	Multiobjetivo	GRASP	Santos e Xavier (2015)
EP106	Exato	Único Objetivo	AD	Schrieck et al. (2016)
EP107	Exato	Multiobjetivo	ARL	Shah, Affendi e Qureshi (2020)
EP108	Heurística	Único Objetivo	AC	Shen e Cao (2019)
EP109	Exato e Heurística	Único Objetivo	AOCF	Silva et al. (2020)

continua na próxima página

Tabela 8 – continuação da página anterior

Estudo	Método	Critério	Técnica	Instância
EP110	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLI	Simonetto, Monteil e Gambella (2019)
EP111	Exato	Único Objetivo	PLI	Agatz et al. (2011)
EP112	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLIM	Stiglic et al. (2016)
EP113	Exato	Multiobjetivo	PLI	Stiglic et al. (2018)
EP114	Exato e Heurística	Multiobjetivo	AG, PLIM	Sun, Wei e Wu (2019)
EP115	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Ta et al. (2018)
EP116	Exato	Único Objetivo	PD	Takise, Asano e Yoshikawa (2016)
EP117	Exato	Multiobjetivo	MM	Tang et al. (2020)
EP118	Exato	Único Objetivo	PLI	Thangaraj et al. (2017)
EP119	Heurística	Multiobjetivo	PD	Tong et al. (2018)
EP120	Exato	Multiobjetivo	PLI	Wallar et al. (2018)
EP121	Exato	Único Objetivo	PLB	Jain et al. (2017)
EP122	Exato e Heurística	Multiobjetivo	AGU	Agatz et al. (2011)
EP123	Exato	Único Objetivo	PLI	Wang, Jeff e Huang (2019)
EP124	Exato e Heurística	Multiobjetivo	PLI , AGU	Wang, Tao e Jiang (2020)
EP125	Exato	Multiobjetivo	MM	Xu et al. (2015)
EP126	Exato	Único Objetivo	MM	Xu, Ordóñez e Dessouky (2015)

continua na próxima página

Tabela 8 – continuação da página anterior

Estudo	Método	Critério	Técnica	Instância
EP127	Heurística	Multiobjetivo	ARS, AG	Ta et al. (2017)
EP128	Exato	Único Objetivo	PLIM	Yan et al. (2019)
EP129	Exato	Multiobjetivo	ABF	Yousaf et al. (2014)
EP130	Heurística	Multiobjetivo	AG	Vetter (2010)
EP131	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Zhang et al. (2018)
EP132	Heurística	Multiobjetivo	ARS	Zhang et al. (2019)
EP133	Exato	Multiobjetivo	PLI	Zhang e Zhao (2019)
EP134	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Zhang et al. (2020)
EP135	Exato	Multiobjetivo	PLB	Zhao et al. (2020)
EP136	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Zheng, Chen e Ye (2018)
EP137	Exato e Heurística	Único Objetivo	PLIM	Zhu et al. (2016)
EP138	Heurística	Multiobjetivo	AGU	Zhu, Liu e Wang (2019)

Fonte: Autoria própria.