



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES E
GESTÃO TERRITORIAL

Fernanda Souza Martins

**Procedimento Metodológico para a localização de Pontos de Parada e Descanso em
Rodovias**

Florianópolis
2023

Fernanda Souza Martins

**Procedimento Metodológico para a localização de Pontos de Parada e Descanso em
Rodovias**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Villarroel Dávalos.

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC

Souza Martins, Fernanda

Procedimento Metodológico para a localização de Pontos
de Parada e Descanso em Rodovias / Fernanda Souza Martins
; orientador, Ricardo Villarroel Dávalos, 2023.

127 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes e Gestão Territorial,
Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2.
Sistemas de Transportes. 3. Pontos de Parada e Descanso.
4. Problemas de Localização. 5. Segurança Viária. I.
Villarroel Dávalos, Ricardo. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Transportes e Gestão Territorial. III. Título.

Fernanda Souza Martins

Procedimento Metodológico para a localização de Pontos de Parada e Descanso em Rodovias

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Lenise Grando Goldner, Dr.(a)

Instituição UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Eugênio Cavallazzi, Dr.

Instituição UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. João Carlos Souza, Dr.

Instituição UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Ricardo Villarroel Dávalos, Dr.

Instituição UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Sistemas de Transportes.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial

Prof. Ricardo Villarroel Dávalos, Dr.

Orientador

Florianópolis, 2023

Este trabalho é dedicado à minha amada mãe Salete de Souza

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me sustentado em todos os momentos, sem ele nada disso seria possível.

À minha família, em especial à minha mãe, Salete, que nunca poupou esforços para me apoiar, ao meu irmão Leandro e minha cunhada Gisa, que estiveram ao meu lado nesse caminho.

Agradeço aos meus amigos e colegas de trabalho, com quem convivi durante esta fase, todos foram essenciais durante esta jornada.

Agradeço sinceramente ao Dr. Ricardo Villarroel Dávalos, meu orientador, por sua paciência, confiança e orientação valiosa que têm contribuído significativamente para o meu desenvolvimento acadêmico. À Dra. Lenise Grando Goldner, ao Dr. Eugênio Cavallazzi e ao Dr. João Carlos Souza, membros da banca examinadora, expresse minha gratidão pelas considerações feitas, as quais foram de grande relevância para o avanço da pesquisa. Aos colegas da UFSC, onde juntos convivemos com todos os desafios e conquistas.

Um agradecimento especial à ANTT e a Arteris Litoral Sul pelo suporte na disponibilização das informações para esta dissertação. E, por fim, minha gratidão aos cidadãos brasileiros, cujo financiamento indireto possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.

Provérbios 16:3.

RESUMO

O transporte rodoviário é o principal meio de integração e escoamento de produtos no Brasil, movimentando 61% das cargas e 90% dos passageiros. As ocorrências envolvendo caminhões nas estradas geram custos sociais e econômicos e a falta de políticas de infraestrutura tem impactado a segurança viária.

A Rodovia BR-101 é uma das principais rodovias do Brasil, com seus 4.080 quilômetros desempenha um papel importante na integração dos polos produtivos e no avanço econômico do país. Em Santa Catarina, seus 466 quilômetros tem a importante ligação no transporte de mercadorias e no deslocamento de pessoas com outros estados brasileiros, integrando-se ao corredor Mercosul. No entanto, com o aumento constante do volume de veículos, especialmente caminhões, a rodovia enfrenta desafios relacionados à segurança no trânsito. A presença de portos, o transporte de grãos e veículos pesados torna o tráfego intenso e gera uma alta incidência de sinistros de trânsito. No primeiro semestre de 2018, a BR-101/SC registrou 55,3 acidentes a cada 100 km de extensão, de acordo com a CNT (Confederação Nacional do Transporte).

Neste contexto, os Pontos de Parada e Descanso para caminhoneiros são importantes para a segurança e conforto dos motoristas e dos usuários que trafegam nas rodovias, porém, não há uma metodologia específica para determinar sua localização adequada.

O estudo propôs a aplicação de técnicas de Pesquisa Operacional, como a programação linear para otimizar a localização das áreas de descanso, por meio de técnicas que envolvem a questão de onde instalar um objeto, considerando informações de demanda e capacidade dos serviços. O objetivo foi propor um modelo integrado de localização otimizada e representação cartográfica de áreas de descanso em rodovias nacionais, buscando estabelecer variáveis de impacto para segurança viária, analisando visualmente os cenários, melhorando o conforto dos motoristas e reduzindo os custos associados a sinistros de trânsito, otimizando o transporte de mercadorias melhorando a segurança viária. Destacou-se a importância do Sistema de Informação Geográfica (SIG) na tomada de decisões e a necessidade de novas tecnologias de informação para lidar com problemas complexos. A pesquisa buscou fornecer um procedimento metodológico para localizar áreas de descanso, com ênfase na segurança viária e na otimização do transporte de cargas. Para resolver o problema, o estudo concentrou-se na avaliação de Postos de Combustíveis existentes as margens da rodovia, onde foram considerados 25 possíveis locais de parada com base em critérios de área igual ou superior a 15.000 m². Além disso, uma matriz de distância foi criada, calculando a distância entre o ponto médio de cada segmento homogêneo da rodovia e os postos de combustíveis em ambos os sentidos (norte e sul). O estudo também considerou critérios qualitativos e quantitativos para atribuir pesos aos segmentos homogêneos da rodovia, esses critérios incluíram taxas de sinistros de trânsito, geometria da via, iluminação, qualidade do pavimento, qualidade da sinalização, níveis de serviço (capacidade das vias), características urbanas ou rurais, presença de postos de polícia, postos de pesagem e postos de apoio. A combinação de critérios de segurança viária permitiu a identificação de locais ideais para essas áreas, sendo proposto no modelo a abertura de $p = 2$ medianas para cada sentido da rodovia, e por fim, comparando os resultados obtidos entre as duas técnicas, *p-mediana* e o Problema de Máxima Cobertura. Nesta pesquisa, foram delineadas dez etapas para o processo de localização das áreas de descanso, que proporcionaram um método abrangente e sistemático com foco na segurança viária e na otimização do transporte rodoviário.

Palavras-chave: Sistemas de Transportes. Pontos de Parada e Descanso. Problemas de Localização. Segurança Viária.

ABSTRACT

Road transportation is the main means of integration and distribution of products in Brazil, accounting for 61% of freight and 90% of passengers. Incidents involving trucks on the roads generate social and economic costs, and the lack of infrastructure policies has impacted road safety.

The BR-101 Highway is one of Brazil's main highways, with its 4,080 kilometers playing an important role in integrating productive centers and advancing the country's economy. In Santa Catarina, its 466 kilometers serve as a vital link in the transportation of goods and the movement of people to other Brazilian states, integrating with the Mercosur corridor. However, with the constant increase in vehicle volume, especially trucks, the highway faces challenges related to traffic safety. The presence of ports, the transportation of grains, and heavy vehicles make traffic intense and lead to a high incidence of traffic accidents. In the first semester of 2018, the BR-101/SC registered 55.3 accidents per 100 km of extension, according to the National Confederation of Transport (CNT).

In this context, Truck Rest and Rest Areas are important for the safety and comfort of drivers and users traveling on highways. However, there is no specific methodology to determine their appropriate location.

The study proposed the application of Operational Research techniques, such as linear programming, to optimize the location of rest areas, through techniques involving the question of where to install an object, considering demand information and service capacity. The objective was to propose an integrated model of optimized location and cartographic representation of rest areas on national highways, aiming to establish impact variables for road safety, visually analyzing scenarios, improving driver comfort, reducing costs associated with traffic accidents, and optimizing freight transportation by enhancing road safety. The importance of Geographic Information System (GIS) in decision-making and the need for new information technologies to deal with complex problems were highlighted.

The research aimed to provide a methodological procedure for locating rest areas, with an emphasis on road safety and freight transportation optimization. To solve the problem, the study focused on evaluating existing Gas Stations along the highway, considering 25 possible stopping locations based on criteria of area equal to or greater than 15,000 m². In addition, a distance matrix was created, calculating the distance between the midpoint of each homogeneous segment of the highway and the gas stations in both directions (north and south). The study also considered qualitative and quantitative criteria to assign weights to the homogeneous segments of the highway. These criteria included traffic accident rates, road geometry, lighting, pavement quality, signage quality, service levels (road capacity), urban or rural characteristics, presence of police stations, weigh stations, and support stations. The combination of road safety criteria allowed the identification of ideal locations for these areas, with the model proposing the opening of $p=2$ medians for each direction of the highway, and finally, comparing the results obtained between the two techniques, p -median and the Maximum Coverage Problem. In this research, ten steps were outlined for the process of locating rest areas, providing a comprehensive and systematic method focusing on road safety and road transportation optimization.

Keywords: Transportation Systems. Rest Areas. Location Problems. Road Safety.

LISTA DE QUADROS

Tabela 1 - Principais alterações na Legislação sobre o motorista profissional	27
Tabela 2 - Relação entre MCLP e SCP	44
Tabela 3 – Resultados da pesquisa	51
Tabela 4 - Segmentos Homogêneos da BR-101/SC.....	73
Tabela 5 - Instalações possíveis PPDs	75
Tabela 6 – Coordenadas das instalações selecionadas.	76
Tabela 7 - Pesos associados sentido norte.....	80
Tabela 8 - Pesos associados sentido sul	80
Tabela 9 – UPS sentido norte	81
Tabela 10 - UPS sentido sul	82
Tabela 11 – VDMA veículos leves e pesados sentido norte	83
Tabela 12 – VDMA veículos leves e pesados sentido sul.....	84
Tabela 13 – Níveis de Serviço.....	85
Tabela 14 – Segmentos com iluminação	88
Tabela 15 - Características físicas e operacionais da rodovia	92
Tabela 16 – Resultados Cenário 1 p-mediana sentido norte	96
Tabela 17 - Resultados Cenário 1 p-mediana sentido sul	97
Tabela 18 - Resultados Cenário 2 p-mediana sentido norte.....	99
Tabela 19 - Resultados Cenário 2 p-mediana sentido sul	100
Tabela 20 - Resultados Cenário 2 MCLP sentido norte.....	103
Tabela 21 - Resultados Cenário 2 MCLP sentido sul	104
Tabela 22 – Comparativo resultados p-mediana x MCLP Sentido Norte.....	106
Tabela 23 - Comparativo resultados p-mediana x MCLP Sentido Sul	106
Tabela 24 - Lista de Postos Certificados Publicados no DOU (2021)	116
Tabela 25 – Matriz de distâncias sentido norte	125
Tabela 26 - Matriz de distâncias sentido sul	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma para a pesquisa	23
Figura 2 – PPD Arteris Litoral Sul.....	25
Figura 3 - Implantação Geral PPD	26
Figura 4 - Elevação edificação para PPD.....	27
Figura 5 – Fluxograma baseado na metodologia PROKNOW-C	49
Figura 6 - Distâncias entre áreas de descanso nos Estados Unidos.....	54
Figura 7 - Categorias das áreas de descanso no sistema rodoviário coreano	58
Figura 8 - Tipo de pesquisa científica	65
Figura 9 – Fluxograma da pesquisa.....	67
Figura 10 – Trecho Sul da BR-101/SC	72
Figura 11 – Postos de Combustíveis Existentes na BR-101/SC	74
Figura 12 – Painel Consulta Dinâmica CNT – Condição do Pavimento	89
Figura 13 - Painel Consulta Dinâmica CNT – Condição da Sinalização	91
Figura 15 – Resultados Cenário 1 representados em mapas.	98
Figura 16 - Resultados Cenário 2 representados em mapas.....	101
Figura 16 – Resultados MCLP Cenário 2 – Sentido Norte e Sentido Sul.....	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP: Analytic Hierarchy Process
ANTT: Agência Nacional de Transportes Terrestres
CFTV: Circuito Fechado de Televisão
CNT: Confederação Nacional de Transportes
DNIT: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DENATRAN: Departamento Nacional de Trânsito
EUA: Estados Unidos da América
GIS: *Geographic Information System*
GOV: Governo Federal
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGGE: Índice de Gravidade Global Expedito
IGG: Índice de Gravidade Global
IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MINFRA: Ministério de Infraestrutura
MTE: Ministério do Trabalho
OND: Ondulado
PER: Programa de Exploração Rodoviária
PIB: Produto Interno Bruto
PO: Pesquisa Operacional
PPD: Pontos de Parada e Descanso
PRF: Polícia Rodoviária Federal
TMC: Tempo Máximo de Direção Contínuo
UPS: Unidade Padrão de Severidade
VDMA: Volume Diários Médios Anuais
VSA: Valor de Serventia Atual
SH: Segmento Homogêneo
SIG: Sistema de Informações Geográficas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	O PROBLEMA	18
1.2	OBJETIVOS	20
1.2.1	Objetivo Geral.....	20
1.2.2	Objetivos específicos	20
1.3	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	20
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NARRATIVA.....	24
2.1.1	Pontos de parada e descanso.....	24
2.1.2	Legislação	27
2.1.3	Indicadores sociais	29
2.2	SEGURANÇA VIÁRIA	30
2.2.1	Sinistros de trânsito	30
2.2.2	Cálculo Índices de acidentalidade	32
2.2.3	Geometria da via.....	34
2.2.4	Sinalização Viária	34
2.2.5	Iluminação	36
2.2.6	Qualidade do Pavimento	36
2.3	PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO	38
2.3.1	Classificação dos Problemas de Localização	39
2.3.2	Problema das <i>p</i> -medianas.....	40
2.3.3	Problemas de Cobertura	42
2.3.4	Problema de localização de máxima cobertura	43
2.4	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)	45
2.5	MÉTODO AHP.....	47
2.6	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA	48
2.6.1	Revisão sistemática de literatura de ppd	48
2.6.2	Definição das palavras-chave.....	50
2.6.3	Seleção das Bases de Dados.....	50

2.6.4	Relevância dos Trabalhos	50
2.6.5	Leitura dos artigos.....	51
2.6.6	Análise dos trabalhos.....	53
2.7	TRABALHOS RELACIONADOS	59
2.7.1	Estudos no Mundo	59
2.7.2	Estudos no Brasil	62
2.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	64
3	MÉTODO	65
3.1	METODOLOGIA DE PESQUISA	65
3.2	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	66
3.3	DELIMITAÇÕES.....	70
4	ESTUDO DE CASO	71
4.1	A RODOVIA BR-101	71
4.2	CONSIDERAÇÕES GERAIS DO ESTUDO.....	72
4.3	POSSÍVEIS PONTOS DE PARADA E DESCANSO NA BR-101/SC	74
4.4	MATRIZ DE DISTÂNCIA.....	77
4.5	PESOS ASSOCIADOS.....	77
4.5.1	Definição do nível de importância dos riscos relacionados.....	78
4.5.2	Definição dos riscos associados a segurança viária	78
4.6	FLUIDEZ NO TRÁFEGO.....	81
4.6.1	Taxa de severidade de sinistros no trânsito.....	81
4.6.2	Volume de Tráfego	83
4.7	CAPACIDADE DA RODOVIA	85
4.7.1	Nível de Serviço.....	85
4.8	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA RODOVIA.....	87
4.8.1	Geometria da Via.....	87
4.8.2	Iluminação	88
4.8.3	Qualidade do pavimento	89
4.8.4	Qualidade da sinalização.....	90
4.9	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E OPERACIONAIS DA RODOVIA.....	92
4.10	MODELO PROPOSTO	94
4.10.1	Modelo <i>p</i> -medianas	94

4.10.1.1	Resultados modelo das <i>p</i> -medianas	96
4.10.2	Modelo localização de máxima cobertura	102
4.10.2.1	Resultados modelo máxima cobertura.....	103
4.10.3	Processamento computacional.....	106
4.10.4	Limitações.....	106
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	108
5.1	CONCLUSÕES.....	108
5.2	TRABALHOS FUTUROS	109

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o transporte rodoviário é o maior responsável pela integração e escoamento de produtos entre as regiões, se complementando com os modos de transportes ferroviário, aéreo e aquaviário que contribuem para o desenvolvimento econômico do país. O transporte rodoviário movimentava 61% de suas cargas e 90% do total de passageiros (CNT, 2019). De maneira geral, o país é dependente deste modo de transporte que, com vantagens e desvantagens, causam impactos relevantes à sociedade, como a capacidade de tráfego por qualquer rodovia, sua utilização com qualquer tipo de carga, a agilidade no transporte, a não necessidade de entrepostos especializados e a facilidade de contratação. Entre as desvantagens estão o limite do tamanho de carga e/ou veículo, o custo de operação, a emissão de gases poluentes, os custos para o frete, os riscos de roubo e acidentes (LOGÍSTICA PARA TODOS, 2011).

Um dos principais fatores relacionados ao desenvolvimento do setor de transporte no país está ligado a um trânsito mais seguro, os sinistros nas estradas geram custos sociais e econômicos, tendo-se, por exemplo, a cada dia, 14 mortes e 190 acidentes nas rodovias federais do país (CNT, 2019). As ocorrências envolvendo caminhões trazem riscos aos usuários e motoristas devidos as características e porte desse tipo de veículo. Além disso, ao longo da última década observou-se que a frota de veículos dobrou, ao passo que a extensão rodoviária cresceu cerca de 12% no mesmo período, ou seja, o crescimento do tráfego não tem sido acompanhado pelo desenvolvimento de políticas de infraestrutura capazes de absorver as demandas e necessidades geradas (CNT, 2019).

Neste contexto, os pontos de parada e descansos para caminhoneiros, são entendidos como instalações que se destinam aos motoristas profissionais, para que realizem paradas para descanso visando maior segurança com o repouso entre jornadas. De acordo com o BOE et al., (2015) uma área de descanso e serviço é definida como uma área próxima à rodovia especialmente projetada para hospedar instalações que atendam às necessidades dos usuários, composta por serviços relacionados com segurança e conforto. A localização e a proximidade entre uma área de descanso e outra são temas importantes para o planejamento de melhorias na segurança viária. Embora este assunto pareça ser recente, nos EUA, as áreas de descanso e serviço foram construídas desde 1956 como parte do sistema de rodovias interestaduais (WEINGROFF, RF. FEDERAL-AID HIGHWAY, 1956).

No Brasil, não se tem definido uma metodologia específica para determinar a localização apropriada para estas áreas de descanso. A Lei de nº 13.103/2015 estabelece diretrizes para implantação das instalações, mas não faz menção sobre distâncias mínimas ou máximas a serem consideradas, porém, pesquisadores têm se dedicado a elaborar metodologias com este objetivo, a fim de identificar trechos prioritários que devem receber os PPD, como abordou (SANTOS, 2016). É imprescindível que as áreas de descanso e serviço estejam distribuídas de forma adequada ao longo da malha rodoviária, uma série de áreas de descanso com boas instalações não se tornam eficientes se não estiverem alocadas atendendo as necessidades dos usuários.

Em transportes, a Pesquisa Operacional acrescenta importantes contribuições que auxiliam na definição da localização, conforme (ARENALES et al., 2011) a PO é uma aplicação de métodos científicos a problemas complexos que auxiliam no processo de tomada de decisões, como projetar, planejar e operar sistemas em situações que requerem alocações eficientes. Entre as ferramentas e métodos disponíveis dentro da PO, a programação linear trata do problema de alocar recursos escassos que competem entre si, representados por modelos de expressões lineares, que consistem em encontrar os valores das variáveis de decisão, de modo que maximizem ou minimizem a devida função, respeitando um sistema de igualdades ou desigualdades, com as restrições do modelo, que determinam um conjunto de soluções viáveis, sendo a melhor solução conhecida como solução ótima (GOMES E GOMES, 2019).

O problema de localização de facilidades trata da aplicação de técnicas que envolvem a questão de onde instalar um objeto, ou seja, uma facilidade, podendo estar associado a informações de demandas e capacidade dos serviços. Na abordagem apresentada por (FARAHANI; HEKMATFAR, 2012), o problema de localização para cobertura de conjuntos, tem como objetivo apontar a quantidade mínima de instalações necessárias e sua respectiva localização, de modo que cada ponto da demanda possa ser coberto por uma facilidade dentro de um padrão de serviço, nesse tipo de aplicação o objetivo é minimizar o número de instalações de modo que a cobertura total do sistema seja alcançada. Chuch e Reville et al., (1974), apresentam em seu estudo uma abordagem que não determina que todas as demandas estejam cobertas, mas procura maximizar a cobertura total, desta forma, o problema de localização de máxima cobertura tem o objetivo de maximizar a demanda coberta dentro de um padrão de serviço, dado um número de recursos. Em conjunto com modelos de otimização, devido a

quantidade de dados envolvidos, o uso de recursos computacionais se torna imprescindível (GOMES E GOMES, 2019).

O desenvolvimento do senso de localização, conhecer o espaço geográfico e suas limitações, como se locomover, gera a necessidade da utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG), que por sua vez, trata-se de uma tecnologia fundamental para o processo de tomada de decisões baseadas na geografia (MEIRA; GOMES, 2010). A importância da tecnologia da informação para a tomada de decisões consiste em utilizar ferramentas para obter e ter acesso aos dados e analisá-los. Desta forma, à medida que a complexidade do problema aumenta, necessita-se de novas tecnologias de informação para tratar os sistemas de informações de forma efetivamente integrada (LACERDA, 1999). Conforme (LORENA et al., 2001) diversos trabalhos na literatura abordam o problema de localização de facilidades utilizando um SIG e, algumas vezes, são combinados com outras técnicas matemáticas como fez (ARAKAKI; LORENA, 2006), (MAPA; LIMA, 2012), (LORENA et al., 2001), (TALON, 2019).

Dentro desse contexto, a proposta desta pesquisa é utilizar a Pesquisa Operacional, como ferramenta para auxiliar na definição da localização das áreas de descanso, considerando informações que envolvam critérios de segurança viária em rodovias.

1.1 O PROBLEMA

O transporte rodoviário enfrenta diversos problemas ocasionados pela falta de investimento público e descaso das autoridades. Apenas 12,4% da malha rodoviária federal é pavimentada, 9,1% é planejada e cerca de 78,5% não é pavimentada, o que, se calculado, resulta em aproximadamente 1.350.000 de quilômetros. (CNT, 2022). Quanto à conservação e manutenção, 59,2% das rodovias encontram-se classificadas em condições regulares, ruins ou péssimas.

No período de 2009 a 2019 a malha pavimentada cresceu apenas 0,5% (CNT, 2020), oferecendo riscos a todos os usuários, mas principalmente aos que trafegam com veículos de cargas, inclusive as que representam perigo ou nocividade. Além disso, diversos fatores contribuem para ocorrência de acidentes no trânsito, como o fator humano, veicular, institucional/social, socioeconômico e o meio ambiente. Sendo assim, as causas dos acidentes

podem ocorrer devido a um ou mais fatores, e a eliminação de qualquer um desses podem reduzir consideravelmente sua ocorrência (CNT, 2020).

O estudo de estatísticas envolvendo caminhões apresentado pelo Confederação Nacional de Trânsito – CNT (2020) traz o perfil dos motoristas profissionais, e relata que um motorista chega a percorrer em média 9.561,3 quilômetros por mês, numa jornada com mais de 8 horas por dia, seis dias por semana. Muitos deles dormem dentro do caminhão e não conseguem se alimentar bem, dirigem por horas sem pausas. Entre as causas dos acidentes envolvendo veículos pesados, o estudo destaca: a distância percorrida, o uso de substâncias químicas, as dificuldades de planejamento das rotas com desvios e bloqueios, o excesso de carga, a manutenção do veículo, os problemas de saúde, o cansaço, a falta de atenção e o sono. Tais problemas geram uma série de incidentes que causam prejuízos à sociedade, tanto os usuários quanto o setor de transporte são impactados por esses problemas, e, quando ocorrem, transformam a todos em vítimas.

Na literatura, há diversos estudos que avaliam as estatísticas de acidentes antes e depois das áreas de descanso, como o estudo realizado no estado de Minnesota – EUA, onde os dados foram combinados com contagens de tráfego, com o intuito de identificar, por meio de estatísticas, tendências e padrões desenvolvidos antes e após a implantação de áreas de descansos no período de 10 anos (1995 - 2004), as avaliações demonstraram que, com as vagas de estacionamentos ocupadas no período noturno, houve uma redução nas ocorrências de acidentes envolvendo um único caminhão, também identificaram que as distâncias entre uma área de descanso possuem relação direta com as ocorrências de acidentes por fadiga, envolvendo um único veículo durante todos os momentos do dia (ROMO-MARTÍN; PÉREZ-ACEBO, 2018).

BANERJEE et. al (2009) estudou os acidentes sobre um critério espacial a fim de relacioná-los às áreas de descanso e concluíram que os acidentes por fadiga e os produzidos por outros fatores, diminuem após a implantação dos PPD. Para FOSSER, (1988), a direção sem descanso e acidentes entre condutores profissionais mostram que os sinistros no trânsito começam a aumentar após cerca de 6 horas de direção sem uma pausa, em um período de 10 horas os riscos aumentam para 80%. Para CNT (2019) o risco é maior nove horas após o início do turno, com 12 horas de trabalho o risco dobra, e com 14 horas sem pausa esse fator de risco aumenta três vezes. Além disso, as áreas de descanso e serviços e outros estabelecimentos

localizados ao longo das rodovias inibem o condutor a parar no acostamento, mostrando que a direção sem pausa é algo que pode ser evitado (ELVIK et al., 2015).

1.2 OBJETIVOS

A seguir serão apresentados os objetivos do trabalho, divididos em geral e específicos.

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho é propor um procedimento metodológico para localizar pontos de parada e descanso em rodovias nacionais.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com o intuito de alcançar o objetivo geral estabelecido para a pesquisa, os seguintes objetivos específicos são estabelecidos:

- a) Utilizar a técnica da P-mediana e o Problema de Máxima Cobertura para identificar a localização otimizada das áreas de descanso em rodovias.
- b) Estabelecer variáveis de impacto para segurança viária que afetam os PPD, definindo indicadores conforme seu grau de importância;
- c) Formular uma equação para matriz de pesos que envolvem segurança viária, a partir do método AHP (Analytic Hierarchy Process);
- d) Comparar os resultados obtidos entre as técnicas da P-mediana e o Problema de Máxima Cobertura.

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Desde 2019, o Ministério de Infraestrutura (MINFRA) vem apresentando ações a fim de ampliar a disponibilidade de Pontos de Parada e Descanso, através da Portaria de nº 45 que flexibiliza o reconhecimento de estabelecimentos como PPD, podendo ser estações rodoviárias, hotéis, pousadas, refeitórios de empresas e postos de combustíveis localizados nas

proximidades das rodovias, porém, não traz distinção entre áreas de descanso e áreas de serviços, como diferenciado em outros países.

A principal legislação que rege o trabalho dos motoristas profissionais é a Lei nº 13.103/2015 que dispõe sobre o exercício da profissão de motoristas profissionais e altera leis para disciplinar a jornada de trabalho e o tempo de direção, o Decreto nº 8.433/2015 dispõe sobre a regulamentação e a Portaria de nº 45 define os procedimentos para reconhecimento dos PPD. Os benefícios oferecidos pelo MTE aos estabelecimentos que optarem pelo credenciamento, são a promoção de campanhas educativas de trânsito e de segurança viária, acesso a treinamentos profissionais e capacitações desenvolvidas em cooperação com o Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte - SENAT, acesso a serviços de apoio e assistência desenvolvidos em cooperação com o Serviço Social de Transporte - SEST e promoção de ações de atendimento e prestação de serviços públicos por órgãos e entidades do Governo Federal (GOV, 2021).

A lista atualizada com os estabelecimentos certificados e publicados no Diário Oficial da União somam 139 postos (Anexo A). O relato dos motoristas profissionais, apresentado ao portal eletrônico (PÉ NA ESTRADA, 2021) aponta que a maioria dos postos credenciados não oferecem serviços gratuitos, ou seja, há cobrança pelo uso do estacionamento e banho, em alguns casos os ambientes disponíveis nem sempre estão em condições de boa higiene e não oferecem segurança suficiente para pernoite.

Com isso, a problemática dos motoristas profissionais continua sem solução, mesmo com a iniciativa do governo inerente ao mercado, os benefícios oferecidos não favorecem o cumprimento da legislação, que necessitam de instalações sem custos e com condições mínimas de conforto e segurança.

O Ministério da Infraestrutura vem realizando investimentos para privatização das rodovias e, com ele, a exigência de PPD no Programa de Exploração Rodoviária (PER) dos novos contratos, o que demonstra um panorama positivo para o futuro. O documento não traz definições acerca das localizações, mas define que o serviço seja prestado 24 horas por dia e 7 dias por semana, com tempo de permanência máximo por veículo de 12 horas contínuas (BRASIL. Ministério da Infraestrutura, 2021). Para as concessões com contrato em vigência, a incorporação dos PPD depende da aprovação da ANTT e o reequilíbrio na tarifa de pedágio. Enquanto isso, o cenário atual demonstra que os custos provenientes dos sinistros no trânsito tem se tornado um prejuízo à sociedade, conforme dados do (IPEA, 2020), em 2014 houve

167.247 sinistros de trânsito nas rodovias federais, com 8.233 mortes e 26.182 feridos graves. Esses acidentes geraram um custo para a sociedade de R\$ 12,8 bilhões, sendo 62% desses custos associados às vítimas dos acidentes, como cuidados com a saúde e perda de produção devido às lesões ou morte, e 37,4% associados aos veículos, como danos materiais e perdas de cargas, além dos procedimentos de remoção dos veículos acidentados.

Para Elvik et al. (2015) é perigoso ser usuário das vias. De certa forma, é muito mais perigoso o que pode ser mais intenso do que a maioria das outras atividades que as pessoas realizam diariamente. Por isso, os esforços para reduzir o número de óbitos e os danos resultantes são necessários, sendo papel da pesquisa disseminar ideias para o planejamento de novas medidas e melhorias nas existentes. Como o conceito “Rodovias que Perdoam” (*Forgiving Roadways*), que consiste na adoção de uma concepção para rodovias que induzam ao alerta a percepção do risco pelo usuário e que utilizem projetos, materiais, dispositivos e tecnologias para mitigar a severidade dos sinistros provocados pela condição das estradas, falhas dos veículos ou por usuários e, quando possível, evitando tais sinistros (BRASIL, Ministério da Infraestrutura, 2021).

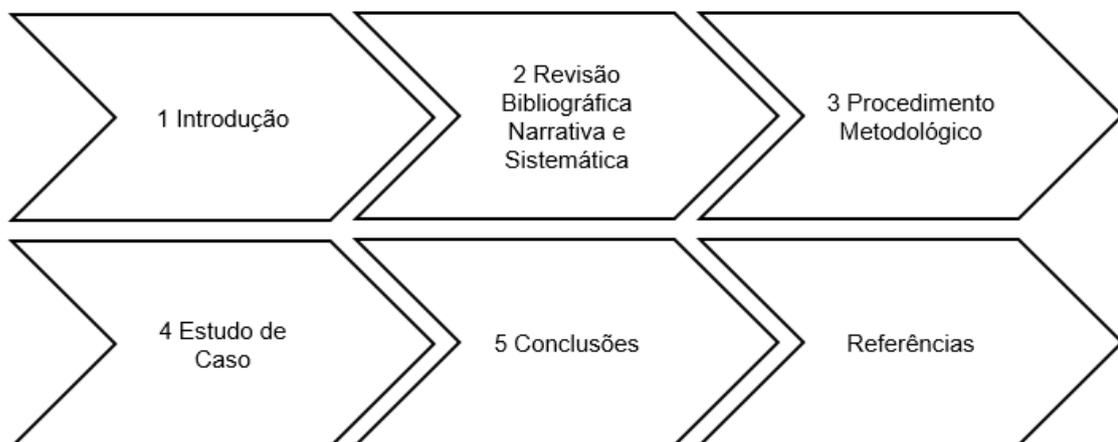
O estudo para localização das áreas de descanso contribui para melhorar o conforto de todos em suas viagens, de acordo com (BERTULIENĖ; JUKNEVIČIŪTĖ-ŽILINSKIENĖ, 2014) a presença dos PPD auxiliam na redução dos custos associados a acidentes, melhora a qualidade de trabalho do motorista profissional, otimiza o deslocamento de cargas e mercadorias, atrai clientes e usuários aos serviços ofertados, reduz filas em horários de pico, evita as ocorrências de roubos de cargas e facilita a fiscalização da Polícia Rodoviária Federal.

Neste sentido, este estudo propõe-se a aplicar modelos de otimização a fim de determinar configurações otimizadas para localização das áreas de descanso na Rodovia BR-101 no estado de Santa Catarina, utilizando como referência as pesquisadas realizadas por (ROMO-MARTÍN; PÉREZ-ACEBO, 2018), que avaliou as distâncias entre áreas de descanso nas rodovias da Espanha e (SANTOS; MÜLLER, 2006), que utilizou o Problema de Localização de Máxima Cobertura para definir a localização de bases de aeronaves de interceptação na Região Amazônica.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho encontra-se definida em cinco capítulos, onde o capítulo 1 traz a introdução do tema abordado, os objetivos da pesquisa, a metodologia e os procedimentos metodológicos; o capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica e sistemática cobrindo os temas que dão embasamento para a construção deste trabalho, partindo da conceituação de pontos de parada e descanso, um estudo abordando as distâncias praticadas em outros países, e a revisão das legislações que regem a jornada de trabalho dos motoristas profissionais e as instalações de PPD no Brasil. Na sequência, são apresentados os conceitos sobre as variáveis de segurança viária relevantes no estudo, a revisão teórica sobre os problemas de localização e o uso de SIG em transportes; seguido por um resumo dos trabalhos relacionados que abordaram outras metodologias de estudo sobre áreas de descanso no mundo; o capítulo 3, apresenta a metodologia e os procedimentos metodológicos da pesquisa; o capítulo 4 apresenta o estudo de caso e o modelo proposto. E por fim, o capítulo 5 traz as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros. A Figura 1 representa o fluxograma da pesquisa:

Figura 1 - Fluxograma para a pesquisa



2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentadas as teorias que formaram a base dessa pesquisa. Os conceitos que compõem os pontos de parada e descanso e os parâmetros legais que regem a jornada de trabalho dos motoristas profissionais. É apresentado os fatores de segurança viária que influenciam as ocorrências de sinistros no trânsito, bem como a definição de sinistros de trânsito, cálculo de acidentalidade e as influências da geometria, sinalização viária, iluminação e a qualidade do pavimento.

Na sequência é tratado sobre problemas de localização e sua classificação: problemas das *p*-medianas e os problemas de cobertura. Por fim, é apresentado uma síntese sobre Sistemas de Informações Geográficas e uma revisão sistemática de literatura, com o processo para identificar os artigos que possuem informações acerca da localização e conceitos entre áreas de descanso e serviço.

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NARRATIVA

2.1.1 PONTOS DE PARADA E DESCANSO

As áreas de descanso e serviço desempenham um papel fundamental na malha rodoviária, elas fornecem a veículos de carga e de passageiros a oportunidade de utilizar instalações sanitárias, realizar uma refeição, dormir, utilizar um telefone de emergência e abastecer seus veículos. De acordo com (AL-KAISY et al., 2011), as instalações auxiliam os motoristas profissionais que necessitam realizar pausas por conta de: cansaço, fadiga e sonolência ao dirigir e a cumprir com normas legais relacionadas ao tempo de condução. Em todo o mundo, as áreas de descanso e serviço são consideradas locais de apoio aos viajantes e atuam como medida de melhoria na segurança viária (JUNG; JOO; OH, 2017).

Bertulienė e Juknevičiūtė-Žilinskienė (2014) listam uma série de benefícios sociais resultantes das áreas de descanso, como redução de furtos de carga por conta do veículo estar estacionado em local seguro, maior segurança e conforto para o motorista e passageiro, crescimento econômico devido a oferta de serviços, incentivo aos usuários a utilizarem o comércio e serviços local apoiando a promoção do turismo através de publicidade.

O uso das áreas de descanso é diferente em cada país, na Espanha, por exemplo, as áreas de descanso atendem tanto aos usuários viajantes, quanto a população local. Já em outros países, apenas usuários das rodovias conseguem acessar as áreas. Sua definição busca atender objetivos específicos em cada país, pois aspectos como velocidade da via, geometria, classes, comportamento dos usuários, definições públicas e técnicas são específicos de cada região (BERTULIENĖ; JUKNEVIČIŪTĖ-ŽILINSKIENĖ, 2014).

No Brasil, os estudos para novos modelos de concessão trazem junto ao PER a exigência para implantação de áreas de descanso. Como é o caso da área de descanso inaugurada na rodovia SP-255 em Bocaina pela concessionária Arteris Via Paulista. O PPD conta com 76 vagas de estacionamento e possui infraestrutura e instalações conforme Portaria nº 944. A Arteris Litoral Sul em Santa Catarina, recebeu autorização da ANTT para construção do primeiro PPD no trecho sob concessão construído na antiga praça de pedágio, no km 220+000, na cidade de Palhoça, o estacionamento contará com 59 vagas, sendo 33 para carretas (até 30 metros) e 26 vagas para caminhões (até 12 metros), ainda, terá acesso em ambos os sentidos de tráfego, com uma passarela que fará a ligação entre os sentidos norte e sul, conforme Figura 2. O fluxo diário previsto para veículos pesados é de 10.926 aumentando para 11.156 na temporada de verão.

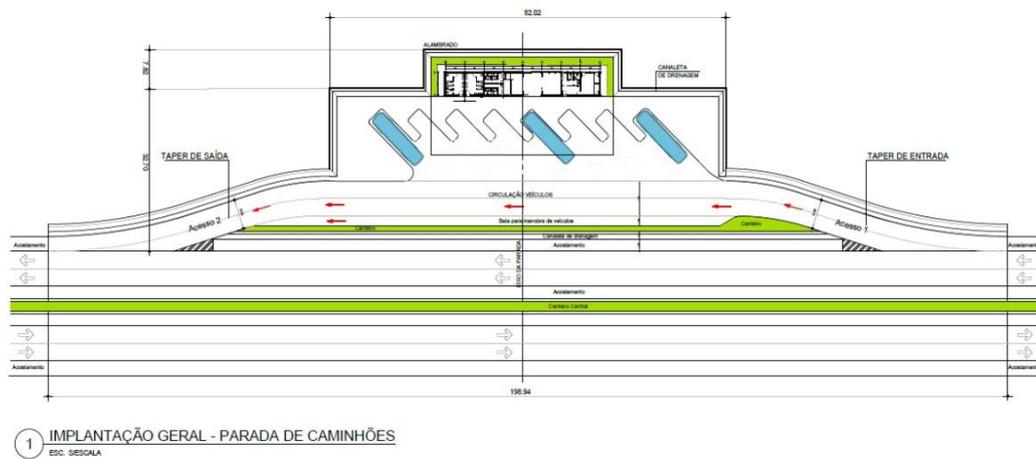
Figura 2 – PPD Arteris Litoral Sul



Fonte: Arteris (2023)

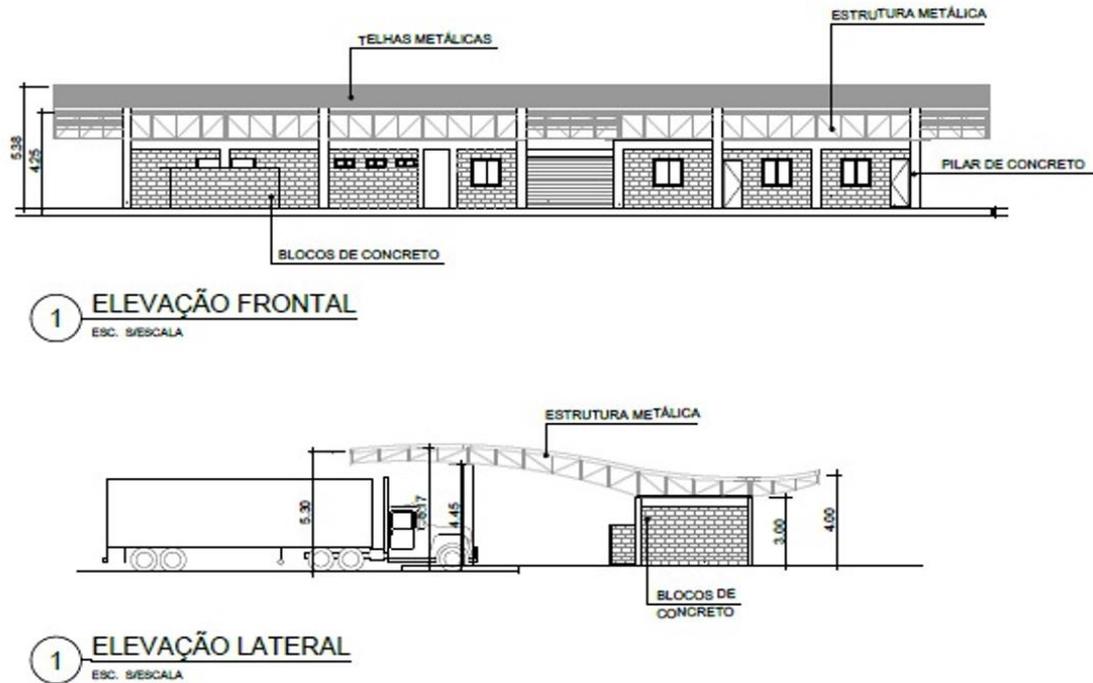
O layout utilizado em estudos de concessões não é definido em razão do volume de tráfego e não possui premissas para sua configuração. A Figura 3 e Figura 4 apresenta o layout utilizado no edital de concessão para rodovias estaduais no Rio Grande do Sul que possui área total de 4.238,00 m² e 155,70 m² de área edificada, com apenas 8 vagas de estacionamento para caminhões. A configuração utilizada pode receber caminhões com até 18 metros, exceto veículos que possuem 7 eixos (30 metros de comprimento).

Figura 3 - Implantação Geral PPD



Fonte: PARCERIAS RS, GOV (2022)

Figura 4 - Elevação edificação para PPD



Fonte: PARCERIAS RS, GOV (2022)

2.1.2 LEGISLAÇÃO

Neste item será apresentado um resumo da legislação brasileira na qual trata sobre os Pontos de Parada e Descanso e os parâmetros legais que impactam na jornada de trabalho dos motoristas profissionais.

A principal lei que trata sobre o motorista profissional, conhecida também como lei do caminhoneiro, é a lei nº 13.103/2015 que dispõe sobre o exercício da profissão, a jornada de trabalho e o tempo de direção, direitos, condições de segurança sanitárias e exame toxicológico dos motoristas profissionais. A Lei nº. 13.103/2015 é uma atualização da Lei nº 12.619/2013, entre as principais alterações pode-se destacar:

Tabela 1 - Principais alterações na Legislação sobre o motorista profissional

LEI 12.619/2012	LEI 13.103/2015
A alteração da jornada de trabalho de 8h/dia + 2h extras	Até 4h extras com autorização do sindicato totalizando 12h dia

LEI 12.619/2012	LEI 13.103/2015
Descanso diário mínimo 11 horas, 9h ininterruptas e 2h podendo ser fracionadas	Descanso diário mínimo 11 horas, 9h ininterruptas e 3h podendo ser fracionadas
Intervalo de 30min/dia ou fracionado a cada 4h (com condução de até 4h ininterruptas)	Intervalo de 30min/dia ou fracionado a cada 6h (com condução de até 5:30h ininterruptas)
Prorrogação de 1h do tempo de condução até local de segurança	Prorrogação do tempo de condução por período necessário até local de segurança

Fonte: AUTOR, 2023

No que tange aspectos construtivos, o MINFRA publicou a Portaria nº 944 em 8 de julho de 2015, que estabelece condições mínimas sanitárias para as instalações. Com relação ao reconhecimento dos PPD, as Portarias vem sendo atualizadas, sendo a última Portaria publicada de nº 45 (11/03/2021), que estabelece os procedimentos gerais para reconhecimento dos PPDs, e a portaria nº 1343 (02/12/2019) na qual traz os critérios construtivos exigidos.

2.1.3 INDICADORES SOCIAIS

Para que se possa planejar um PPD é importante considerar uma medida quantitativa que permita a operacionalização do sistema. A coleta de dados, estatísticas e informações permitem identificar seu funcionamento a partir da análise e de suas características. Os indicadores sociais podem ser divididos em três grupos, sendo:

- dados socioeconômicos,
- dados geográficos;
- demandas de tráfego,

Entre os dados socioeconômicos podemos citar: o PIB (Produto Interno Bruto), a Renda *per capita*, dados de exportação e importação.

Entre os dados geográficos podemos citar: população, densidade demográfica e os dados de ocupação do solo.

Entre as demandas de tráfego podemos utilizar a contagem de tráfego (VMD), frota de caminhões e matriz origem e destino.

2.2 SEGURANÇA VIÁRIA

Com o objetivo de desenvolver um referencial teórico sobre o tema deste trabalho, foram pesquisados em teses, dissertações, livros e manuais, os conceitos técnicos e suas formas de mensuração quantitativa e/ou qualitativa conforme apresentado a seguir.

2.2.1 SINISTROS DE TRÂNSITO

Em 2020 foi publicada a NBR 10697/2020 que define os termos técnico utilizados na preparação e execução de pesquisas relativas a sinistros de trânsito e na elaboração de relatórios estatísticos e operacionais, entre as principais mudanças pode-se citar o termo “sinistros de trânsito” conforme define a ABNT:

Todo evento que resulte em dano ao veículo ou à sua carga e/ou em lesões a pessoas e/ou animais, e que possa trazer dano material ou prejuízos ao trânsito, à via ou ao meio ambiente, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou em áreas abertas ao público.

Portanto, nesta pesquisa será adotado o termo sinistros de trânsitos para publicações a partir do ano de 2020, conforme estabelece a ABNT.

O *Department of Transportation-USA* (1996), define acidentes de trânsito como um evento raro, aleatório e originado a partir de diversos fatores inter-relacionados, sempre precedido de uma ou mais pessoas que falham na cooperação com seu ambiente, ou seja, significa dizer que o usuário enfrentou uma dificuldade de interação com seu veículo ou com a via através do seu veículo. Segundo o *National Safety Council (USA)*, acidentes de trânsito podem ser definidos como resultado de uma sequência de eventos, dos quais usualmente decorrem, de forma não intencional, morte, ferimento ou somente danos materiais. O *Traffic Engineering Handbook*, apresenta acidente como uma falha do sistema rodoviário/veículo/motorista, na execução de uma ou mais operações necessárias à realização de uma viagem, sem danos materiais ou pessoais, cujos fatores causais poderão ser encontrados nos pontos em que essas operações foram erradas. O DENATRAN, entende que o acidente de trânsito pode ser apresentado sob duas formas distintas: acidente evitável e o acidente inevitável, onde o acidente evitável é aquele que ocorre pelo fato de o condutor ter deixado de fazer aquilo que poderia ter sido feito para evitá-lo, o acidente inevitável é muito raro, mas pode

ser considerado como aquele evento fruto da fatalidade e que independente da vontade humana. Segundo (IZQUIERDO, 1996), os fatores determinantes para ocorrências de acidentes são erros humanos, porém a melhoria das características dos veículos e da infraestrutura podem contribuir para a redução das situações de conflito em consequência dos acidentes, para (TRRL-INGLATERRA, 1975), os fatores determinantes são: usuário, infraestrutura e veículo. De acordo com HSM, os fatores que afetam os acidentes são 93% humanos, 34% infraestrutura e 3% veículos. Seguindo o conceito de que os acidentes são resultados de vários fatores desencadeados, acredita-se que não é possível detectar causas para sua ocorrência e sim fatores, que, juntos contribuem para a ocorrência dos acidentes (SCHOPF, 2006). Existem três elementos que contribuem, individualmente ou conjuntamente, a ocorrência de cada acidente de trânsito, o fator humano, o fator veicular e o fator viário ambiental.

Entre os fatores humanos pode-se destacar a ingestão de álcool, drogas e medicamentos, cansaço e sonolência, conduta perigosa (desrespeito às leis de trânsito), falta de habilidade, desvio de atenção e baixa visibilidade. Os fatores veiculares referem-se às características do veículo como, por exemplo, manutenção inadequada (desempenho dos freios, condições dos pneus, limpador de para-brisas com defeito e espelho retrovisor quebrado), a inexistência de airbags e o uso dos cintos de segurança, tipo do veículo motocicleta, bicicleta, pedestre, carro, ônibus ou caminhão e visibilidade com uso dos faróis. Na categoria de fatores viários-ambientais incluem-se defeitos na superfície de rolamento (buracos, água na pista, degrau no acostamento e superfície escorregadia), falha no projeto geométrico, sinalização deficiente, interseções inadequadas, ausência de proteção lateral, falta de iluminação em locais críticos, e os efeitos resultantes das condições climáticas, tais como chuva, neblina, vento forte e animais na pista. Segundo a (PRF, 2017) as principais causas de acidentes em rodovias federais são divididas em, (1) desrespeito às normas de trânsito (velocidade incompatível, ultrapassagem indevida, ingestão de álcool, desobediência à sinalização e não guardar a distância segura), (2) falta de atenção dos condutores e sonolência, (3) presença de animais na pista, (4) problemas mecânicos do veículo, (5) defeitos viários e (6) outras causas não especificadas. Sabe-se que todo acidente está, de alguma forma, relacionado ao comportamento do usuário envolvido, mas não necessariamente a sua severidade, quase sempre é possível apontar erros específicos ou escolhas infelizes, feitas normalmente nas frações de segundo que antecedem um acidente (GRIME, 1987; NORDQUIST, 1988).

2.2.2 CÁLCULO ÍNDICES DE ACIDENTALIDADE

De acordo com (ELVIK et al., 2015), o número de pessoas feridas em sinistros no trânsito pode ser determinado por três fatores:

- volumes de tráfego, dada a quantidade de viagens e transportes em que podem acontecer sinistros no trânsito devido a exposição,
- o risco de acidente, a probabilidade de se envolver em um acidente por quilômetro percorrido (índice de ups),
- risco de dano, a probabilidade de ser ferido uma vez que se tenha sido envolvido em um acidente de trânsito,

Para tanto também sugere que o número de feridos pode ser reduzido com redução do volume de tráfego, redução ao risco de sinistros no trânsito (número de ocorrências), redução dos riscos de lesões. Sabe-se que o crescimento do volume de tráfego, pode aumentar o número de sinistros, porém, as consequências dos sinistros no trânsito em vias com congestionamentos têm um índice menos severo, pois a atenção do condutor está sendo solicitada devido às filas. Os riscos de sinistros recebem a influência de fatores de risco que podem estar relacionados ao meio de transporte ou tipo de veículo, sistema viário, condições ambientais como iluminação, condições de condução e fatores comportamentais dos usuários das vias. O cálculo de UPS (Unidade Padrão de Severidade) de acordo com o (DENATRAN, 1987) pode ser obtido a partir da equação 1.0:

$$UPS = \left(\frac{S}{V} \times 1\right) + \left(\frac{C}{V} \times 5\right) + (FATAIS \times 13) \quad (1.0)$$

Onde:

UPS: Unidade Padrão de Severidade

S/V: Sinistros de trânsito sem vítimas

C/V: Sinistros de trânsito com vítimas

Fatais: Sinistros de trânsito com vítimas fatais

Já o manual do (DNIT, 2006) traz uma formulação diferente da indicada pelo DENATRAN, sendo:

Número de UPS = Sinistros somente com danos materiais x 1 + Sinistros com feridos x 4 + Sinistros com feridos envolvendo pedestres x 6 + Sinistros com vítimas fatais x 13.

A diferença entre as formulações é que no método do DENATRAN, a quantidade de sinistros não tem tanta importância quando comparada a quantidade e severidade de vítimas. Para obter o índice de UPS, o cálculo é realizado pela equação 1.1:

$$T = \frac{UPS \times 10^6}{P \times V} \quad (1.1)$$

Onde:

T = sinistros em UPS por milhões de veículos;

UPS = unidade padrão de severidade;

P= período do estudo, em dias (geralmente 365);

V= volume de tráfego;

Para avaliar trechos que não são similares em tempo e extensão, pode-se utilizar a seguinte equação 1.2:

$$R = \frac{N \text{ de UPS} \times 10^6}{VDM \times P \times E} \quad (1.2)$$

Onde:

R: Taxa de severidade de sinistros no trânsito

VDM: Volume diário médio de veículos passando pelo trecho

P: Período de estudo (normalmente 365 dias)

E: Extensão do trecho (em km)

2.2.3 GEOMETRIA DA VIA

Os sinistros de trânsito resultam de três fatores contribuintes: usuário, veículo e via. Os motoristas estão sujeitos a cometerem erros e gerar sinistros, o sistema viário, por sua vez, pode atuar na redução da severidade dos sinistros se bem estruturado. Uma rodovia segura, permite compensar, em parte, os riscos oferecidos por outros fatores, contribuindo com a redução da frequência dos sinistros e minimizando a severidade daqueles que ocorrerem. Grande parte dos sinistros em rodovias estão relacionados a trechos em tangente, nas curvas é que ocorrem os sinistros de trânsito com maior severidade (RADIMSKY et al, 2016).

As condições geométricas das rodovias devem ser analisadas, considerando que o tamanho e peso dos veículos de carga influenciam na operação do tráfego. As medidas geométricas das vias que devem ser observadas são as em aclives acentuados, tipo de área, intersecções, como cruzamentos e rotatórias e curvas verticais. As medidas operacionais dos veículos incluem o volume diário médio (VDM), velocidade e *headway* obtidos em diferentes condições de tráfego. Segundo a (CNT, 2017), para avaliar a relação de ocorrências de sinistros em rodovias, deve-se levar em conta as características geométricas da via, considerando o tipo de rodovia (pista simples ou dupla), a presença de faixa adicional de subida (terceira faixa), pontes, viadutos, curvas perigosas e acostamento.

A Pesquisa CNT de Rodovias, (2022) aponta que as características geométricas da via afetam as condições de segurança viária no comportamento e na atenção do motorista, na sua habilidade em manter o controle do veículo, e ainda, na identificação de situações e particularidades perigosas.

2.2.4 SINALIZAÇÃO VIÁRIA

A sinalização viária compreende elementos horizontais (demarcações de linhas, faixas, símbolos e legendas no pavimento), verticais (placas e painéis) e auxiliares (tachas refletivas e os balizadores), que, em conjunto, têm as funções de regulamentação, advertência e orientação dos seus usuários, visando proporcionar condições confortáveis e seguras de tráfego na via. A premissa básica para o bom desempenho da sinalização é de que as mensagens sejam transmitidas de modo que os usuários compreendam corretamente o seu significado com

distância ou tempo suficiente para orientar as ações exigidas dele no sistema viário, assim, a sinalização viária efetiva é importante para a tomada de decisão do motorista (FUJI, 2017).

Os sinais tem função de transmitir informações aos motoristas no momento em que são necessárias, como os cuidados a serem tomados, destinos a serem seguidos, faixas a serem utilizadas (Pesquisa CNT, 2022). É importante que o projeto considere a distância de visibilidade adequada para que os dispositivos sejam avistados no tempo necessário de reação para tomada de decisão. Os elementos de sinalização transmitem informações necessárias para o desempenho da direção, portanto, possui contribuição para a segurança viária e para redução do número de sinistros de trânsito.

O Manual Brasileiro de Sinalização Trânsito define que a sinalização deve atender aos princípios da legalidade, suficiência, padronização, clareza, visibilidade, legibilidade, manutenção e conservação. O Código de Trânsito Brasileiro (CTB), traz em seu artigo 88 que “nenhuma via pavimentada poderá ser entregue após sua construção, ou reaberta ao trânsito após a realização de obras ou de manutenção, enquanto não estiver devidamente sinalizada, vertical e horizontalmente, de forma a garantir as condições adequadas de segurança na circulação”.

A pesquisa do Anuário CNT (2019), traz a classificação da sinalização por região e unidade da Federação de 2005 a 2019, nela o estado de Santa Catarina, possui 205 km classificados como ótimo, 1256 km em bom, 1133 em regular e 459 classificados como ruins. Em trechos com o Pavimento considerado “Ótimo” segundo a Pesquisa CNT de Rodovias, o menor índice de gravidade é observado em condições “Ótimas” de Sinalização (6,0 mortes a cada cem acidentes). Já em condições “Péssimas” de Sinalização, o índice é bem maior, com 15,6 mortes a cada cem acidentes. Trafegar por trechos com a Sinalização “Péssima” mais que dobra os índices de letalidade (CNT, 2019). Nesse contexto, a Pesquisa CNT Rodovias, 2022 realizou o levantamento das rodovias considerando as seguintes variáveis:

- Sinalização Horizontal: Faixas centrais e faixas laterais;
- Sinalização Vertical: Placas de regulamentação, advertência, indicação e visibilidade e legalidade das placas;
- Dispositivos Auxiliares: barreiras de proteção.

2.2.5 ILUMINAÇÃO

A iluminação também é uma variável importante na avaliação da condição de conforto e segurança dos usuários, uma vez que em situações com frequências climáticas adversas como chuva e neblina, a visibilidade do motorista é afetada. A presença da iluminação pública, aérea ou suspensa sobre uma via, melhora a visibilidade das demarcações do pavimento, auxiliando o motorista na tomada de decisão no tempo necessário.

A finalidade da iluminação é oferecer luz, ou seja, claridade às vias públicas, oferecendo segurança e conforto ao motorista, auxiliando também a ação da polícia.

Para iluminação viária, a Norma em vigência é a NBR 5101:2018, na qual fixa requisitos considerados como mínimos necessários à iluminação de vias públicas, os quais são destinados a proporcionar um nível de segurança ao tráfego de pedestres e veículos, de forma rápida, precisa e confortável.

Segundo a NBR 5101:2018, os projetos de iluminação pública devem atender aos requisitos específicos do usuário, provendo benefícios econômicos e sociais para os cidadãos. A aplicação da norma junto a utilização de materiais, métodos de implantação e manutenção adequados garante produção de iluminação adequada e utilização racional da energia.

2.2.6 QUALIDADE DO PAVIMENTO

Um bom pavimento deve suportar os efeitos do clima, permitir um deslocamento suave e não causar desgaste excessivo dos pneus ou nível alto de ruídos, deve ainda, resistir ao fluxo de veículos, realizar o escoamento da água na superfície e ter boa resistência a derrapagens (Pesquisa CNT Rodovias, 2022). Para atender estes requisitos a qualidade da estrutura do pavimento é importante, é comum encontrar problemas na capacidade de suporte definida e na qualidade dos materiais utilizados, muitos apresentam falhas construtivas e outros problemas que causam um processo de deformação, resultando em diversos problemas no seu estado de conservação, que por sua vez, impacta no aumento do risco de sinistros de trânsito, a condição da superfície de rolamento com buracos ou ondulações causam instabilidades nos veículos e podem gerar sinistros de trânsito com a perda do controle do veículo.

Nas avaliações objetivas do pavimento, são feitas medições das deformações nas trilhas de roda, além do inventário de defeitos, cujas frequências subsidiam o cálculo de um

Índice de Gravidade Global (IGG) – Norma DNIT 006/2003-PRO, este índice fornece, dentro de uma escala nominal de péssimo a ótimo, um conceito de degradação do pavimento. Outros índices obtidos são: Índice de condição de pavimentos flexíveis ou semirrígidos ICPF – Norma DNIT 008/2003-PRO Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) - Norma DNIT 008/2003-PRO e Índice do estado de superfície. Na avaliação subjetiva do pavimento, as características funcionais avaliadas são o conforto e a suavidade da pista de rolamento. A percepção do avaliador é convertida em notas, que combinadas com as dos demais avaliadores do grupo, levarão ao Valor de Serventia Atual (VSA), que é a medida subjetiva das condições de superfície de um pavimento quanto ao conforto e suavidade.

A pesquisa CNT Rodovias – 2022, apresenta o levantamento das condições de pavimento considerando três variáveis: condição da superfície do pavimento, condição de rolamento, condição do acostamento. Tais variáveis influenciam o conforto e a segurança do usuário, uma vez que o pavimento é dimensionado com uma determinada vida útil, ou seja, durante seu ciclo de utilização a condição do pavimento pode variar entre ruim ou péssima caso não seja realizada manutenções periódicas.

2.3 PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

Os problemas de localização de facilidades (*Facility Location*) consiste em selecionar os locais mais adequados para uma ou mais instalações dentre um conjunto de opções, visando oferecer um serviço de qualidade aos clientes, ao mesmo tempo em que se busca minimizar custos e maximizar os lucros ou demandas de coberturas, buscando sempre a melhor solução deste conjunto, ou seja, uma solução ótima. As aplicações de problemas de localização ocorrem nos setores públicos e privados. No setor público procura-se maximizar a satisfação dos clientes em detrimento dos custos necessários para tal objetivo, como localização de escolas, postos de saúde, corpo de bombeiros, ambulâncias, ponto de ônibus, terminais ferroviários e aeroportos entre outras aplicações. No caso do setor privado, onde os custos financeiros estão envolvidos, as aplicações envolvem, de forma geral, a localização de fábricas, depósitos, torres de transmissão, lojas de franquias e etc. (LORENA et al., 2001).

Existem diversas aplicações para solucionar problemas de localização presentes na literatura, algumas delas utilizam modelos de otimização em conjunto com o Sistema de Informações Geográficas, conforme abordado por (ARAKAKI; LORENA, 2006), que desenvolveram uma heurística integrada ao SIG de localização-alocação para problemas de localização de máxima cobertura e de *p*-medianas e (MAPA; LIMA, 2012), que avaliaram a qualidade das soluções para o problema de localização-alocação de instalações geradas por um SIG-T, após a utilização combinadas das rotinas de localização de facilidades e o problema do transporte, quando comparadas com as soluções ótimas, obtidas a partir de um modelo matemático exato baseado em programação linear (LORENA et al., 2001), apresentam um relato da integração de modelos de *p*-medianas aos SIGs ArcView e SPRING, um sistema desenvolvido no INPE. (DOS SANTOS CARNASCIALI; DELAZARI, 2007) abordam a integração de um SIG para auxiliar a tomada de decisão locacional voltada ao setor bancário, abrangendo o município de Curitiba/PR. (NARUO, 2003) estudou o sistema consorciado intermunicipal entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos, analisando os custos relacionados, utilizando o problema de localização de facilidades e o software TransCAD uma ferramenta em GIS para roteirização e programação da frota. (PIZZOLATO et al., 2004) avaliaram a localização atual de escolas públicas em áreas urbanas, com aplicação de locação de facilidades e o modelo de *p*-medianas, propuseram uma realocação, através do software o ArcView e o GeoRedes. (FILHO VALLIM, 2004) avalia

a localização de centros de distribuição, utilizando modelos de localização, considerando as ligações entre os centros e os fluxos de origem e destinos de carga. Outros estudos, utilizaram as ferramentas em SIG em conjunto com métodos de tomada de decisão, conforme (ZAMBON et al., 2005) que avaliaram as alternativas para localização de usinas termoeletricas, através da integração entre GIS e métodos de decisão multicritério.

Estudos foram desenvolvidos, utilizando a ferramenta de código aberto Microsoft Excel, conforme abordado por (TALON, 2019), que tratou sobre o reabastecimento de lojas de conveniência localizadas em grandes centros urbanos, através da otimização de rotas, considerando restrições de circulação e janelas de tempo de abastecimento, para resolver a variante do problema de roteirização de veículos. (OLIVEIRA, 2017) estudou técnicas de roteirização e programação de veículos para otimizar os recursos disponíveis da área da logística a fim de reduzir os custos de operação e melhorar o nível de serviço oferecido aos clientes no âmbito da distribuição física de mercadorias de uma empresa do setor alimentício, utilizando a programação de código no Visual Basic for Applications (VBA) para a realização da roteirização. (BASSI, 2009) estudou o processo de gerenciamento de coletas de carga em fornecedores de uma empresa de engenharia que atua na área de projetos de grande porte, com objetivo de definir as rotas e programação das coletas para redução dos custos e aproveitamento da frota de veículos, utilizando a linguagem VBA, para realizar a roteirização.

Os estudos produzidos por (CHURCH E REVELLE, 1974) apresentam uma abordagem que busca o menor número de instalações possíveis para cobrir todos os pontos, na qual, não determina que todas as demandas devem ser cobertas, mas que procura maximizar a cobertura total, conhecida como o Problema de Localização de Máxima Cobertura.

2.3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

Existem diversos aspectos que devem ser observados para a classificação dos Problemas de Localização. A seguir serão descritos alguns desses aspectos (SANTOS; MÜLLER, 2006).

- I. Espaço Geográfico: Os problemas de localização são geralmente formulados em um dos três tipos espaço, contínuo, discreto e redes.
- II. Métrica de distância: a distância entre dois pontos pode ser definida pelo comprimento entre esses pontos. As métricas de distâncias mais utilizadas segundo (SANTOS; MÜLLER, 2006).

- Manhattan ou ângulo-direito, Euclideana ou linha-reta, Distância métrica, Distância no grande círculo.
- III. Número de facilidades a serem localizadas: O número de facilidades pode ser especificado na formulação do modelo (*p-center*) onde é especificado exogenamente, ou pode ser obtido na saída do modelo, sendo endógeno, determinado pelo problema.
 - IV. Facilidades capacitadas ou não capacitadas: alguns modelos determinam que as facilidades tenham um limite de capacidade, outros podem determinar o limite de tamanho ou obter a capacidade como saída do modelo.

2.3.2 PROBLEMA DAS *P-MEDIANAS*

O modelo mais conhecido e utilizado associado ao problema de localização de facilidades é o modelo da *p*-mediana, o qual tem objetivo de localizar *p* facilidades (medianas), ou pontos de forma a minimizar a impedância do sistema. Considere um grafo $G = (X, A)$, com custos $d_{ij} = d(x_i, x_j)$ associados aos caminhos que conectam os pares de vértices $x_i, x_j \in X$. Seja $X_p \subseteq X$ um subconjunto de X contendo *p* vértices. Define-se transmissão de X_p como:

$$\sigma(X_p) = \sum_{x \in X} v_j d(x_j, X_p) \quad (2.0)$$

Nesta expressão, v_j é um peso associado ao vértice x_j e $d(x_j, X_p)$ é a distância entre o vértice x_j e o conjunto de vértice X_p , dado por:

$$d(x_j, X_p) = \min_{x_i \in X_p} [d(x_j, x_i)] \quad (2.1)$$

O problema das *p*-medianas consiste em encontrar o subconjunto X_p^* de cardinalidade *p* para o qual a transmissão $\sigma(X_p^*)$ é mínima. Este problema pode ser modelado pelo seguinte problema de otimização inteira 0-1:

Minimizar:

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n v_j d_{ij} \xi_{ij} \quad (2.2)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n \xi_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (2.3)$$

$$\sum_{i=1}^n \xi_{ii} = p \quad (2.4)$$

$$\sum_{j=1}^n \xi_{ij} \leq n \xi_{ii} \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (2.5)$$

$$\xi_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j = 1, \dots, n \quad (2.6)$$

Onde $\xi_{ij} = 1$ implica que $x_j \in X$ está alocado ao vértice mediana $x_i \in X_p$, e $\xi_{ij} = 0$ em caso contrário. Se $\xi_{ij} = 1$ então x_i é um vértice mediana; em caso contrário $\xi_{ii} = 0$.

2.3.3 PROBLEMAS DE COBERTURA

Nos problemas de cobertura um conjunto de pontos de facilidade busca cobrir um dado conjunto de pontos de demanda, onde um ponto de facilidade cobre um ponto de demanda se este ponto de demanda estiver dentro de uma da métrica (distância ou tempo) de um ponto de facilidade. As formulações mais conhecidas de problemas de localização e cobertura são a *Set Covering Problem* (SCP) – Problema de Cobertura de Conjuntos e o Problema de Cobertura de Máxima Cobertura (MCLP) formulado por Church e ReVelle (1974).

O SCP procura encontrar o menor número possível de pontos de facilidades ou o menor custo, capaz de cobrir todo o conjunto de pontos de demanda. A formulação matemática do SCP foi descrita por Fuller (1997) da seguinte forma:

Minimizar:

$$z = \sum_{j \in J} c_j x_j \quad (3.0)$$

Sujeito a:

$$z = \sum_{j \in J} x_j \geq 1, \dots \forall i \in I, e \quad (3.1)$$

$$x_j \in \{0,1\} \forall j \in J \quad (3.2)$$

Onde:

m= número de pontos de demanda;

n= número de possíveis locais de facilidades;

I= conjunto de pontos de demanda;

J= conjunto de pontos candidatos a locais de facilidades;

S= máxima distância de cobertura (raio de cobertura);

d_{ij}= distância (ou alguma métrica) de cada ponto de demanda i para cada possíveis ponto de facilidade j;

c_j= custo de usar a localidade j, para j= 1, ...,n;

x_j= 1, se o ponto de facilidade j está ocupado, 0 caso o contrário, e

$N_i =$ o conjunto dos possíveis pontos de facilidade j que cobrem o ponto de demanda i .

$$(N_i = \{j \mid d_{ij} \leq S\} \text{ para } i = 1, \dots, m) \quad (3.3)$$

A função objetivo (3.0) minimiza o custo total das facilidades selecionadas. O conjunto de restrições (3.1) determina que cada ponto de demanda seja coberto por, pelo menos, um ou mais pontos de facilidades, trocando o lado direito da desigualdade pelo número mínimo de pontos de facilidades que se deseja que cubra cada ponto de demanda simultaneamente, e as restrições (3.2) são as condições de integralidade do problema. No modelo SCP não existe distinção de importância entre pontos de demanda.

2.3.4 PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE MÁXIMA COBERTURA

O Problema de Localização de Máxima Cobertura MCLP busca localizar um número limitado de facilidades para cobrir o máximo de pontos de demanda, mas não necessariamente todos os pontos. A formulação foi desenvolvida por Church e Reville em 1974 da seguinte forma:

Maximizar:

$$z = \sum_{i \in I} a_i y_i \quad (4.0)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i, \forall i \in I, \quad (4.1)$$

$$\sum_{j \in J} x_j \leq P, \quad (4.2)$$

$$x_j \in \{0,1\} \forall j \in J, e \quad (4.3)$$

$$y_i \in \{0,1\}, \forall i \in I \quad (4.4)$$

Onde:

a_i = valor da cobertura do ponto de demanda i , para $i = 1, 2, \dots, m$;

$y_i = 1$, se o ponto de demanda i está coberto, 0 caso contrário;

$x_j = 1$, se o ponto da demanda j está ocupado, 0 caso contrário;

J : conjunto de pontos de facilidades candidatos;

I : conjunto de pontos de demanda;

P : número máximo de pontos de facilidade que podem ser ocupados simultaneamente;

S : máxima distância de cobertura atribuída aos pontos de facilidade;

d_{ij} : distância (ou alguma métrica) de cada ponto de demanda I para cada ponto de facilidade j ;

n : número de possíveis pontos de facilidade;

m : número de pontos de demanda; e

N_i : conjunto dos possíveis pontos de facilidade j que cobrem o ponto de demanda i ;

$$(N_i = \{j \mid d_{ij} \leq S\} \text{ para } i = 1, \dots, m) \quad (4.5)$$

A função objetivo 4.0 determina que, se um ponto de demanda é coberto (ou seja, é, $y_i = 1$), então, pelo menos um ponto de facilidade que enxergue esse ponto de demanda deve constar na solução do problema. A restrição 4.1 indica que o número máximo de pontos de facilidade que podem ser utilizados simultaneamente. As restrições 4.2 e 4.3 são as condições de integralidade. O modelo MCLP prioriza a escolha dos pontos de demanda considerados importantes, característica atribuída pelo parâmetro a_i . Com este parâmetro o MCLP torna-se um problema de otimização com objetivo de maximizar a cobertura dos pontos de demanda. A tabela a seguir traz as principais distinções entre o MCLP e SCP.

Tabela 2 - Relação entre MCLP e SCP

Problema	Nº de facilidades	Demanda coberta	Distância de cobertura
MCLP	Exógeno	Função Objetivo maximizar	Exógeno
SCP	Função Objetivo minimizar	100%	Exógeno

Fonte: (SANTOS; MÜLLER, 2006)

2.4 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

A análise espacial está diretamente associada a geografia e corresponde ao estudo da distribuição espacial de qualquer fenômeno ou procura de padrões espaciais, com ligações entre a cartografia, estatística e a modelagem, permite combinar variáveis georreferenciadas para criar e analisar (ROSA, 2011). As tecnologias que permitem automatizar a análise espacial são conhecidas como: geomática, ciência que utiliza de técnicas matemáticas e computacionais para análise de informações geográficas, informações que se referem à superfície terrestre através de um sistema de coordenadas.

Para (ZAIDAN, 2017), o geoprocessamento ou geomática pode ser considerado como um conjunto de técnicas relacionados com a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados, a fim de gerar novos dados e/ou informações georreferenciadas. Para (ROSA, 2011) as Geotecnologias são um conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica. Dentre eles podemos mencionar a cartografia digital, o sensoriamento remoto, os aplicativos gráficos da WEB (Google Maps, Google Earth, Microsoft Virtuar Eart, Google Street View e etc. Para (CHURCH, 2002), os Sistemas de Informação Geográficas são projetados para armazenar, recuperar, manipular, analisar e mapear dados geográficos. O elemento principal da ferramenta é o uso de um sistema de coordenadas para que os dados sobre um local específico possam ser analisados em sua relação com outros locais. Um SIG pode ser capaz de transformar em minutos um sistema de referência como por exemplo o Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul, SIRGAS - 2000 para *Universal Transverse Mercator* (UTM). Existem muitos softwares GIS disponíveis para uso, porém podem ter fundamentações diferentes, os principais modelos de dados são raster e vetor. O uso de um sistema específico depende da necessidade pretendida, da forma de coleta de dados e do custo. Os sistemas de dados em raster são frequentemente utilizados para planejamento urbano e uso do solo. Os sistemas baseados em vetores são mais utilizados para representar objetos geográficos, como redes de transportes, limites de propriedades e áreas censitárias (CHURCH, 2002).

Pode-se encontrar diversos softwares capazes de realizar análise espacial georreferenciada, como explica (ROSA, 2011), entre eles os principais são:

- ArcGis – um conjunto de softwares utilizados para criar, importar, editar, buscar, mapear, analisar e publicar informações geográficas, é composto por quatro softwares: ArcReader, ArcView, ArcEditor, ArcInfo cada um acrescentando um nível maior de funcionalidades, (ROSA, 2011).
- AutoCAD Map – é uma plataforma para criação e gerenciamento de dados espaciais, possui as ferramentas do AutoCad tradicional, porém em um ambiente desenvolvido para cartografia. Com ele é possível criar, gerenciar, produzir mapas, dados de fontes e formatos diferenciados, (ROSA, 2011).
- GRASS - Geographical Resources Analysis Support System é um SIG de código aberto para processamento de imagens, é frequentemente utilizado para o planejamento ambiental, georreferenciamento de recursos naturais, possui funções para análise e modelagem espacial, produção de mapas e gráficos, análise estatística e processamento de imagens, (ROSA, 2011).
- QGIS – Quantum Gis é um SIG de código aberto, com interface gráfica simples e permite analisar dados espaciais, visualizar, editar, criar mapas com multicamadas e suporta um grande número de formatos (HARUMI ITO; FONSECA FILHO; CONTI, 2019).
- Microsoft PowerBi – É uma Plataforma que permite a visualização de qualquer dado de forma dinâmica e visual a partir de uma base de dados.

2.5 MÉTODO AHP

Para Ramos (2000) não há um método consensual para a definição de pesos, mas várias propostas de procedimentos para este efeito podem ser encontradas na literatura (von Winterfeldt & Edwards, 1986; Malczewski, 1999).

O método mais conhecido é o de comparação par a par no contexto do processo de tomada de decisão denominado AHP (Analytic Hierarchy Process), desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970. Esta técnica baseia-se numa matriz quadrada $n \times n$, onde as linhas e colunas correspondem aos n critérios analisados para o problema em questão. Assim, o valor a_{ij} representa a importância relativa do critério da linha i face ao critério da coluna j . Como esta matriz é recíproca, apenas a metade triangular inferior necessita ser avaliada, já que a outra metade deriva desta e a diagonal principal assume valores iguais a 1. O estabelecimento de comparações par a par para todos os critérios necessita da definição de uma escala, destinada à normalização. O AHP ajuda a lidar com situações complexas em que várias alternativas precisam ser avaliadas com base em múltiplos critérios, muitas vezes subjetivos e de natureza qualitativa. A principal ideia por trás do AHP é decompor o problema em uma estrutura hierárquica de critérios e alternativas, facilitando a compreensão e a análise do problema, o método pode ser estendido para problemas de decisão mais complexos, como análise multicritério, onde são considerados múltiplos objetivos e restrições simultaneamente.

É possível agrupar os métodos de definição de pesos em quatro categorias assim declaradas: métodos baseados em ordenação de critérios (Stillwell, 1981), em escalas de pontos (Osgood, 1957), em distribuição de pontos (Easton, 1973) e comparação de critérios par a par (Saaty, 1977).

2.6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

2.6.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA DE PPD

Com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre os PPD, este capítulo apresenta uma revisão sistemática do tema, no qual busca responder três linhas da pesquisa: 1) Quais as distâncias mínimas e máximas entre PPD praticadas em outros países? 2); Quais os critérios considerados para alocação entre PPD?; 3) Qual a distinção entre áreas de descanso e áreas de serviço?

A revisão sistemática utilizada foi baseada na metodologia de construção de conhecimento chamada de *Knowledge Development Process – Constructivist* (PROKNOW-C), desenvolvida por Ensslin, (2010d, apud AFONSO, 2012). Conforme explica Afonso *et al.* (2012):

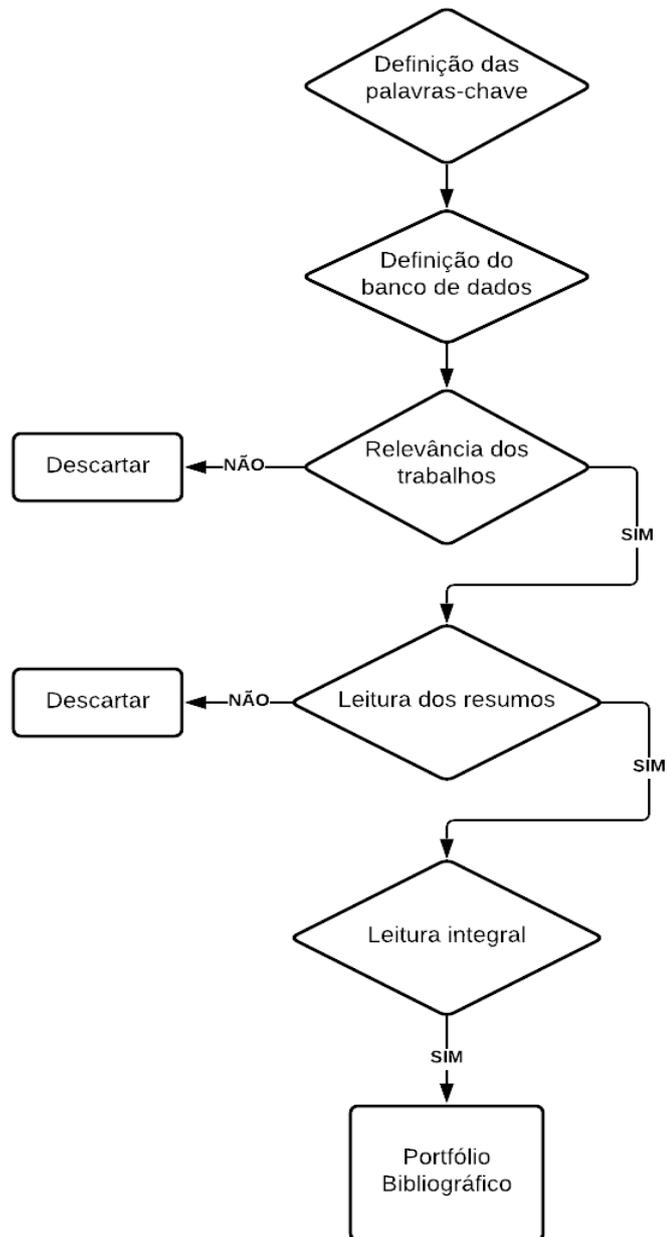
A metodologia consiste em uma série de procedimentos sequenciais que se iniciam desde a definição do mecanismo de busca de artigos científicos a ser utilizado, seguindo por uma série de procedimentos pré-estabelecidos até atingir a fase de filtragem e seleção do portfólio bibliográfico relevante sobre o tema (AFONSO, et al, 2012, n.p).

As etapas do método iniciam-se, primeiramente, com a definição das linhas de pesquisa, seguido pela seleção de palavras-chave relacionadas com o trabalho proposto. O segundo passo é a definição do banco de dados que será utilizado. O terceiro passo é a análise da relevância dos trabalhos selecionados, com a leitura dos títulos, verificação das citações e ano de publicação, sendo selecionados artigos publicados em no máximo dez anos, os trabalhos que não se enquadram nesses critérios, serão removidos do filtro inicial. A quarta etapa consiste na tradução e leitura dos resumos, onde cria-se um filtro, selecionando os artigos aderentes ao tema da pesquisa (AFONSO et al., 2012), nesta fase, os trabalhos que não possuem aderência com o tema serão desconsiderados. A última etapa, consiste na leitura integral dos artigos pré-selecionados, e, quando alinhados com o tema passarão a compor o portfólio bibliográfico da pesquisa.

A Figura 5, apresenta o fluxograma da metodologia “PROKNOW-C” que será aplicada para realizar a uma revisão bibliográfica sistêmica. Como aqui propõe-se realizar uma consolidação das práticas em outros países, os idiomas considerados foram o Alemão, Francês,

Espanhol, Inglês e Português, porém com foco nas pesquisas em Inglês, por conter o maior número de trabalhos publicados.

Figura 5 – Fluxograma baseado na metodologia PROKNOW-C



Fonte: AUTOR, 2023

2.6.2 DEFINIÇÃO DAS PALAVRAS-CHAVE

Para consolidar informações a respeito dos PPD e as normativas que norteiam suas configurações, foram propostas palavras-chave sinônimas ao tema da pesquisa, como: *rest area* (área de descanso), *service area* (área de serviço), *road safety* (segurança na estrada), *location* (localização), *freeway* (auto estrada), *truck stops* (paradas de caminhão) e etc. A partir desta definição serão realizadas buscas nas bases de dados de forma a identificar trabalhos relacionados com as linhas de pesquisa.

2.6.3 SELEÇÃO DAS BASES DE DADOS

A definição das bases de dados considerou a abrangência das publicações nacionais e internacionais e a disponibilidade de acesso, sendo selecionadas as seguintes bases de dados:

- *Springer*;
- *Elsevier*;
- *Google Acadêmico*;
- *Scielo*;

As pesquisas foram realizadas em plataformas de acesso livre, com exceção da plataforma Springer, de rede privada, na qual foi utilizada um serviço de VPN (*Virtual Private Network*) fornecida pela Universidade Federal de Santa Catarina. Além disso, por se tratar de normativas técnicas, em alguns casos, foram realizadas buscas em sites de órgãos ou entidades responsáveis pela infraestrutura de transportes. Com relação a natureza dos trabalhos, foram encontrados artigos científicos, manuais e normativas técnicas.

2.6.4 RELEVÂNCIA DOS TRABALHOS

Para avaliar a relevância dos trabalhos realizou-se primeiramente a leitura dos títulos, buscando identificar a aderência às linhas de pesquisas estabelecidas, descartando aquelas que não se enquadraram.

Após finalizar a leitura, foram verificadas as citações dos artigos, a para que seja criada uma base científica com relevância, realizando o corte em artigos com 10 citações ou

mais. Devido ao tema não possuir uma grande quantidade de trabalhos que tratam especificamente sobre a localização de PPD, o critério referente ao ano de publicação foi desconsiderado.

Tabela 3 – Resultados da pesquisa

Base de dados	Resultados
Springer	4
Elsevier	3
Google Acadêmico	15
Scielo	9
ResearchGate	5
Total	36

Fonte: AUTOR, 2023

2.6.5 LEITURA DOS ARTIGOS

Após o filtro da relevância dos trabalhos, foram realizadas a leitura dos resumos, onde foram selecionados 30 artigos, incluindo normas técnicas, em concordância com os objetivos da pesquisa. Desse filtro, 13 fazem parte do portfólio bibliográfico analisado na sequência.

Nº	Autor	Local	Título	Resumo	Ano
1	Heriberto Pérez-Acebo, Ander Romo-Martín e Daniel J. Findley	União Européia	Spatial distribution and the facility evaluation of the service and rest areas in the toll motorway network of the European Union	Analisa a distribuição espacial das áreas de serviço em rodovias na União Europeia e suas instalações e faz a comparação das distância regulamentadas nos países: Itália, Portugal, França, Espanha, Polónia, Grécia e República Eslovaca.	2021
2	Seya, Hajime Zhang, Junyi Chikaraishi e Makoto Jiang, Ying	Japão	Decisions on truck parking place and time on expressways: an analysis using digital tachograph data	O estudo investigou as decisões sobre onde um caminhão está estacionado (ou seja, escolha de uma SA ou PA), quanto tempo fica estacionado (ou seja, tempo de estacionamento) e a redução de acidentes.	2020

Nº	Autor	Local	Título	Resumo	Ano
3	Comissão Europeia	Europa	Study on safe and Secure Parking Places for Trucks	O estudo trata sobre as áreas de descanso em rodovias na Europa.	2019
4	Lucas Franceschi, Gustavo G. Otto, Luciano Kaesemodel e Amir Mattar Valente	Brasil	Elaboração de um Processo Multicritérios para Apoio à Localização de Postos de Pesagem em Malhas Rodoviárias	Desenvolveram um processo multicritério para apoio a tomada de decisão a localização de postos de pesagem em malhas rodoviárias.	2019
5	Ander Romo-Martína e Heriberto Pérez-Aceboa	Espanha	Analysis of the Location of Service and Rest Areas and their facilities in Spanish paying motorways	Analisa as distâncias mínimas e máximas entre áreas de serviço nas rodovias do país e suas ofertas de instalações.	2018
6	Jung Soyoung, Joo Shinhye e Oh Cheol	Coréia do Sul	Evaluating the effects of supplemental rest areas on freeway crashes caused by drowsy driving	Avalia os efeitos das áreas de descanso na redução de acidentes causados por sonolência ao dirigir. Entre 2011 e 2012.	2017
7	Antônio Venicius dos Santos MÉTODO	Brasil	Método para alocação de áreas de descanso para o transporte de carga m redes rodoviárias	Desenvolveu um método composto por 17 etapas nas quais definem os procedimentos para a elaboração das áreas de descanso.	2016
8	Higgins Christian Chiu, Yupo Bai e Yun	Nova Jersey	Methodological Framework Development for Evaluating Highway Truck Parking Location and Capacity Expansion	Estuda os fatores econômicos, fiscais, ambientais e de segurança rodoviária das áreas de descanso em Nova Jersey, afim de definir uma estrutura que possa ser utilizada pelos setores público e privado.	2015
9	María Dolores Caro e Concepción Paralera	Espanha	Analysis of the need for a network of service/resting areas especially adapted to the transport of dangerous goods	Analisa áreas de descanso para veículos que transportam cargas perigosas, aplicando um modelo de localização suportado em Sistemas de Informação Geográfica (GIS) para estudar a cobertura deste tipo de áreas em Espanha.	2011

Nº	Autor	Local	Título	Resumo	Ano
10	Departamento de Transporte de Minnesota	Minnesota/EUA	Analysis of Vehicle crashes related to safety rest área spacing	Analisa a relação entre as distâncias entre áreas de descanso na rodovia de Michigan e seus efeitos positivos na redução de acidentes.	2007
11	Rodrigo Prado dos Santos e Carlos Müller	Brasil	Problema de localização de máxima cobertura aplicado à localização de esquadrões de aeronaves de interceptação na região amazônica.	Busca encontrar um número de esquadrões de interceptação para maximizar a área de cobertura na Amazônia.	2006
12	Serviço de Estudos Técnicos de Estradas e Rodovias	França	Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison	Faz uma distinção entre áreas de descanso e serviço em função da presença de posto de combustível. Analisa distâncias mínimas e máximas.	2000
13	Susan Hesse Owen e Mark S. Daskin	EUA	Strategic facility location: A review	Faz uma revisão da literatura sobre localização de áreas de descanso, trata sobre os avanços de métodos otimizados.	1998

2.6.6 ANÁLISE DOS TRABALHOS

A Espanha é o país com a maior rede de rodovias da Europa, ao todo são 15.523 km de rodovias, seguida pela Alemanha com 12.993 km e a França com 11.600 km (EUROSTAT, 2019). A principal legislação sobre rodovias na França é a Lei 37/2015, de 29 de septiembre, de Carreteras, (BOE et al., 2015), que traz definições sobre áreas de serviço, classificando como elementos funcionais, que afetam a conservação e operação das rodovias, porém não menciona distâncias mínimas ou máximas entre áreas de descanso. Atualmente, se tem um regulamento que dispõe parâmetros para definir as distâncias entre áreas de descanso indicando estar relacionado à segurança viária e sua gestão, portanto, por este motivo, as distâncias não são definidas. Existe um outro documento anterior a ordem do ministério, *OC 320/1994-C y E* sobre áreas de serviço, de 1994 (MINISTÉRIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES Y

MEDIO AMBIENTE, 1994), que indica distâncias mínimas entre áreas de serviço em rodovias de mesma direção de, no mínimo, de 20 km e, no máximo, de 40 e 60 km, para distâncias superiores é necessário apresentar uma justificativa. As áreas de serviço devem ser equipadas com estacionamento, posto de combustível, alimentação, áreas de repouso e comércios para veículos, restaurantes, hotéis, estacionamentos, sendo demais serviços complementares são opcionais. A rede de rodovias da Espanha é composta por 15.523 km, e apenas 2.800 km não são privatizados. Na análise feita por PÉREZ; ROMO; FINDLEY, (2021), a distância média entre áreas de descanso não foi superior a 50 km. Quanto à distância máxima, o estudo apontou 80 km, e apenas dois casos são superiores a 60 km. Nos Estados Unidos as metodologias para localização das áreas de descanso são variáveis em cada estado. Um estudo de caso analisou a localização das áreas de descanso existentes no estado de Nova Jersey, ao todo foram consideradas 51 paradas existentes com informações individuais, na qual apresenta as distâncias típicas praticadas, sendo, a cada 15 e 20 km para trechos com maior volume de tráfego, 50 e 60 km quando as instalações forem compostas por outros serviços e 80km em algumas exceções, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Distâncias entre áreas de descanso nos Estados Unidos

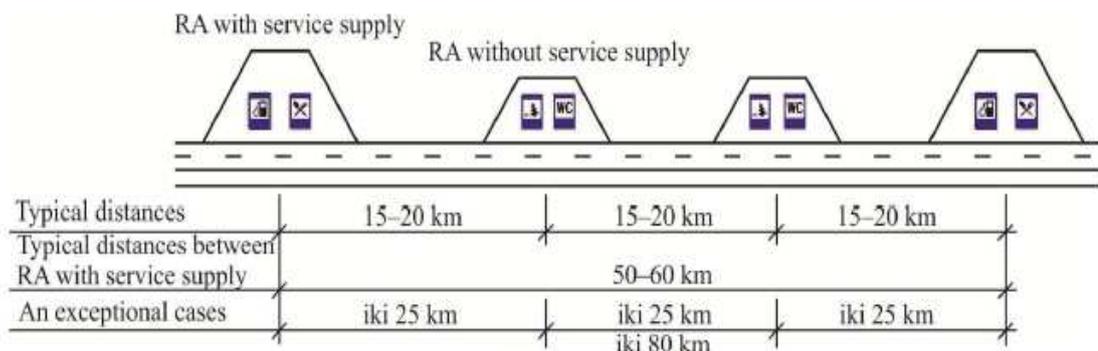


Fig. 5. Distances between the arranged rest areas

Fonte: (HIGGINS; CHIU; BAI, 2015)

O estudo defende que a tomada de decisão deve priorizar trechos com maior demanda de veículos pesados, evitando instalações próximas a regiões residenciais. Outra recomendação é realizar uma avaliação espacial em softwares em SIG, analisar os polos geradores de viagens, densidade populacional, buscar regiões com atratividade para estacionamentos, a fim de ser composta por hotéis e comércio em geral. Deve-se realizar uma pesquisa das empresas com

serviço de fretes com grande faturamento, avaliar indústrias de varejo, manufatura, armazéns e centro de distribuição, como também elaborar a estimativa de demanda de estacionamentos para caminhões de carga, analisar as condições ambientais, poluição do ar e análise de segurança (HIGGINS; CHIU; BAI, 2015).

A Agência Nacional de Administração de Vias Públicas da Noruega, recomenda que as áreas de descanso com grandes instalações e estacionamentos sejam instaladas a cada 45 km em rodovias, e as áreas de descanso pequenas a cada 15 km conectadas por uma rede de rodovias secundárias. As áreas de descanso maiores devem estar equipadas com mesas, cadeiras, latas de lixo e instalações sanitárias. Em rodovias rurais, recomenda-se que estejam situadas em uma única direção de tráfego. Recomenda-se uma oferta variada, a curtas distâncias, quando estiverem em trechos de rodovias turísticas, com paisagens ou em pontos privilegiados a fim de atrair turistas e impulsionar o comércio. Nos trechos com grande fluxo de viagens de trabalho, com paisagem monótona e muitas ofertas comerciais, recomenda-se uma oferta mais uniforme com maior distanciamento entre elas (HANDBOK 204, 1997).

Na França, o documento *“Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison”* é utilizado como referência para projetos e gestão de rodovias (MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURÁVEL ET DE L'ÉNERGIE, 2015), o documento traz uma distinção entre áreas de descanso e serviço em função da presença de posto de combustível. A distância mínima indicada é de 30 km entre áreas de descanso e 60 km entre áreas de serviços. Em rodovias com baixo tráfego de veículos, os serviços podem ser instalados fora da faixa de domínio. Podem ser localizadas em único sentido da via, desde que seja acessível aos usuários de ambos os sentidos do tráfego. Recomenda-se alocar sob um ponto de vista notável a fim de limitar o risco de paradas prematuras de usuários. Recomenda-se que sejam incorporados estudos específicos a fim de melhorar a integração do projeto em seu ambiente, como estudo geotécnico, levantamento topográfico, estudo de impacto e acústico (ICTAAL, 2000).

A França possui 11.600 km de extensão de rodovias que correspondem a 38 rodovias. Na pesquisa realizada por (PÉREZ; ROMO; FINDLEY, 2021), não há áreas com distâncias médias acima de 30 km, e apenas 16 dos casos estão acima de 20 km. Da mesma forma, para as distâncias máximas não foram encontrados PPD com distâncias superiores a 60 km, e em apenas 8 casos estão afastadas a mais de 40 km. Em algumas rodovias, foram encontradas áreas de serviço com distância média de 50 km e distância máxima de 80 km, distâncias não

recomendadas pois necessitam de aproximadamente 40 minutos para chegar ao próximo posto de combustível (PÉREZ; ROMO; FINDLEY, 2021).

De acordo com os regulamentos da Itália, o “*Codice della Strada*” (MINISTÉRIO DE INFRAESTRUTURA E DO TRANSPORTE, 1992) e o “*Regolamento di attuazione*” (GAZZETA UFFIZIALE,1992) as áreas de serviço localizadas em rodovias devem ser compostas por postos de combustível, estacionamento e; se preferir, serviços de alimentação, hotéis, telefones de emergências e sanitários. Já as áreas de descanso são obrigadas a serem equipadas com estacionamentos, áreas verdes, bancos, sanitários e lixeiras. Em 2015, foi realizada uma atualização na legislação impondo a distância mínima de 50 km entre áreas de serviço. A Itália possui 5.063,95 km de rodovias duplicadas que são privatizadas, distribuídas em uma rede de 22 rodovias. A pesquisa realizada por (PÉREZ; ROMO; FINDLEY, 2021) mostrou que não existem áreas de serviço com distâncias maiores que 50 km, mas há 10 casos com distância média de 30 km. As distâncias médias entre instalações com banheiros e conveniências são menores que 30 km e, aproximadamente, 38 km para restaurantes, distâncias aceitáveis dentro dos parâmetros de segurança viária praticados na Europa.

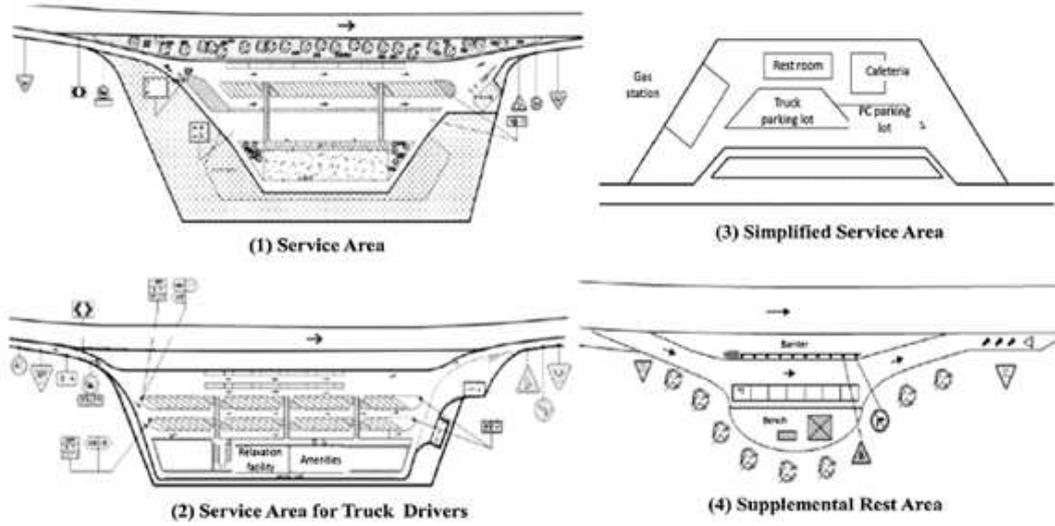
Em Portugal, as legislações que regulamentam as rodovias e áreas adjacentes estão incluídas no “Estatuto das Estradas da Rede Rodoviária Nacional”, através da Lei de nº 34/2015, (DIÁRIO DA REPÚBLICA, 2015), que diferencia as áreas de serviço e descanso se forem compostas por posto de combustível. A Portaria de nº 54/2015 de 27 de fevereiro (MINISTÉRIOS DA ECONOMIA E DO AMBIENTE, ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E ENERGIA, 2015), estabelece as condições de localização de uma área de serviço e suas instalações, indicando que, em rodovias privatizadas, as áreas de serviço devem ser instaladas em ambos os sentidos de tráfego ou devem estar conectadas para que os usuários de ambos sentidos tenham acesso. As áreas de serviço em Portugal, devem ser equipadas com posto de combustível, sanitários, telefones de emergência, lojas, salas de repouso, já painéis com informações turísticas, restaurantes e playground são opcionais. Em rodovias em que o VDM for menor que 16.000 veículos a instalação de informações turísticas, lojas e salas de repouso, são opcionais. A distância mínima é fixada em 30 km entre áreas de serviço, sem especificar distâncias máximas. Para áreas de descanso são recomendados instalar iluminação, áreas cobertas e água potável. Portugal possui uma malha rodoviária de 2.812 km de extensão, compostas por 32 rodovias, a pesquisa realizada por (PÉREZ; ROMO; FINDLEY, 2021), demonstrou que grande parte das áreas de descanso possuem distâncias médias superiores a 30

km e inferiores a 50 km. As distâncias máximas encontradas são superiores a 60 km. De acordo com o Ministério Federal de Transportes e Infraestrutura “*Bundesministerium für verkehr und digitale infrastruktu*”, uma distância padrão para áreas de descanso deve ser de 50 e 60 km compostas com serviços auxiliares, e até 80 km em fluxos de baixo tráfego e longa distância. Nesses segmentos, as áreas de descanso não privatizadas devem estar disponíveis para os usuários em intervalos regulares de 15 e 20 km ou até 25 km se houver pouco tráfego de longa distância. Recomenda-se que a dimensão de uma área de descanso deve considerar especificamente o volume de tráfego na rodovia e sua localização na malha rodoviária.

No Japão, as áreas de descanso em rodovias são geralmente administradas por empresas privadas. No país, também é feito uma distinção entre áreas de serviço chamadas de SAs e áreas de estacionamentos chamados de PAs. As distâncias praticadas entre SAs são de 50 km e normalmente equipadas com banheiros, restaurantes, praças de alimentação e postos de gasolina, enquanto as PAs são menores em termos de área e normalmente instaladas a cada 15 km com banheiros, máquinas de venda automática ou com pequenos quiosques (SEYA et al., 2020).

Na Coréia do Sul, o documento “*Road Structure and Facilities*” determina o espaçamento entre áreas de descanso e serviço, recomendando 25 km de distância entre elas, (KOREA MINISTRY OF LAND, INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT (KMLT), 2014). As áreas de descanso também podem ser chamadas de áreas de serviço, existindo quatro classificações diferentes, (1) áreas de descansos e serviços, compostas por estacionamentos, praça de alimentação e posto de combustível, (2) áreas de serviço para caminhoneiros, que incluem informações sobre fretes e instalações para dormir, (3) áreas de serviço simplificada, contendo sanitários e às vezes cafeterias e postos de abastecimento, (4) áreas de descanso complementares, pequenas com poucas vagas dedicada para motoristas que sentem sonolência no percurso, (JUNG; JOO; OH, 2017). A Figura 7 apresenta o layout das áreas.

Figura 7 - Categorias das áreas de descanso no sistema rodoviário coreano



Fonte: (JUNG; JOO; OH, 2017)

2.7 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo, são destacados alguns estudos relacionados à pesquisa. Os trabalhos apresentados tratam sobre a problemática das áreas de descanso no mundo, demonstrando realidades diferentes enfrentadas nos países onde as áreas de descanso estão presentes a mais tempo. A análise destes estudos foi determinante para escolha da metodologia desta pesquisa. Os estudos apresentados possuem particularidades e características diferentes em cada país.

2.7.1 ESTUDOS NO MUNDO

O estudo realizado por (JUNG; JOO; OH, 2017) na Coreia do Sul, avaliou quantitativamente a eficácia das áreas de descanso complementares (pequenos recuos às margens das rodovias), comparando a ocorrência de sinistros de trânsito antes e depois de sua instalação. As áreas de descanso complementares incluem em média 7 ou 8 vagas de estacionamentos para carros e 15 ou 20 vagas para caminhões e foram instaladas a uma distância de 15 km entre áreas de descanso maiores. Uma pesquisa estatística feita pelo Ministério de Infraestrutura e Transporte da Coreia (KOREA MINISTRY OF LAND, INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT KMLT, 2015), demonstrou que uma única área de descanso é utilizada por cerca de 143 veículos por dia, além disso, 66% e 34% dos automóveis e caminhões utilizaram às áreas de descanso em 2015. A metodologia utilizada pelos autores utilizou o teorema de Bayes, uma abordagem que combina as tendências de sinistros de trânsito na área de tratamento com as da área de referência, onde o número esperado de sinistros de trânsito é comparado com número observado de sinistros de trânsito na área de tratamento, em seguida, foi estimada a função de desempenho de segurança (FPS), utilizando as ocorrências de colisão por sonolência na área de referência. O estudo limitou-se a avaliar os efeitos das áreas de descanso apenas na rodovia de *Gyeongbu*, uma rodovia duplicada de 416 km de extensão, foram utilizados dados de tráfego de medidores em tempo real que estavam próximos a cada registro de colisão. Os resultados demonstraram que houve redução de 14% dos sinistros de trânsito após as instalações das áreas de descanso, e, se mostraram eficazes nos sinistros causados por sonolência, principalmente nos trechos de 2 e 3 pistas. A prática de instalar áreas de descanso complementares em rodovias é uma particularidade da Coreia, a pesquisa conclui que o uso das

áreas complementares pode ser considerado em outros países como medida de melhorias na segurança viária.

Na União Europeia, uma pesquisa explorou a distribuição espacial das áreas de descanso e serviços em rodovias privatizadas com extensão superior a 100 km, nos países Itália, Portugal, França, Espanha, Polônia, Grécia e Eslováquia. Na Europa, as rodovias com altos limites de velocidades são consideradas como túneis, onde em suma os custos de pedágio são cobrados por quilometragem percorrida, desta forma, o comportamento dos usuários tendem a evitar mudanças de rota, para não onerar os custos já planejados. Diante disto, a metodologia proposta pelos autores, consistiu realizar a análise espacial das instalações nos países citados, utilizando informações disponíveis na internet, como *Google Maps*, *Google Earth* e *Google Street View*, as distâncias foram calculadas utilizando os marcos quilométricos das respectivas rodovias, do seu ponto inicial ao final, demarcando as distâncias entre áreas de descanso e serviço, áreas verdes para piqueniques, restaurantes, banheiros e comércios. Com a análise espacial, formulou-se equações matemáticas para que se encontrasse as distâncias entre os tipos de instalações. As equações consistiram em avaliar as distâncias médias, mínimas e máximas, considerando a extensão da rodovia em análise, dividido pelo número de instalações encontradas. A pesquisa separou os tipos de serviços, comparando as distâncias médias entre cada um. A análise foi realizada em cada sentido das rodovias de cada país, pois nem sempre os estabelecimentos estão duplicados na mesma direção. Outro parâmetro considerado foi a relação de um serviço ou estabelecimento na rede. Para avaliar os resultados foram estabelecidos limites de distâncias seguras, conforme literatura, sendo 30 km como valor médio, e 60 km como valor máximo, considerando a velocidade da via de 120km/h, que implica em pelo menos 30min para chegar à próxima área. Para áreas de serviços (compostas por hotéis, estacionamentos e postos de combustível) utilizou-se uma distância de 50 e 80 km. Os resultados gerais da pesquisa demonstraram que há uma variedade entre as distâncias praticadas em cada país e a falta de regulamentação específica, fórmula esse padrão, as distâncias máximas podem ser a características mais importante para avaliar segurança viária. A França é o único país da Europa que estabelece em sua legislação a distância máxima de 60 – 30 km. A Espanha, por sua vez, apenas faz recomendações e os demais países não mencionam. Quanto às distâncias mínimas são regulamentadas tanto na Espanha, como em Portugal, Itália e Polônia em 15 km (PÉREZ; ROMO; FINDLEY, 2021).

Outras metodologias também vêm sendo aplicadas em estudos que avaliam as escolhas dos caminhoneiros entre áreas serviços (SAs) e áreas de estacionamentos (PAs). Conforme estudaram, (SEYA et al., 2020), utilizaram o Big Data para analisar a escolha do local e o tempo de permanência com objetivo de obter indicadores para melhorias nos congestionamentos de tráfego em rodovias e sua eficiência. O estudo foi realizado com base nos dados de 1.600 caminhões registrados em intervalos de seis minutos por tacógrafos digitais nos veículos, em duas rodovias do Japão (*Sanyo e Chugoku Expressways*), com dados de seis meses. Um modelo foi desenvolvido para descobrir os fatores que afetam as escolhas entre áreas e seu tempo de estacionamento. Através de modelos contínuos e discretos, foi desenvolvido um modelo, que permitiu observar que os locais que apresentam mais vagas para caminhões e reboques têm significância positiva na escolha, desta forma, aumentar o número de estacionamentos pode atrair mais caminhoneiros e estimular o uso por mais tempo. Observou-se que as áreas de serviço estão instaladas a cada 50 km no país, enquanto as áreas de estacionamentos estão a cada 15 km, os resultados mostraram que a procura por áreas de serviços é maior quando relacionada com os estacionamentos, então as distâncias podem não estar sendo eficientes. A pesquisa demonstrou que a experiência do estacionamento tem efeito positivo na escolha da área, sugerindo que fornece informações a empresas e motoristas sobre estacionamentos com maiores ofertas de vagas pode encorajar os usuários a utilizar o mesmo SAs ou PAs com mais frequência.

Com objetivo de analisar a cobertura máxima para áreas de descanso destinada a veículos que transportam produtos perigosos, (CARO; PARALERA, 2011) analisaram a cobertura das áreas de descanso na Espanha, utilizando um modelo de localização apoiado no Sistemas de Informação Geográfica (GIS). Foram identificadas 10 áreas de descanso que se enquadram para receber veículos com cargas perigosas, e a formulação do problema considerou o índice para locais com potencial, índice dos pontos de demanda, o conjunto de localizações potenciais das áreas de estacionamento e o conjunto de todos os pontos de demanda, os parâmetros considerados foram a demanda do ponto de análise e o número de áreas de estacionamento a serem localizados. As variáveis de decisão estabelecidas foram, quando o cliente estiver dentro do raio de cobertura delimitado =1; 0, se a demanda no ponto for coberta =1; 0, se a área de serviço estiver localizada no local =1; 0. O problema foi resolvido utilizando o software LINGO, a fim de selecionar e alocar os nós de demanda para diferentes locais, o

software ArcGIS foi utilizado para visualizar os resultados. A análise obtida evidenciou lacunas na cobertura da demanda por estacionamentos, que atendem apenas 64% da demanda.

2.7.2 ESTUDOS NO BRASIL

No Brasil, pesquisadores utilizaram um processo multicritérios para apoio a localização de postos de pesagem em malhas rodoviárias, através da análise da literatura, os autores definiram uma lista de critérios que após normalizados, são agregados a um somatório com pesos individuais, com o objetivo de resultar em um valor que classifica trechos rodoviários em relação ao potencial de fiscalização de peso no trecho. A lista de critérios considerada no processo de decisão, consistiu no volume médio diário de veículos pesados, qualidade do pavimento, histórico de sobrepeso, proximidade de locais estratégicos, proximidade de postos inativos, proximidade de postos ativos, geometria da via, média de sinistros de trânsito, situação em unidades de conservação, situação em áreas especiais, situação em áreas urbanas, rodovias sob concessão e previsão de obras. Alguns dos critérios considerados, não se tratam de uma avaliação quantitativa, mas de uma constatação de alguma condição específica que determina se o valor da variável é unitário ou nulo. Para comparação aritmética da importância de cada fator, os valores foram normalizados e transformados em uma unidade unificada de pontuação. Foram utilizadas equações não-lineares com o objetivo de expressar o impacto de cada variável. Os valores calculados foram agregados em um valor chamado índice de viabilidade de fiscalização, calculado através do somatório com pesos configurados para cada variável. A técnica desenvolvida foi aplicada para o estado do Espírito Santo, e resultou em valores entre 0 e 4,77. Os resultados demonstraram que, com a técnica, é possível priorizar de forma analítica os estudos em relação à localização de postos em malhas rodoviárias, considerando diversas variáveis de impacto, e, pode ser aplicado a outras instalações (LUCAS et al., 2019).

A pesquisa realizada por (SANTOS; MÜLLER, 2006) considerou o problema de localização MCLP para definir a localização de bases de aeronaves de interceptação na Região Amazônica, foram realizadas adaptações considerando bonificações pelas características logísticas e geográficas das localidades candidatas a pontos de facilidades acrescentando restrições com relação ao padrão mínimo que o conjunto de bases escolhidas deveriam obedecer. Os resultados demonstraram que se as restrições não forem consideradas a solução

apresenta pela formulação original MCLP se mostra melhor que o Problema SIVAM, cobrindo um número maior de pontos, porém, em algumas situações a existência de orçamentos reduzidos por exemplo, pode indicar mais realismo a solução, dando prioridade para pontos com valor de bonificação maior.

Em sua tese (SANTOS, 2016) abordou através do método AAD os 17 passos necessários para alocação das áreas de descanso na malha viária. Através do procedimento indicado é possível criar um ranking dos trechos alocados, utilizando um algoritmo de otimização que encontra um conjunto de trechos rodoviários que necessitam de PPDs, considerando o tempo de percurso máximo estabelecido na legislação. A pesquisa desenvolvida por (SANTOS, et al, 2016) é concentrada na modelagem de redes, com aplicação de grafos, dados de origem e destino, pontos centroides e na modelagem de árvore de caminhos mínimos através do algoritmo de Dijkstra. Nesta pesquisa é demonstrado os resultados utilizando a técnica da *p-mediana*, com base em critérios de segurança viária, buscando através do Problema de Máxima Cobertura otimizar a distância entre áreas de descanso encontradas na *p-mediana*. Em síntese, enquanto a abordagem de Santos se concentra na modelagem de rede e algoritmos de otimização, o método proposto nesta pesquisa enfatiza a formulação de critérios de segurança para propor as localizações das áreas de descanso.

2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O segundo capítulo aborda conceitos fundamentais para a pesquisa, incluindo uma revisão sobre as áreas de descanso em todo o mundo, os principais parâmetros que regulam a jornada de trabalho dos motoristas profissionais, indicadores sociais utilizáveis como medidas qualitativas e quantitativas no planejamento de Pontos de Parada e Descanso (PPDs), e critérios relevantes de segurança viária que impactam nas condições de trafegabilidade dos motoristas e das rodovias. O capítulo explora técnicas para modelos de cobertura, além de apresentar as principais ferramentas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Por fim, são destacados trabalhos relacionados no Brasil e no mundo, evidenciando a importância desses conceitos e os resultados alcançados com sua aplicação, tais como:

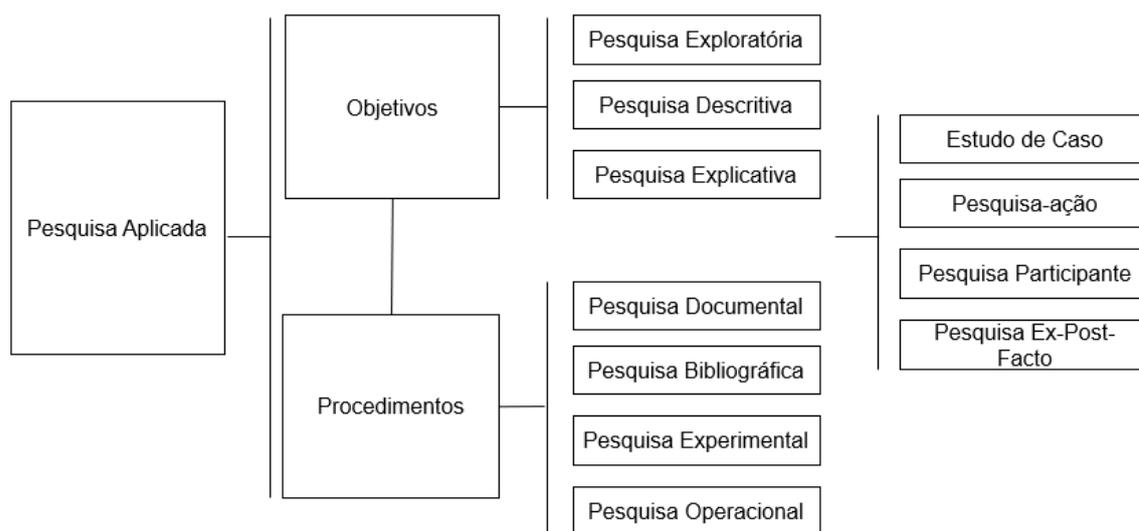
- Utilização do teorema de Bayes para comparar as tendências de acidentes de trânsito antes e após a instalação de áreas de descanso, estimando a Função de Desempenho de Segurança (FPS) com base em colisões causadas por sonolência na área de referência;
- Metodologia de Análise Espacial: Um estudo na União Europeia utiliza análise espacial, incluindo ferramentas como Google Maps, Google Earth e Google Street View, para determinar distâncias entre áreas de descanso, serviços e outras instalações;
- Análise de Big Data no Japão, focando na compreensão das escolhas dos caminhoneiros entre áreas de serviço (SAs) e áreas de estacionamento (PAs), com ênfase no impacto positivo de mais vagas de estacionamento na escolha e duração da estadia;
- Na Espanha, um estudo utiliza SIG para avaliar a cobertura de áreas de descanso para veículos que transportam materiais perigosos, revelando lacunas no atendimento à demanda;
- No Brasil, pesquisadores adotam uma abordagem multicritério para apoiar a localização de postos de pesagem em malhas rodoviárias, considerando fatores como volume de tráfego, qualidade do pavimento e sobrecarga histórica;
- Aplicação do método AAD e algoritmos de otimização no Brasil para alocar áreas de descanso de maneira eficiente, levando em conta limitações de tempo de viagem;
- Estudo no Brasil utilizando o problema MCLP para determinar a localização de bases de interceptação de aeronaves na região amazônica, adaptando o modelo com base em fatores logísticos e geográficos.

3 MÉTODO

3.1 METODOLOGIA DE PESQUISA

Para realizar o planejamento deste trabalho buscou-se na literatura formas de classificar a pesquisa, identificando suas características a partir de sua natureza. Para KÖCHE, (2007, p. 122), o planejamento de uma pesquisa depende tanto do problema a ser estudado, como da situação espaço-temporal em que se encontra, quanto da natureza e nível de conhecimento do pesquisador. Existem várias formas de classificar pesquisas, neste estudo utiliza-se o modelo de (SILVA, 2004) conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Tipo de pesquisa científica



Fonte: Adaptado de (SILVA, 2004)

De maneira geral, a pesquisa científica pode ser classificada como pesquisa exploratória, descritiva ou explicativa, (PROVDANOV; FREITAS, 2013), a pesquisa é descritiva quando o pesquisador registra e descreve os fatos observados sem interferir neles, visando descrever as características de determinada população, fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis; será pesquisa bibliográfica, quando elaborada a partir de material já publicado, constituído de livros, revistas, publicações, artigos jornais, monografias, dissertações e teses; e estudo de caso quando coletar e analisar informações sobre determinado

indivíduo, uma família, um grupo ou uma comunidade, a fim de estudar aspectos variados de sua vida, de acordo com o assunto da pesquisa, sendo também, um tipo de pesquisa qualitativa e/ou quantitativa, entendido como uma categoria de investigação que tem como objeto o estudo de uma unidade de forma aprofundada, podendo tratar de um sujeito, grupo de pessoas, comunidade etc.

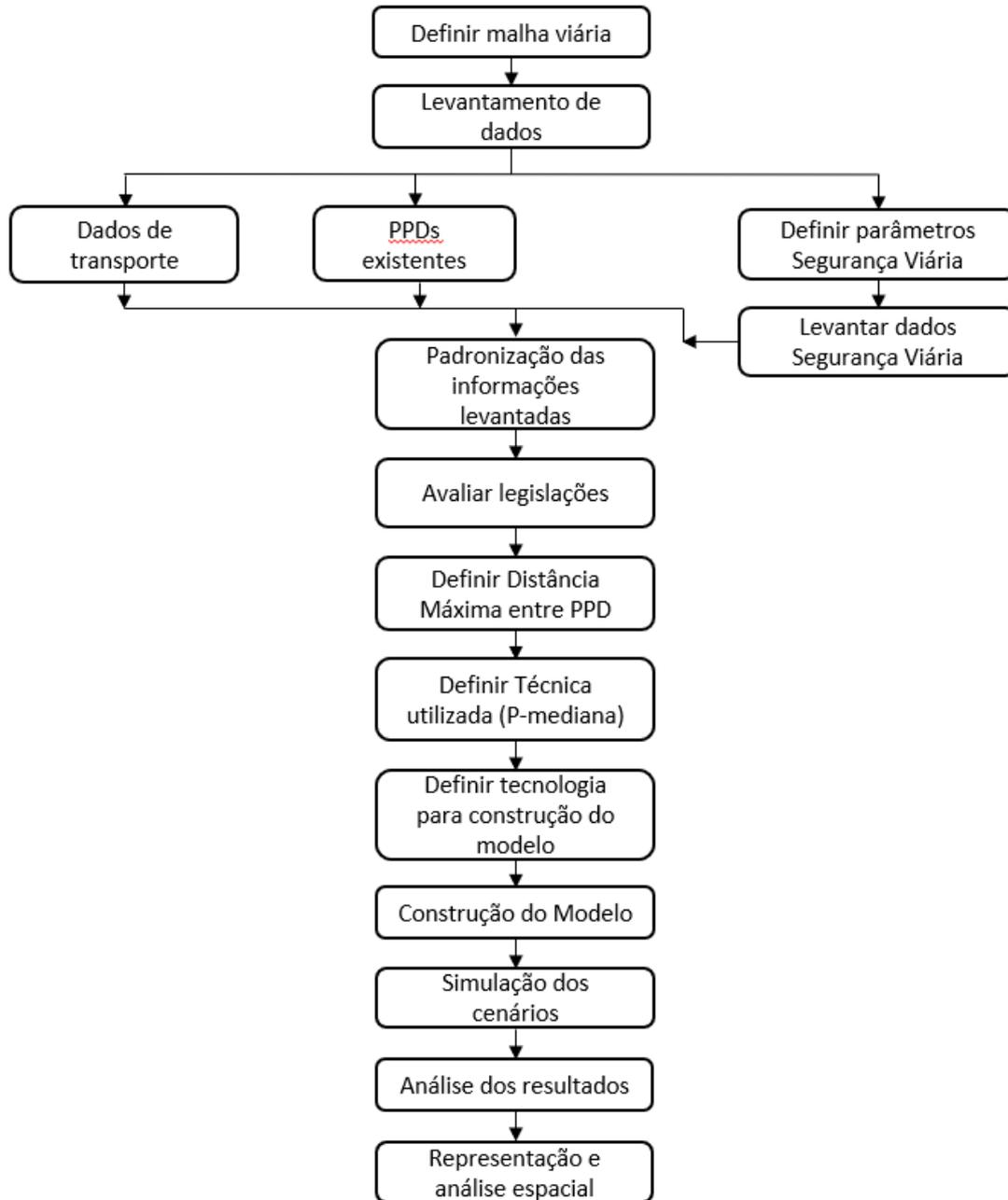
O estudo de caso, por sua vez, envolve a coleta e análise de informações sobre indivíduos, famílias, grupos ou comunidades para examinar diversos aspectos de suas vidas, sendo qualitativa e/ou quantitativa.

Dentro desse contexto, desenvolveu-se o procedimento metodológico da pesquisa, caracterizado como exploratório e explicativo. A abordagem exploratória envolve a definição da área de estudo e a obtenção de informações sobre as áreas de descanso, visando delimitar e compreender o contexto da malha viária. Por outro lado, as etapas explicativas, como a padronização dos dados, a avaliação dos parâmetros legais, a determinação da técnica, a seleção da tecnologia, a construção do modelo de localização e a definição de cenários para simulação, concentram-se na análise e modelagem matemática para atingir os objetivos da pesquisa. A representação visual dos resultados obtidos é considerada como descritiva. No próximo item é detalhada cada etapa que compõe o procedimento proposto.

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este capítulo apresenta o procedimento metodológico proposto para áreas de descanso, tendo como objetivo integrar a fundamentação teórica com a proposta idealizada. Os problemas de localização são caracterizados por quatro componentes: os clientes, as facilidades que serão instaladas, o espaço no qual os clientes e instalações estão localizadas e a distância entre clientes e instalações. Desta forma, o procedimento para essa pesquisa é composto por dez etapas, conforme demonstra a Figura 9 e explicadas na sequência.

Figura 9 – Fluxograma da pesquisa



Fonte: AUTOR, 2023

1º – Definição da Área de Estudo:

Consiste em definir a área da malha viária a ser utilizada. Nela, se define o recorte proposto, na qual se pretende instalar as áreas de descanso, deve-se levar em consideração o grau de importância para os usuários e o sistema de tráfego.

2º – Levantamento de Dados:

Trata-se do levantamento de dados, que pode ser dividido em três fases:

Fase 1: Levantamento de dados associados a pesquisa, seja custo de transporte, pesquisa de origem e destino, densidade demográfica, sinistros de trânsito, volumes de tráfego, características da rodovia, entre outros.

Fase 2: Consiste em avaliar os pontos de parada e descanso existentes na rodovia, ou caso não tenha esta informação, poderá ser utilizado os postos de combustíveis, estacionamentos, hotéis ou estabelecimentos que se enquadrem na legislação.

Fase 3: Consiste em definir os parâmetros de segurança viária que possuem impacto com o objeto do estudo, e em seguida obter os dados relacionados aos critérios definidos, como sinistros de trânsito, condições do pavimento, condição da sinalização viária, trechos com iluminação ou não, extensão das tangentes e trechos com curvas sinuosas, distâncias entre as áreas de descanso, características físicas da rodovia, se são regiões urbanas ou rurais, características operacionais da rodovia, o volume de tráfego, a existência de postos da polícia, postos de pesagem e de apoio.

3º – Padronização dos Dados:

A terceira etapa é a padronização dos dados. Como os dados obtidos são provenientes de bases de dados distintas, os critérios considerados devem ser normalizados, ou seja, transformados em uma unidade unificada de pontuação, utilizando equações não-lineares que irão expressar o impacto de cada variável e sua importância, devem ser criados padrões, diferenciados por quilômetros, municípios ou trechos homogêneos de forma que seja possível correlacionar as informações para avaliar de forma quantitativa ou qualitativa.

4º – Avaliação dos Parâmetros Legais:

A quarta etapa é a avaliação dos parâmetros legais, nela deve-se verificar a legislação vigente que rege a jornada de trabalho dos motoristas profissionais, devem ser observados o tempo máximo de direção para trechos de malhas viárias, ou seja, tempo em que o motorista pode dirigir de forma contínua, também, deve-se ser observados o tempo mínimo para um intervalo.

5° – Definição da Distância Máxima:

Consiste na definição da distância máxima entre uma instalação e outra. Essa distância poderá ser definida a partir de revisão bibliográfica, se baseando em legislações e recomendações praticadas em outros países, caso a legislação atual não estabeleça uma distância.

6° – Determinação da Técnica:

A sexta etapa é a determinação da técnica que será utilizada, a escolha do modelo matemático que será utilizado para analisar os dados e alcance do objetivo da pesquisa.

7° – Seleção da Tecnologia:

Consiste em definir a tecnologia que será empregada, por qual software ou ferramentas será realizada a construção do modelo, nesta fase deve-se avaliar o número de variáveis da pesquisa, em conjuntos com uma quantidade grande de dados envolvidos devem ser considerados a utilização de recursos computacionais.

8° – Construção do Modelo de Localização:

A oitava etapa é a construção do modelo de localização, de modo encontrar a função objetivo, devem ser definidas as variáveis de decisão e as restrições do modelo, determinando um conjunto de soluções viáveis, e a solução ótima.

9° – Definição de Cenários:

A nona etapa é definir cenários para executar o modelo. Estes cenários devem considerar situações diferentes do conjunto de dados, a fim de solucionar diferentes situações para a solução ótima.

10° – Visualização Cartográfica:

A décima e última etapa consiste em através de recursos em SIG, obter dados da localização das instalações como suas coordenadas geográficas e a partir deles, representar os resultados obtidos nos cenários em visualizações cartográficas.

3.3 DELIMITAÇÕES

Com base no procedimento metodológico proposto, destacam-se algumas possíveis delimitações da pesquisa:

Abrangência da Área de Estudo: Na definição da área de estudo é importante considerar o recorte proposto, limitações geográficas, logísticas ou administrativas podem surgir durante essa fase.

Disponibilidade e Qualidade dos Dados: O levantamento de dados, especialmente na Fase 1, pode ser prejudicado pela falta de informações atualizadas ou pela ausência de dados específicos, como condições do pavimento, sinistros de trânsito, e características da rodovia.

Padronização dos Dados: Na padronização dos dados é importante a uniformidade nas informações, que podem impactar na consistência e confiabilidade dos resultados.

Recursos Computacionais: A seleção da tecnologia e o uso de recursos computacionais podem ser limitados pela disponibilidade de ferramentas ou software específicos. Restrições financeiras ou técnicas podem influenciar a escolha e aplicação das tecnologias.

Modelagem Matemática: A construção do modelo de localização dependendo da complexidade da análise e da natureza dos dados disponíveis, podem dificultar a definição das variáveis de decisão e restrições, necessitando em diferentes modelos de otimização.

Definição de cenários: A definição de cenários pode ser limitada pela falta de dados ou pela complexidade na criação de situações diferentes.

Visualização Cartográfica: A última etapa, envolvendo a visualização cartográfica, pode enfrentar desafios na obtenção e representação precisa das coordenadas geográficas das instalações, dependendo da qualidade dos dados disponíveis.

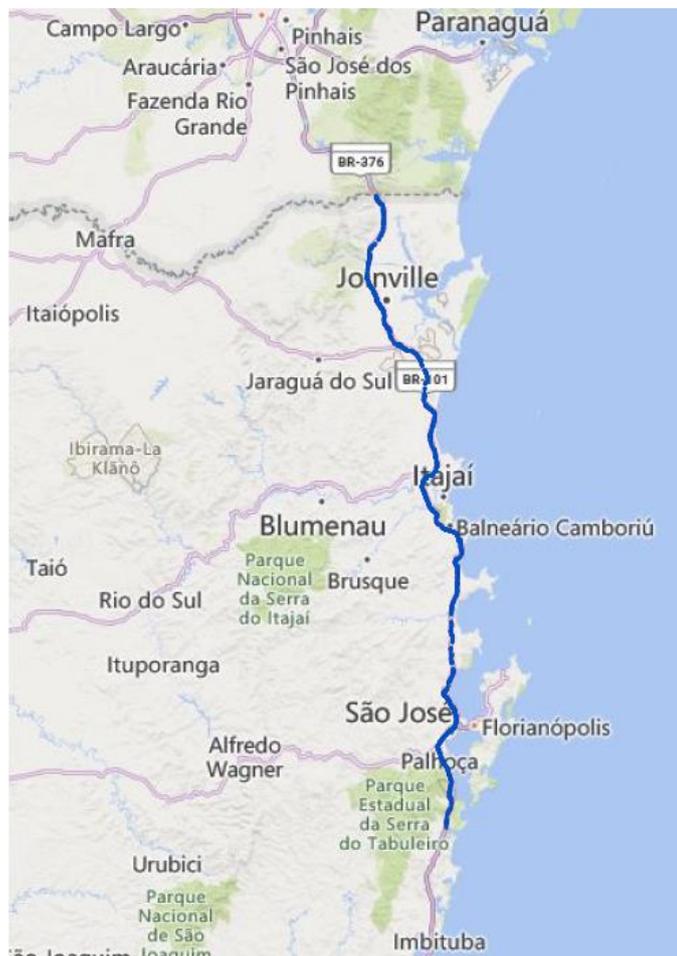
4 ESTUDO DE CASO

4.1 A RODOVIA BR-101

A rodovia BR-101 é a principal via de transporte da região sul do país, a necessidade de integrar os diversos polos produtivos permitiu em 1964, a aprovação da Lei 4.592 que deu origem à BR-101, uma rodovia longitudinal, com previsão de alcançar 4.080 quilômetros de extensão, atravessando o Brasil entre os extremos Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul (BRASIL, 1964). No estado de Santa Catarina, os 465,9 quilômetros de via pavimentada permitem que grande parte do fluxo se desloque em direção a faixa litorânea, um traçado que encurtou distâncias em tempo de viagens e atraiu o desenvolvimento de atividades comerciais, industriais e prestação de serviços como rede hoteleiras e restaurantes. Além disso, a presença dos portos marítimos na movimentação de cargas a granel, agregou a sua composição espacial o comércio logístico de cargas (NUNES, 2008).

O desenvolvimento do estado de Santa Catarina foi fortemente influenciado pela construção da rodovia, possibilitando a ligação entre os demais estados brasileiros, fazendo parte do corredor Mercosul. Porém, com o crescimento acelerado a presença de portos que realizam o escoamento de grãos e a movimentação de veículos pesados o transporte de mercadorias e produtos é cada vez mais intenso. A média de veículos registrada no primeiro semestre de 2018, chegou a 1,001 milhões de veículos leves e pesados, segundo a concessionária que administra o trecho. Segundo CNT, 2018 a rodovia BR-101/SC ocupa o segundo lugar no ranking entre acidentes envolvendo caminhão por 100 km de extensão, sendo 55,3 acidentes a cada 100 km de extensão. Para desenvolver o modelo, inicialmente, foi delimitada a extensão do trecho em análise, optando por avaliar a Rodovia BR-101 em Santa Catarina, cobrindo seus 240,600 quilômetros. A privatização dessa rodovia proporcionou dados atualizados e confiáveis, facilitando a coleta de informações para a pesquisa. A Figura 10 ilustra o recorte utilizado.

Figura 10 – Trecho Sul da BR-101/SC



Fonte: AUTOR, 2023

4.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS DO ESTUDO

A avaliação por quilômetro foi descartada, devido a quantidade de dados que envolveriam a pesquisa e a dificuldade em ter estes dados normalizados. Desta forma, optou-se em realizar a avaliação a partir dos segmentos homogêneos, que, por sua vez, são definidos a partir das características físicas da rodovia, ou seja, aquelas que afetam o desempenho operacional de tráfego, sendo estas:

- Classe da rodovia;
- Quantidade e dimensão das faixas de tráfego e acostamentos;

- Velocidade diretriz e a velocidade de fluxo livre;
- Perfil longitudinal (inclinação e extensão de rampas significativas)
- Tipo de ocupação lindeira e densidade de acessos.

Para a pesquisa, utilizou-se os dados fornecidos pela concessionária de rodovias que administra o trecho. Desta forma, na Tabela 4, é apresentada a divisão dos segmentos homogêneos:

Tabela 4 - Segmentos Homogêneos da BR-101/SC

Segmentos Homogêneos	Km inicial	Km final	Sentido
101SH1-N	0	6	Norte
101SH2-N	6	41,2	Norte
101SH3-N	41,2	57,4	Norte
101SH4-N	57,4	111,3	Norte
101SH5-N	111,3	137,4	Norte
101SH6-N	137,4	144,1	Norte
101SH7-N	144,1	155	Norte
101SH8-N	155	193	Norte
101SH9-N	193	203,6	Norte
101SH10-N	203,6	205	Norte
101SH11-N	205	208	Norte
101SH12-N	208	212	Norte
101SH13-N	212	213,7	Norte
101SH14-N	213,7	215,5	Norte
101SH15-N	215,5	220,9	Norte
101SH16-N	220,9	244,6	Norte
101SH1-S	0	6	Sul
101SH2-S	6	41,2	Sul
101SH3-S	41,2	57,4	Sul
101SH4-S	57,4	111,3	Sul
101SH5-S	111,3	137,4	Sul
101SH6-S	137,4	144,1	Sul
101SH7-S	144,1	155	Sul
101SH8-S	155	193	Sul
101SH9-S	193	203,6	Sul
101SH10-S	203,6	205	Sul
101SH11-S	205	208	Sul
101SH12-S	208	212	Sul
101SH13-S	212	213,7	Sul
101SH14-S	213,7	215,5	Sul

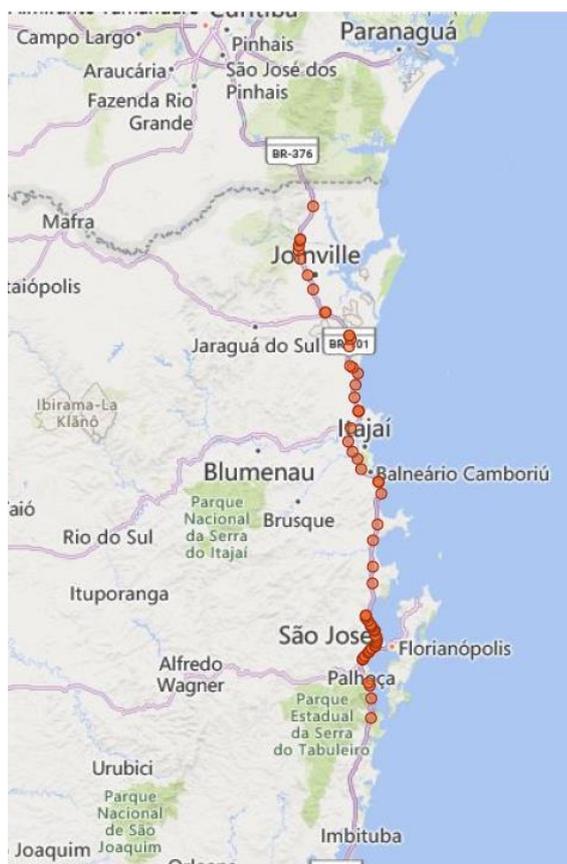
Segmentos Homogêneos	Km inicial	Km final	Sentido
101SH15-S	215,5	220,9	Sul
101SH16-S	220,9	244,6	Sul

Fonte: ARTERIS – Litoral Sul

4.3 POSSÍVEIS PONTOS DE PARADA E DESCANSO NA BR-101/SC

A fim de considerar as instalações que futuramente possam se tornar um PPD, foi realizado o levantamento dos postos de combustíveis localizados as margens da rodovia. A avaliação das instalações existentes foi realizada através da análise espacial do trecho, utilizando a ferramenta de pesquisa do Google Earth para levantamento da área (m²) de cada instalação, também foi levantado o município, km e horário de funcionamento de cada instalação. A pesquisa identificou 64 postos de combustíveis instalados em paralelos à rodovia.

Figura 11 – Postos de Combustíveis Existentes na BR-101/SC



Fonte: AUTOR, 2023

Com o propósito de selecionar as instalações com áreas relevantes para abrigar os veículos pesados em seus estacionamentos, foram aplicados filtros nas instalações com área igual ou maior que 15.000m², os postos de combustíveis com área menor que 15.000m² foram extraídos da pesquisa. No filtro, foram encontrados 25 possíveis instalações que poderão ser utilizadas como PPDs segundo o critério de área $\geq 15.000\text{m}^2$, os postos selecionados encontram-se apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Instalações possíveis PPDs

Código	Posto	km	Sentido	Município	Horário	Área (m²)
P1	Posto 10 Zandoná	10	Norte	Garuva	24h	60.694,23
P2	Posto Richter	24,8	Norte	Joinville	24h	26.112,70
P3	Posto Rudnick	25,1	Norte	Joinville	24h	92.647,35
P6	Posto Buffon	32,5	Norte	Joinville	24h	26.690,33
P8	Posto Zandoná 5	46	Sul	Joinville	24h	38.667,67
P9	Posto Mime	56,9	Norte	Araquari	24h	64.375,08
P10	Posto Maiochi	56,9	Sul	Araquari	24h	19.354,26
P11	Posto Sinuelo	70,1	Sul	Araquari	24h	53.358,99
P12	Posto Sinuelo	70,3	Norte	Araquari	24h	73.285,16
P13	Posto Rainha	71,6	Norte	Araquari	6h as 23h	15.040,02
P15	Posto Maiochi	83	Sul	Barra Velha	24h	37.646,35
P16	Posto Maiochi	84,3	Norte	Barra Velha	6h as 23h	35.103,32
P19	Posto Buffon	98,4	Sul	Piçarras	6h as 22h	25.532,22
P20	Posto Graal	102,6	Norte	Piçarras	24h	25.265,57
P21	Posto Graal	102,6	Sul	Piçarras	24h	16.503,75
P22	Posto Zandoná 14	110	Norte	Piçarras	24h	19.626,90
P23	Posto Ponte Açú Shell	111	Sul	Piçarras	24h	32.034,84
P25	Posto Santa Rosa	117	Sul	Itajaí	24h	107.795,21
P26	Posto Mime	121,1	Norte	Itajaí	24h	63.727,17
P28	Posto Irmão da Estrada	129,3	Norte	Bal. Camboriú	6h as 23h	24.565,88
P36	Posto Angeloni	156,6	Norte	Porto Belo	5h as 24h	24.116,30
P41	Posto Apolo	184,9	Norte	Biguaçu	6h as 22h	15.387,46
P51	Posto Coopercarga	198,5	Norte	Biguaçu	24h	19.215,56
P61	Posto Cambirela	223,9	Sul	Palhoça	24h	16.806,00
P64	Posto Maciambu	238	Sul	Palhoça	6h as 22h	17.281,00

Fonte: AUTOR, 2023

Com auxílio da ferramenta SIG, ARCGIS versão 10.8, foram obtidas as coordenadas geográficas em UTM, a fim de elaborar os mapas que serão apresentados com os resultados obtidos do modelo, os dados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Coordenadas das instalações selecionadas.

Código	Posto	Coord_E	Coord_N
P1	Posto 10 Zandoná	714.159,0000	7.115.421,0001
P2	Posto Richter	709.021,0000	7.102.737,0001
P3	Posto Rudnick	708.834,0000	7.102.225,0001
P6	Posto Buffon	708.853,0000	7.095.061,0001
P8	Posto Zandoná 5	713.631,0000	7.083.175,0000
P9	Posto Mime	718.333,0000	7.074.236,0001
P10	Posto Maiochi	717.973,0000	7.074.160,0001
P11	Posto Sinuelo	727.133,0001	7.065.048,0001
P12	Posto Sinuelo	727.272,0000	7.065.133,0001
P13	Posto Rainha	727.756,0000	7.063.746,0001
P15	Posto Maiochi	727.326,0000	7.053.333,0000
P16	Posto Maiochi	728.342,0000	7.052.639,0001
P19	Posto Buffon	728.967,3800	7.039.629,8700
P20	Posto Graal	730.187,0000	7.035.809,0000
P21	Posto Graal	730.252,0000	7.035.934,0001
P22	Posto Zandoná 14	728.038,0000	7.029.742,0000
P23	Posto Ponte Açú Shell	727.119,0000	7.029.331,0001
P25	Posto Santa Rosa	726.073,0001	7.024.141,0001
P26	Posto Mime	727.651,7404	7.020.194,9176
P28	Posto Irmão da Estrada	730.851,0000	7.013.415,0000
P36	Posto Angeloni	736.718,0001	6.992.015,0001
P41	Posto Apolo	734.815,0000	6.964.502,0000
P51	Posto Coopercarga	733.807,0000	6.952.669,0001
P61	Posto Cambirela	732.126,0001	6.931.376,0000
P64	Posto Maciambu	732.806,0001	6.917.881,0000

Fonte: AUTOR, 2023

4.4 MATRIZ DE DISTÂNCIA

Após a definição da configuração do trecho em estudo, foi elaborada a matriz de distância, entre o ponto médio de cada segmento homogêneo e os postos de combustíveis por sentido, as tabelas encontram-se apresentadas no item Anexo A.

4.5 PESOS ASSOCIADOS

Para elaborar os pesos associados, foram definidos os critérios que irão compor o modelo com dados quantitativos e qualitativos. Levando em consideração a segurança no trânsito e seus impactos, os critérios considerados foram:

- taxa de severidade de sinistros de trânsito,
- volume de tráfego;
- nível de serviço,
- geometria da via (tangente ou curva) e terreno, ondulado ou plano
- iluminação,
- qualidade do pavimento,
- qualidade da sinalização,
- urbanização rural ou urbana,
- presença de postos de polícia, postos de pesagem e postos de apoio.

Para gerar a matriz de pesos associados foi elaborada a equação abaixo:

$$Ps = \alpha(X \times FT) + \beta(Y \times NS) + \mu(Z \times CG) + \lambda(W \times CF) \quad (5.0)$$

Onde:

Ps: Valor do Peso Associado

FT: Fluidez no tráfego;

NS: Capacidade da Rodovia;

CG: Características geométricas da rodovia;

CF: Características físicas e operacionais da rodovia;

$\alpha, \beta, \mu, \lambda$: Nível de importância dos riscos relacionados;

4.5.1 DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE IMPORTÂNCIA DOS RISCOS RELACIONADOS

Conforme método AHP (Analytic Hierarchy Process) foram definidos os pesos atribuídos aos riscos relacionados ao Ps. Com intuito de converter os julgamentos em valores numéricos, ou seja, um peso numérico, prioridade ou nível de importância é derivado para cada elemento em uma hierarquia, permitindo que elementos distintos e frequentemente incomensuráveis sejam comparados entre si de maneira racional e consistente. Sendo assim, o AHP permite inserir o nível de importância (prioridade) que se deseja considerar na ponderação dos riscos definidos para o Ps. Para definir o nível de importância foram realizadas pesquisas entre profissionais que atuam na área. A equação a seguir apresenta a fórmula do Ps com os pesos definidos a partir da aplicação do método AHP.

$$Ps = (0,30 \times FT) + (0,20 \times NS) + (0,30 \times CG) + (0,20 \times CF) \quad (5.1)$$

Onde:

Ps: Valor do Peso Associado

FT: Fluidez no tráfego;

NS: Capacidade da Rodovia;;

CG: Características geométricas da rodovia;

CF: Características físicas e operacionais da rodovia;

4.5.2 DEFINIÇÃO DOS RISCOS ASSOCIADOS A SEGURANÇA VIÁRIA

Os riscos associados foram divididos em quatro grupos, sendo:

- a) Fluidez no tráfego;
- b) Capacidade da Rodovia;
- c) Características geométricas da rodovia;
- d) Características físicas e operacionais da rodovia;

Grupo A: o código *FT* representa a fluidez no tráfego, sendo mensurado por dois componentes, conforme demonstra a equação 5.2, sendo:

$$FT = [(TX + VDMA)] \quad (5.2)$$

Onde:

TX: taxa de severidade de sinistros de trânsito em cada SH analisado;

VDMA: volume médio de veículos em cada SH;

Grupo B: o código *NS* representa a capacidade da rodovia, ou seja o nível de serviço de cada SH. A equação 5.3 representa a fórmula de cálculo utilizada, sendo:

$$NS = [(NS)] \quad (5.3)$$

Onde:

NS: nível de serviço;

Grupo C: o código *CG* representa as características geométricas de cada SH analisado, ele é formado pela soma de quatro componentes. A equação 5.4 representa a fórmula de cálculo utilizada, sendo:

$$CG = [(TG + LM + PAV + SIN)] \quad (5.4)$$

Onde:

TG: representa os segmentos em tangente;

LM: representa os segmentos iluminados;

PAV: representa a condição do pavimento;

SIN: representa a condição da sinalização;

Grupo 04: o código *CF* representa as características físicas e operacionais de cada SH analisado, formado pela soma de 6 componentes. A equação 5.5 representa a fórmula de cálculo para *CF*, sendo:

$$CF = [(GM + URB + RUR + PM + PPS + PPA)] \quad (5.5)$$

Onde:

GM: representa o tipo de geometria;

URB: representa área urbana;

RUR: representa área rural;

PM: representa os postos de polícia;

PPS: representa os postos de pesagem;

PPA: representa os postos de apoio;

Tabela 7 - Pesos associados sentido norte

SH	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Peso Ponderado
101SH1-N	31,65	1,10	4,20	6,20	12,22
101SH2-N	28,84	1,10	4,10	6,40	11,38
101SH3-N	17,43	1,10	4,10	6,30	7,94
101SH4-N	24,97	1,10	4,10	6,30	10,20
101SH5-N	20,63	1,10	4,10	6,40	8,92
101SH6-N	22,04	1,10	4,10	6,30	9,32
101SH7-N	17,92	1,10	4,10	6,10	8,05
101SH8-N	22,63	1,00	4,20	6,40	9,53
101SH9-N	16,41	1,10	4,10	6,20	7,61
101SH10-N	16,86	1,10	4,00	6,20	7,72
101SH11-N	13,90	1,10	4,00	6,10	6,81
101SH12-N	17,27	1,10	4,10	6,10	7,85
101SH13-N	21,31	1,10	4,10	6,20	9,08
101SH14-N	15,97	1,10	4,10	6,20	7,48
101SH15-N	28,83	1,10	4,20	6,10	11,35
101SH16-N	38,00	1,00	4,00	6,20	14,04

Fonte: AUTOR, 2023

A seguir é apresentada a

Tabela 8 com os pesos associados para o sentido sul da Rodovia BR-101/SC:

Tabela 8 - Pesos associados sentido sul

SH	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Peso Ponderado
101SH1-S	32,84	1,10	4,20	6,30	12,59
101SH2-S	29,89	1,10	4,00	6,30	11,65
101SH3-S	22,13	1,10	4,00	6,20	9,30
101SH4-S	25,53	1,10	4,10	6,40	10,39
101SH5-S	20,12	1,10	4,10	6,30	8,75
101SH6-S	19,40	1,10	4,10	6,20	8,51
101SH7-S	17,79	1,00	4,10	6,20	8,01

SH	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Peso Ponderado
101SH8-S	23,20	1,10	4,20	6,30	9,70
101SH9-S	17,22	1,10	4,10	6,20	7,86
101SH10-S	15,01	1,10	4,00	6,20	7,16
101SH11-S	14,57	1,10	4,00	6,10	7,01
101SH12-S	14,65	1,10	4,10	6,20	7,09
101SH13-S	17,95	1,00	4,10	6,20	8,05
101SH14-S	15,07	1,10	4,10	6,20	7,21
101SH15-S	25,60	1,10	4,20	6,20	10,40
101SH16-S	39,10	1,00	4,00	6,20	14,37

Fonte: AUTOR, 2023

A seguir são apresentadas as tabelas com os dados utilizados para o cálculo de cada componente e os critérios considerados para dados quantitativos e qualitativos.

4.6 FLUIDEZ NO TRÁFEGO

4.6.1 TAXA DE SEVERIDADE DE SINISTROS NO TRÂNSITO

Os dados de acidentes no trânsito foram extraídos da Base da PRF – 2020 e a partir deles foram calculados a taxa de accidentalidade para cada segmento homogêneo, aplicando a metodologia proposta pelo DNIT, considerando os seguintes pesos: Sinistros somente com danos materiais x 1 + Sinistros com feridos x 5 + Sinistros com vítimas fatais x 13, o cálculo considerou o volume médio diário anual de veículos leves e pesados para cada segmento dividido pela extensão de cada segmento. As tabelas a seguir apresentam as taxas por sentido da rodovia.

Tabela 9 – UPS sentido norte

Segmentos Homogêneos	Peso UPS	Taxa UPS
101SH1-N	35	1,02
101SH2-N	223	1,01
101SH3-N	168	0,98
101SH4-N	449	1,14
101SH5-N	630	2,51

Segmentos Homogêneos	Peso UPS	Taxa UPS
101SH6-N	201	3,23
101SH7-N	259	2,15
101SH8-N	310	1,01
101SH9-N	350	2,61
101SH10-N	143	6,22
101SH11-N	214	4,03
101SH12-N	432	6,60
101SH13-N	195	8,45
101SH14-N	189	6,00
101SH15-N	240	5,85
101SH16-N	195	1,71

Fonte: AUTOR, 2023

A seguir é apresentada a Tabela 10 com os dados de UPS para o sentido sul da Rodovia BR-101/SC:

Tabela 10 - UPS sentido sul

Segmentos Homogêneos	Peso UPS	Taxa UPS
101SH1-S	44	1,28
101SH2-S	272	1,22
101SH3-S	176	1,25
101SH4-S	415	1,04
101SH5-S	923	3,29
101SH6-S	160	2,26
101SH7-S	197	1,62
101SH8-S	283	0,92
101SH9-S	469	3,38
101SH10-S	120	4,82
101SH11-S	307	5,26
101SH12-S	307	4,36
101SH13-S	105	4,57
101SH14-S	154	4,84
101SH15-S	172	3,83
101SH16-S	197	1,72

Fonte: AUTOR, 2023

4.6.2 VOLUME DE TRÁFEGO

O volume de tráfego diário varia ao longo da rodovia e está relacionado ao impacto no aumento de exposição ao risco de sinistros no trânsito conforme sua magnitude. Segmentos com altos volumes de tráfego são mais expostos a probabilidade de ocorrer um sinistro, enquanto, segmentos com baixos volumes de tráfego estão menos expostos.

Foram utilizados os dados referentes aos Volumes Médios Diários Anuais (VDMA), ou seja, corrigidos com os índices sazonais apresentadas no Estudo de Tráfego elaborado pela concessionária Arteris Litoral Sul, na qual realizada contagens de tráfego automatizadas através de câmeras de CFTV. São utilizadas imagens digitais dos fluxos para contagens direcionais classificatórias, em intervalos de 15 minutos. Os dados apresentados se referem a veículos leves e pesados (caminhões unitários, caminhões articulados e ônibus) e representam a demanda de cada segmento homogêneo.

Tabela 11 – VDMA veículos leves e pesados sentido norte

Segmento	Km Inicial	Km Final	VDMA
101SH1-N	0,00	6,00	15.615
101SH2-N	6,00	41,20	17.185
101SH3-N	41,20	57,40	29.075
101SH4-N	57,40	111,30	20.068
101SH5-N	111,30	137,40	26.386
101SH6-N	137,40	144,10	25.429
101SH7-N	144,10	155,00	30.319
101SH8-N	155,00	193,00	22.126
101SH9-N	193,00	203,60	34.664
101SH10-N	203,60	205,00	44.964
101SH11-N	205,00	208,00	48.464
101SH12-N	208,00	212,00	44.839
101SH13-N	212,00	213,70	37.192
101SH14-N	213,70	215,50	47.967
101SH15-N	215,50	220,90	20.814
101SH16-N	220,90	244,60	13.178

Fonte: ARTERIS – Litoral Sul

A seguir é apresentada a Tabela 12 o VDMA para o sentido sul da Rodovia BR-101/SC:

Tabela 12 – VDMA veículos leves e pesados sentido sul

Segmento	Km Inicial	Km Final	VDMA
101SH1-S	0,00	6,00	15.709
101SH2-S	6,00	41,20	17.299
101SH3-S	41,20	57,40	23.748
101SH4-S	57,40	111,30	20.252
101SH5-S	111,30	137,40	29.455
101SH6-S	137,40	144,10	28.932
101SH7-S	144,10	155,00	30.655
101SH8-S	155,00	193,00	22.254
101SH9-S	193,00	203,60	35.835
101SH10-S	203,60	205,00	48.690
101SH11-S	205,00	208,00	53.284
101SH12-S	208,00	212,00	48.197
101SH13-S	212,00	213,70	37.061
101SH14-S	213,70	215,50	48.451
101SH15-S	215,50	220,90	22.782
101SH16-S	220,90	244,60	13.263

Fonte: ARTERIS – Litoral Sul

4.7 CAPACIDADE DA RODOVIA

4.7.1 NÍVEL DE SERVIÇO

De acordo com o *Highway Capacity Manual* a classificação do Nível de Serviço, pode ser dividida em seis níveis, A, B, C, D, E e F, no qual cada letra determina o nível de trafegabilidade da via. Os dados utilizadas foram obtidos no Estudo de Tráfego fornecido pela concessionária Arteris Litoral Sul, foram atribuídos valores para os diferentes NS, sendo: nível A, B e C= 1; nível D, E, F = 1,1. A Tabela 13 apresenta os Níveis de Serviço para a Rodovia BR-101/SC em 2020:

Tabela 13 – Níveis de Serviço

Segmentos Homogêneos	NS
101SH1-N	D
101SH2-N	E
101SH3-N	F
101SH4-N	E
101SH5-N	F
101SH6-N	E
101SH7-N	D
101SH8-N	C
101SH9-N	E
101SH10-N	F
101SH11-N	F
101SH12-N	F
101SH13-N	F
101SH14-N	F
101SH15-N	F
101SH16-N	C
101SH1-S	D
101SH2-S	E
101SH3-S	E
101SH4-S	E
101SH5-S	F
101SH6-S	D
101SH7-S	C
101SH8-S	D
101SH9-S	E

Segmentos Homogêneos	NS
101SH10-S	E
101SH11-S	E
101SH12-S	D
101SH13-S	C
101SH14-S	E
101SH15-S	D
101SH16-S	B

Fonte: ARTERIS – Litoral Sul

4.8 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA RODOVIA

4.8.1 GEOMETRIA DA VIA

Os dados referentes a geometria da via foram obtidos através do Estudo de Tráfego fornecido pela concessionária que administra a rodovia, na qual é apresentado se o segmento é em tangente e o tipo de terreno, sendo ele: PL- Plano e OND-Ondulado. Foram atribuídos valores para os diferentes resultados, ou seja, sim = 1,1 e não =1,0.

Segmentos Homogêneos	Segmentos em tangente	Geometria da via - tipo de terreno
101SH1-N	SIM	OND
101SH2-N	NÃO	OND
101SH3-N	NÃO	OND
101SH4-N	NÃO	OND
101SH5-N	NÃO	OND
101SH6-N	NÃO	OND
101SH7-N	NÃO	PL
101SH8-N	SIM	OND
101SH9-N	NÃO	OND
101SH10-N	NÃO	OND
101SH11-N	NÃO	PL
101SH12-N	SIM	PL
101SH13-N	SIM	OND
101SH14-N	SIM	OND
101SH15-N	SIM	PL
101SH16-N	NÃO	PL
101SH1-S	SIM	OND
101SH2-S	NÃO	OND
101SH3-S	NÃO	OND
101SH4-S	NÃO	OND
101SH5-S	NÃO	OND
101SH6-S	NÃO	PL
101SH7-S	NÃO	PL
101SH8-S	SIM	PL
101SH9-S	NÃO	OND
101SH10-S	NÃO	OND
101SH11-S	NÃO	PL
101SH12-S	SIM	OND

Segmentos Homogêneos	Segmentos em tangente	Geometria da via - tipo de terreno
101SH13-S	SIM	OND
101SH14-S	SIM	OND
101SH15-S	SIM	PL
101SH16-S	NÃO	PL

Fonte: ARTERIS – Litoral Sul

4.8.2 ILUMINAÇÃO

Foram obtidos junto a concessionária os trechos que possuem iluminação implantada, os dados enviados se referem a segmentos curtos, geralmente próximos a pontes ou viadutos. Para incorporar os dados junto aos segmentos homogêneos foram realizadas análises de cada trecho, e, quando um segmento homogêneo apresenta cobertura total de iluminação, é classificado como "sim"; quando a cobertura é parcial, é classificado como "parcial"; e quando não possui cobertura, é classificado como "não". Desta forma, foram atribuídos valores para os diferentes resultados, ou seja, sim/parcial= 1,1 e não =1,0.

Tabela 14 – Segmentos com iluminação

Segmentos Homogêneos	Trechos com iluminação
101SH1-N	SIM
101SH2-N	SIM
101SH3-N	PARCIAL
101SH4-N	SIM
101SH5-N	SIM
101SH6-N	PARCIAL
101SH7-N	SIM
101SH8-N	PARCIAL
101SH9-N	PARCIAL
101SH10-N	NÃO
101SH11-N	NÃO
101SH12-N	NÃO
101SH13-N	NÃO
101SH14-N	NÃO
101SH15-N	PARCIAL
101SH16-N	NÃO
101SH1-S	SIM

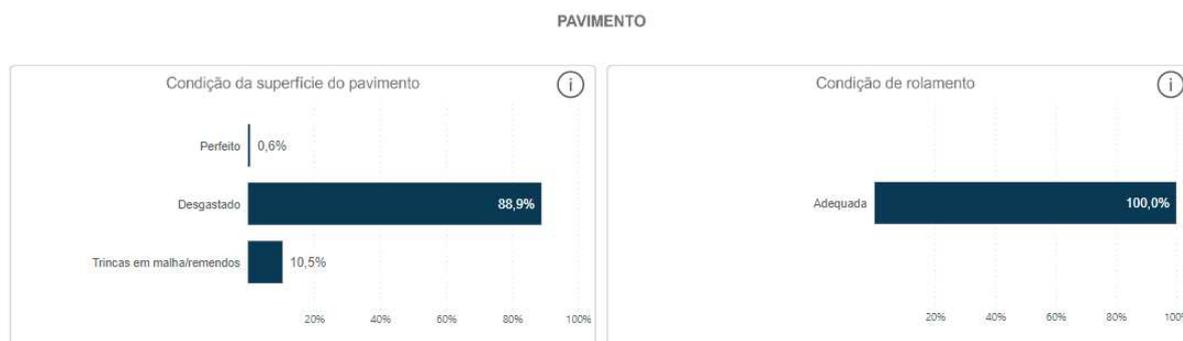
Segmentos Homogêneos	Trechos com iluminação
101SH2-S	NÃO
101SH3-S	NÃO
101SH4-S	PARCIAL
101SH5-S	SIM
101SH6-S	PARCIAL
101SH7-S	SIM
101SH8-S	PARCIAL
101SH9-S	PARCIAL
101SH10-S	NÃO
101SH11-S	NÃO
101SH12-S	NÃO
101SH13-S	NÃO
101SH14-S	NÃO
101SH15-S	SIM
101SH16-S	NÃO

Fonte: ARTERIS – Litoral Sul

4.8.3 QUALIDADE DO PAVIMENTO

Buscou-se incorporar a pesquisa os dados referentes a qualidade do pavimento, utilizando a base de dados disponibilizada pela pesquisa realizada pela CNT Rodovias – 2022. Porém, os dados apresentados, embora sejam consulta dinâmica, não estão abertos por km, ou seja, é apresentado somente a condição geral de cada rodovia. A seguir é apresentada a classificação geral da condição do pavimento para a BR-101:

Figura 12 – Painel Consulta Dinâmica CNT – Condição do Pavimento



Fonte: (<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/painel>)

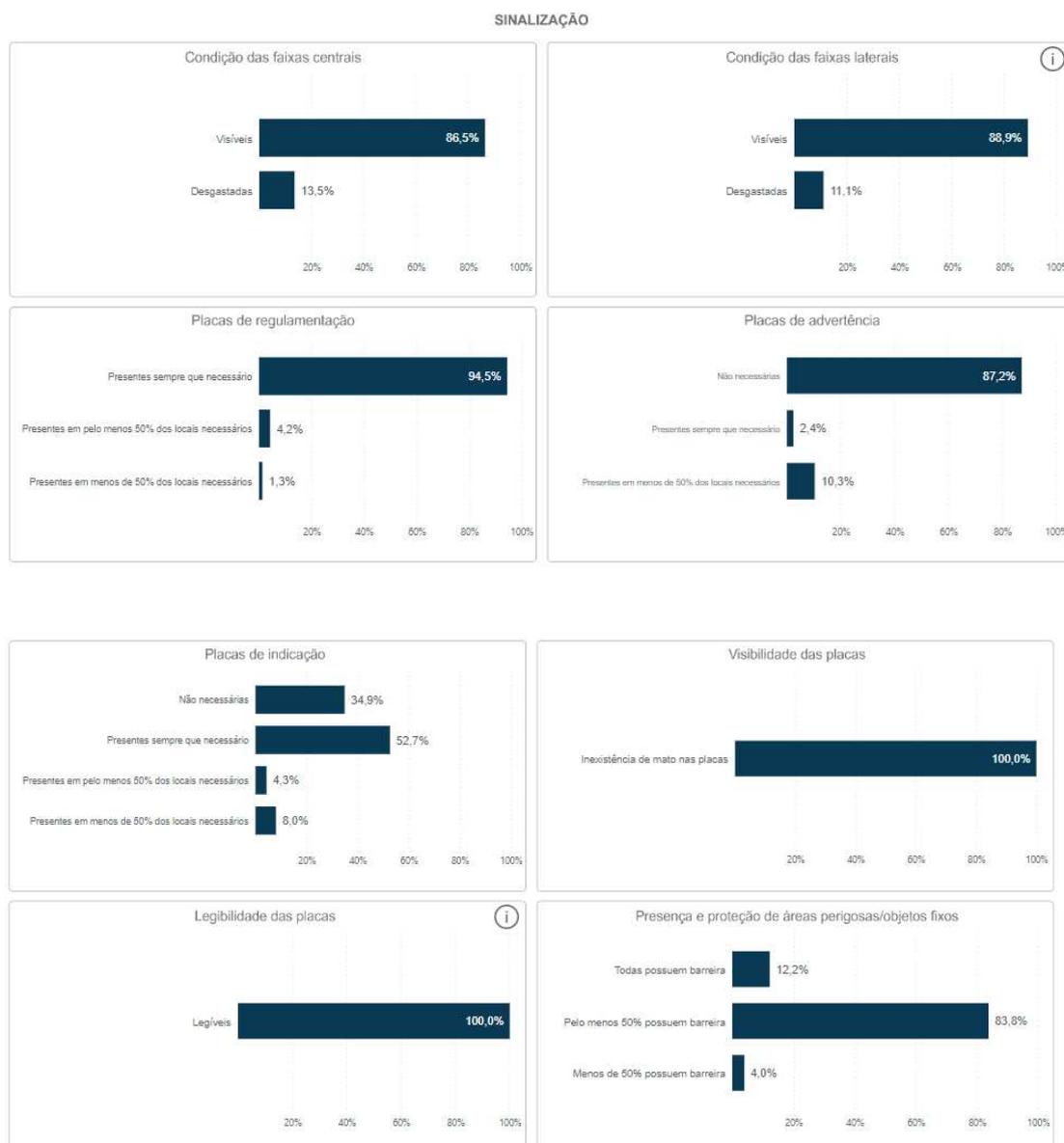
Neste contexto, optou-se por considerar o peso de 1,0 para condição que se mostrou “bom” na classificação geral feita pela CNT.

4.8.4 QUALIDADE DA SINALIZAÇÃO

O mesmo ocorreu para os dados de sinalização, onde a pesquisa também apresenta a classificação geral da rodovia, porém avalia as seguintes características:

- Sinalização Horizontal – Condição das faixas centrais e laterais;
- Sinalização Vertical – Condição das placas, visibilidade e dispositivos auxiliares

Figura 13 - Painel Consulta Dinâmica CNT – Condição da Sinalização



Fonte: (<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/painel>)

Neste contexto, optou-se por considerar o peso de 1,0 para condição que se mostrou “bom” na classificação geral feita pela CNT.

4.9 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E OPERACIONAIS DA RODOVIA

A partir da análise espacial foi avaliado a tipologia de ocupação do solo, se é ocupação urbana ou rural. Também foram levantados dados referentes a existência de postos de polícia, postos de pesagem e postos de apoio no trecho, conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Características físicas e operacionais da rodovia

Segmentos Homogêneos	Área Urbana (1,1-Sim / 1-Não)	Área Rural (1,1-Sim / 1,0-Não)	Posto de polícia (1,1-Sim / 1,0-Não)	Posto de pesagem (1,1-Sim / 1,0-Não)	Posto de Apoio (1,1-Sim / 1,0-Não)
101SH1-N	1,1	1	1	1	1
101SH2-N	1,1	1	1,1	1,1	1
101SH3-N	1	1,1	1	1	1,1
101SH4-N	1,1	1	1,1	1	1
101SH5-N	1	1,1	1,1	1	1,1
101SH6-N	1	1,1	1,1	1	1
101SH7-N	1	1,1	1	1	1
101SH8-N	1,1	1	1,1	1	1,1
101SH9-N	1	1,1	1	1	1
101SH10-N	1	1,1	1	1	1
101SH11-N	1	1,1	1	1	1
101SH12-N	1	1,1	1	1	1
101SH13-N	1	1,1	1	1	1
101SH14-N	1	1,1	1	1	1
101SH15-N	1	1,1	1	1	1
101SH16-N	1,1	1	1,1	1	1
101SH1-S	1,1	1	1	1	1,1
101SH2-S	1,1	1	1,1	1	1
101SH3-S	1	1,1	1	1	1
101SH4-S	1,1	1	1,1	1	1,1
101SH5-S	1	1,1	1,1	1	1
101SH6-S	1	1,1	1,1	1	1
101SH7-S	1	1,1	1	1,1	1
101SH8-S	1,1	1	1,1	1	1,1
101SH9-S	1	1,1	1	1	1
101SH10-S	1	1,1	1	1	1
101SH11-S	1	1,1	1	1	1
101SH12-S	1	1,1	1	1	1

Segmentos Homogêneos	Área Urbana (1,1-Sim / 1-Não)	Área Rural (1,1-Sim / 1,0-Não)	Posto de polícia (1,1-Sim / 1,0-Não)	Posto de pesagem (1,1-Sim / 1,0-Não)	Posto de Apoio (1,1-Sim / 1,0-Não)
101SH13-S	1	1,1	1	1	1
101SH14-S	1	1,1	1	1	1
101SH15-S	1	1,1	1	1	1,1
101SH16-S	1,1	1	1,1	1	1

Fonte: AUTOR, 2023

4.10 MODELO PROPOSTO

4.10.1 MODELO *P-MEDIANAS*

Primeiramente optou-se por utilizar o modelo das *p*-medianas para encontrar os possíveis PPD a partir de pesos associados aos critérios levantados. Desta forma, o modelo matemático seguiu a seguinte formulação:

Minimizar:

$$z = \sum_i \sum_j w_i d_{ij} x_{ij} \quad (6.0)$$

Sujeito a:

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad (6.1)$$

$$\sum_j x_{jj} = p \quad (6.2)$$

$$x_{ij} \leq x_{jj} \quad (6.3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (6.4)$$

Onde:

i: representa os postos de combustíveis;

j: representa os segmentos homogêneos;

x_{ij}: representa os postos de combustíveis *i* que atende os segmentos homogêneos *j*;

w_i: representa o peso associado;

d_{ij}: representa a distância entre os postos de combustíveis *i* e os segmentos homogêneos *j*; e

P: representa o número de pontos de facilidades que serão instaladas;

A função objetivo minimiza a demanda total ponderada pela distância entre os segmentos homogêneos e os postos de combustíveis próximos. As restrições 6.1 estabelecem que o posto de combustível *i*, deve estar associado exatamente a um segmento homogêneo *j*. A

restrição 6.2 define o número máximo de postos de combustíveis que podem ser utilizados simultaneamente. A variável x_{ij} represente que só poderá assumir valores binários, ou seja, 1 se o segmento homogêneo j atende o posto de combustível i , e 0 caso contrário. Nesta aplicação do problema, cada posto terá mais de uma demanda, já que se trata de um problema de transporte na corrente de tráfego. Para modelagem do problema foram considerados 2 cenários distintos, os modelos formulados foram aplicados e resolvidos utilizando o *OpenSolver* na ferramenta Excel.

- I. Cenário 1: determinação da localização considerando a abertura de dois PPDs no sentido norte e dois PPD no sentido sul, considerando como peso associado apenas com a taxa de sinistros de trânsito (UPS).
- II. Cenário 2: determinação da localização considerando a abertura de dois PPDs no sentido norte e dois PPD no sentido sul, e os pesos associados apresentados no item 6.5.

Cenário 1:

Para o cenário 1, o objetivo foi determinar a localização ótima de dois PPDs ($p=2$) em cada sentido da rodovia BR-101 em SC. Para essa análise foi utilizado a matriz w , considerando exclusivamente a taxa de acidentes de trânsito (UPS). Essa abordagem foi adotada com a perspectiva de que o modelo possa ser aplicado por outros pesquisadores em diferentes localidades do país. Nesses casos, a taxa de sinistros de trânsito pode ser o único dado de acesso público disponível, na análise é possível observar o resultado obtido somente com essa variável.

Cenário 2:

Para o cenário 2, foi considerado a abertura de dois PPDs ($p=2$) em cada sentido da rodovia BR-101 em SC. Para essa configuração adotou-se a matriz w com os pesos associados, levando em consideração as variáveis como a taxa de acidentes (UPS), geometria da vida, iluminação, qualidade do pavimento, qualidade da sinalização, nível de serviço, característica de urbanização, presença de postos de policiais, postos de pesagem e postos de apoio e vdma. Este cenário tem o objetivo de incorporar diversas variáveis de segurança viária, para otimizar a escolha das localidades dos PPDs.

4.10.1.1 RESULTADOS MODELO DAS *P-MEDIANAS*

Resultados Cenário 1:

A Tabela 16 apresenta os resultados encontrados para o cenário 1, utilizando a técnica da p-mediana para o sentido norte da Rodovia BR-101/SC, para este caso os resultados encontrados foram a abertura dos postos P09 e P20.

Tabela 16 – Resultados Cenário 1 p-mediana sentido norte

	101 SH 1-N	101 SH 2-N	101 SH 3-N	101 SH 4-N	101 SH 5-N	101 SH 6-N	101 SH 7-N	101 SH 8-N	101 SH 9-N	101 SH 10- N	101 SH 11- N	101 SH 12- N	101 SH 13- N	101 SH 14- N	101 SH 15- N	101 SH 16- N	x i j
P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P9	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1
P12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P20	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
P22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Som a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: AUTOR, 2023

A Tabela 17 apresenta os resultados encontrados para o cenário 1, utilizando a técnica da p-mediana para o sentido sul, neste caso os resultados encontrados foram a abertura dos postos P25 e P61.

Tabela 17 - Resultados Cenário 1 p-mediana sentido sul

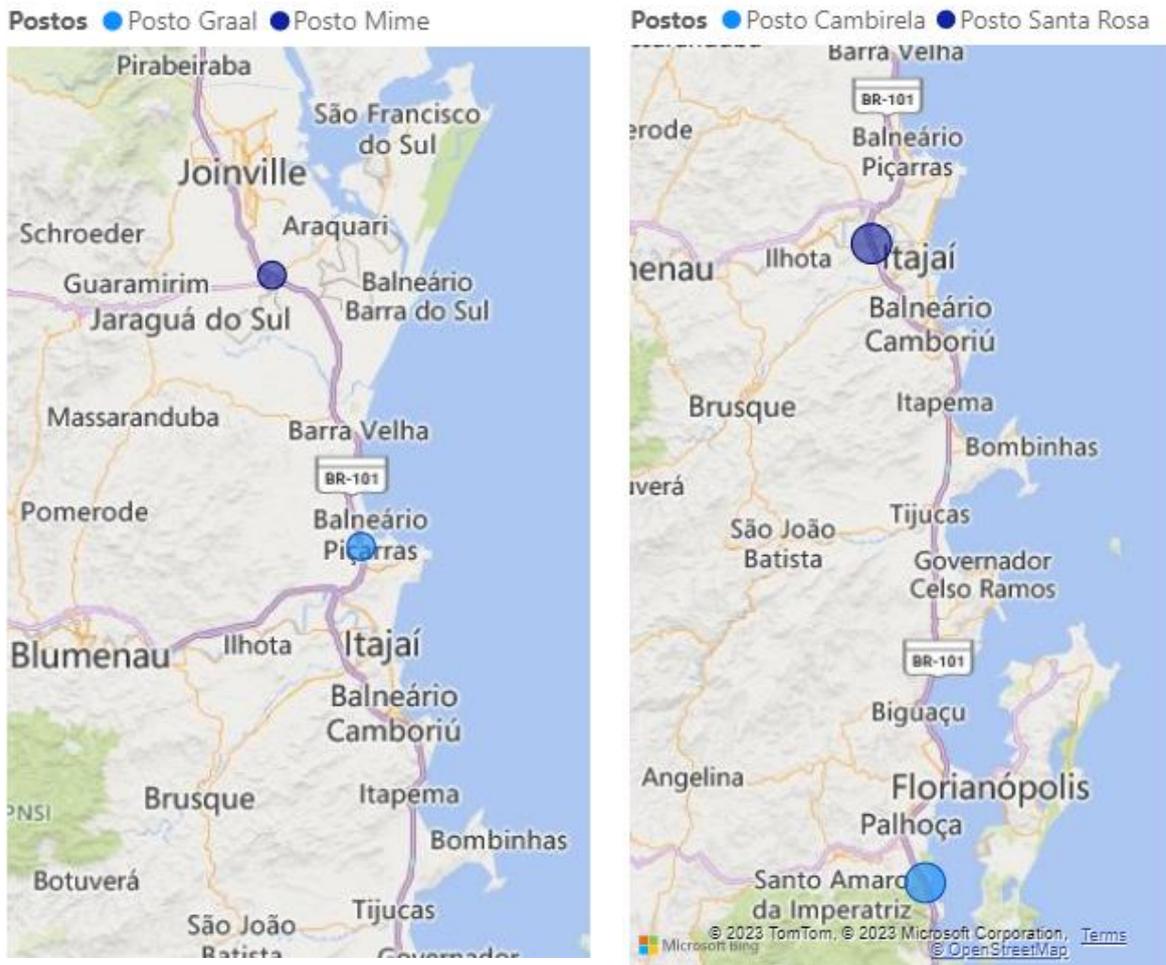
	101 SH 1-S	101 SH 2-S	101 SH 3-S	101 SH 4-S	101 SH 5-S	101 SH 6-S	101 SH 7-S	101 SH 8-S	101 SH 9-S	101 SH 10- S	101 SH 11- S	101 SH 12- S	101 SH 13- S	101 SH 14- S	101 SH 15- S	101 SH 16- S	x i j
P8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P61	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Som a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Fonte: AUTOR, 2023

Representação Cartográfica:

Na Figura 15, os resultados do Cenário 1 são apresentados em mapas para os sentidos norte e sul da rodovia, utilizando a técnica da p-mediana.

Figura 14 – Resultados Cenário 1 representados em mapas.



Fonte: AUTOR, 2023

Resultados Cenário 2:

A Tabela 18 apresenta os resultados encontrados para o cenário 2, utilizando a técnica da p-mediana para o sentido norte da Rodovia BR-101/SC, para este caso os resultados encontrados foram a abertura dos postos P02 e P51.

Tabela 18 - Resultados Cenário 2 p-mediana sentido norte

	10 1S H1 -N	10 1S H2 -N	10 1S H3 -N	10 1S H4 -N	10 1S H5 -N	10 1S H6 -N	10 1S H7 -N	10 1S H8 -N	10 1S H9 -N	101 SH 10- N	101 SH 11- N	101 SH 12- N	101 SH 13- N	101 SH 14- N	101 SH 15- N	101 SH 16- N	xij
P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P51	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soma	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: AUTOR, 2023

A Tabela 19 apresenta os resultados encontrados para o cenário 2, utilizando a técnica da p-mediana para o sentido sul, neste caso os resultados encontrados foram a abertura dos postos P08 e P61.

Tabela 19 - Resultados Cenário 2 p-mediana sentido sul

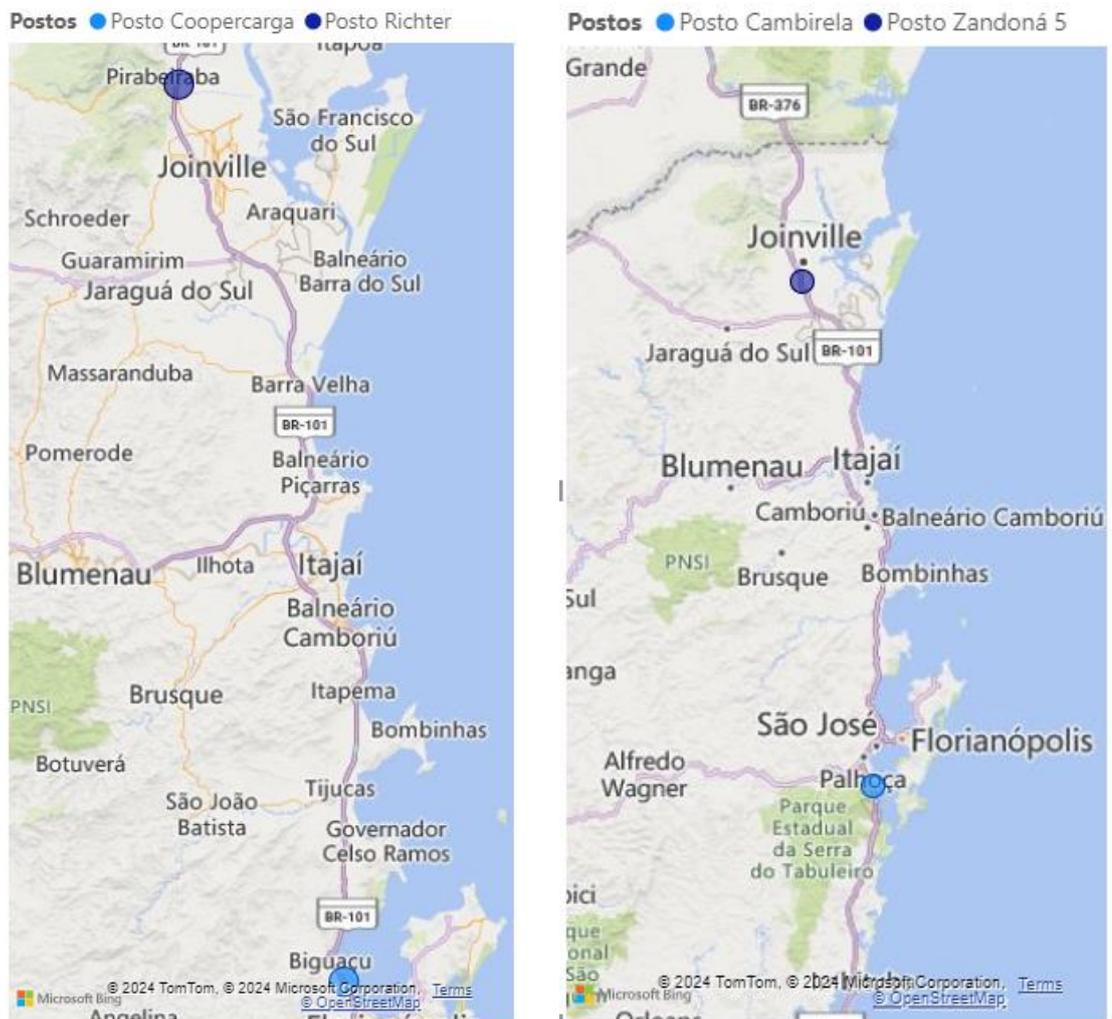
	101 SH 1-S	101 SH 2-S	101 SH 3-S	101 SH 4-S	101 SH 5-S	101 SH 6-S	101 SH 7-S	101 SH 8-S	101 SH 9-S	101 SH 10-S	101 SH 11-S	101 SH 12-S	101 SH 13-S	101 SH 14-S	101 SH 15-S	101 SH 16-S	x i j
P8	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P61	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soma	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Fonte: AUTOR, 2023

Representação Cartográfica:

Na Figura 16, os resultados do Cenário 2 são apresentados em mapas para os sentidos norte e sul da rodovia, utilizando a técnica da p-mediana.

Figura 15 - Resultados Cenário 2 representados em mapas.



Fonte: AUTOR, 2023

4.10.2 MODELO LOCALIZAÇÃO DE MÁXIMA COBERTURA

Para próxima etapa propõem se avaliar a modelagem considerando o Problema de Localização de Máxima Cobertura (MCLP), adaptando as restrições a realidade do problema estudado, utilizando a seguinte formulação matemática:

Maximizar:

$$z = \sum_{i \in I} a_i y_i \quad (7.0)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i, \forall i \in I \quad (7.1)$$

$$\sum_{j \in J} x_j \leq P \quad (7.2)$$

$$x_j \in \{0,1\} \forall j \in J, e \quad (7.3)$$

$$y_i \in \{0,1\}, \forall i \in I \quad (7.4)$$

Onde:

a_i = valor da cobertura do ponto de demanda i , para $i = 1, 2, \dots, m$;

$y_i = 1$, se o ponto de demanda i está coberto, 0 caso contrário;

$x_j = 1$, se o ponto da demanda j está ocupado, 0 caso contrário;

J : conjunto de pontos de facilidades candidatos;

I : conjunto de pontos de demanda;

P : número máximo de pontos de facilidade que podem ser ocupados simultaneamente;

S : máxima distância de cobertura atribuída aos pontos de facilidade;

d_{ij} : distância (ou alguma métrica) de cada ponto de demanda I para cada ponto de facilidade j ;

n : número de possíveis pontos de facilidade;

m : número de pontos de demanda; e

N_i : conjunto dos possíveis pontos de facilidade j que cobrem o ponto de demanda i

$$(N_i = \{j | d_{ij} \leq S\} \text{ para } i = 1, \dots, m) \quad (7.5)$$

A função objetivo 7.0 determina que, se um ponto de demanda é coberto (ou seja, $y_i = 1$), então, pelo menos um ponto de facilidade que enxergue esse ponto de demanda deve constar na solução do problema. A restrição 7.1 indica que o número máximo de pontos de facilidade que podem ser utilizados simultaneamente. As restrições 7.3 e 7.4 são as condições de integralidade. O modelo MCLP prioriza a escolha dos pontos de demanda considerados importantes, característica atribuída pelo parâmetro a_i . Com este parâmetro o MCLP torna-se um problema de otimização com objetivo de maximizar a cobertura dos pontos de demanda. A tabela a seguir traz as principais distinções entre o MCLP e SCP, (SANTOS; MÜLLER, 2006).

4.10.2.1 RESULTADOS MODELO MÁXIMA COBERTURA

Resultados Cenário 2 MCLP:

A Tabela 20 apresenta os resultados encontrados para o cenário 2, utilizando a técnica MCLP para o sentido norte, neste caso os resultados encontrados foram a abertura dos postos P22 e P26.

Tabela 20 - Resultados Cenário 2 MCLP sentido norte

	101 SH 1-N	101 SH 2-N	101 SH 3-N	101 SH 4-N	101 SH 5-N	101 SH 6-N	101 SH 7-N	101 SH 8-N	101 SH 9-N	101 SH 10- N	101 SH 11- N	101 SH 12- N	101 SH 13- N	101 SH 14- N	101 SH 15- N	101 SH 16- N	
P 1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
P 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P 26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P 28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	101 SH 1-N	101 SH 2-N	101 SH 3-N	101 SH 4-N	101 SH 5-N	101 SH 6-N	101 SH 7-N	101 SH 8-N	101 SH 9-N	101 SH 10- N	101 SH 11- N	101 SH 12- N	101 SH 13- N	101 SH 14- N	101 SH 15- N	101 SH 16- N	
P 41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 51	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S o m a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Fonte: AUTOR, 2023

A Tabela 21 apresenta os resultados encontrados para o cenário 2, utilizando a técnica MCLP para o sentido sul, neste caso os resultados encontrados foram a abertura dos postos P15 e P64.

Tabela 21 - Resultados Cenário 2 MCLP sentido sul

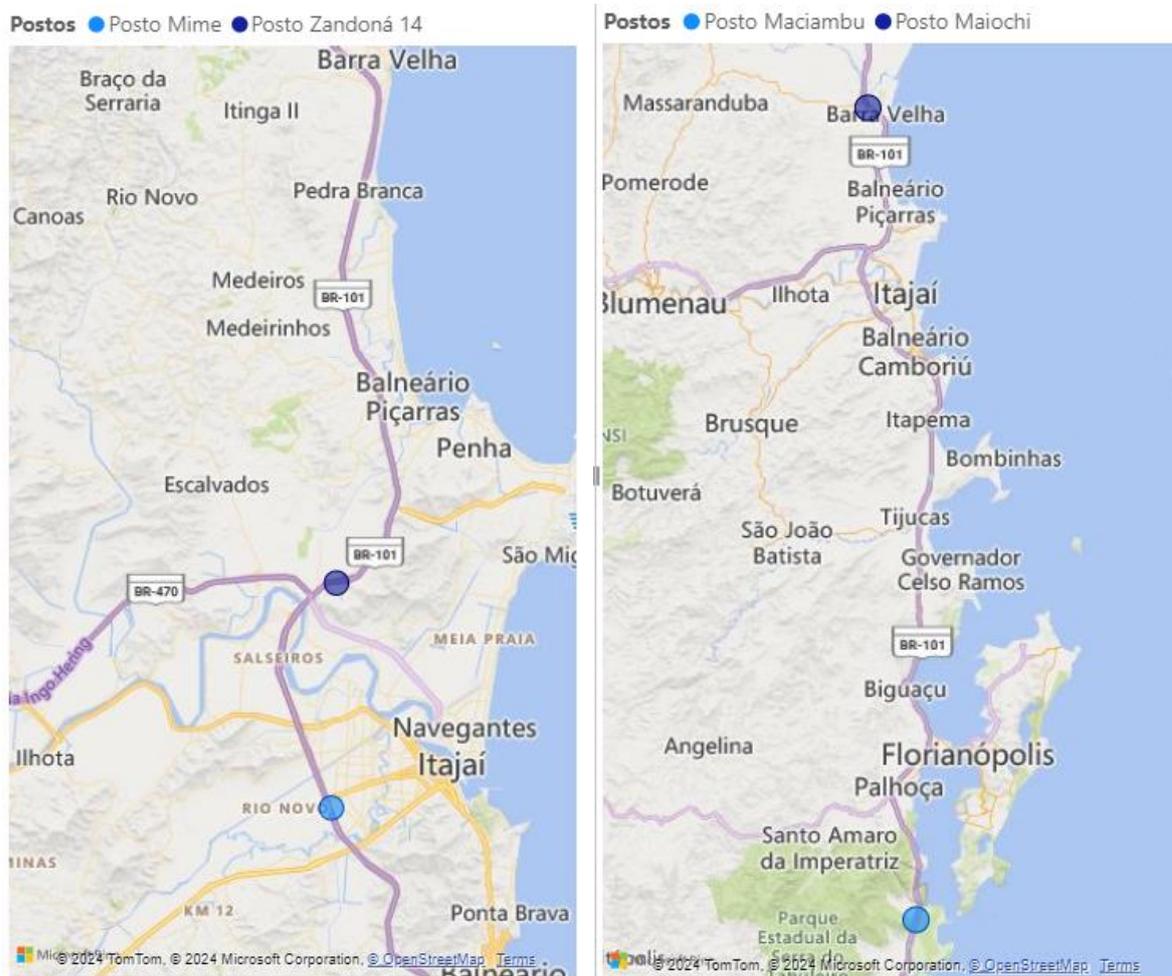
	101 SH 1-S	101 SH 2-S	101 SH 3-S	101 SH 4-S	101 SH 5-S	101 SH 6-S	101 SH 7-S	101 SH 8-S	101 SH 9-S	101 SH 10- S	101 SH 11- S	101 SH 12- S	101 SH 13- S	101 SH 14- S	101 SH 15- S	101 SH 16- S	x i j
P8	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
P1 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P1 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P6 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P6 4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S o m a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Fonte: AUTOR, 2023

Representação Cartográfica:

Na Figura 16, os resultados do Cenário 2 são apresentados em mapas para os sentidos norte e sul da rodovia, utilizando a técnica MCPL.

Figura 16 – Resultados MCLP Cenário 2 – Sentido Norte e Sentido Sul



Fonte: AUTOR, 2023

A restrição 7.5 estabelecida pelo modelo MCLP não foi implementada nesta situação, uma vez que o segmento analisado compreende 240,600 km. Nesse contexto, foram estabelecidos 4 pontos de parada e descansos, distribuídos equitativamente nos dois sentidos da Rodovia BR-101 em SC, na qual possui uma cobertura eficiente com distâncias máximas adequadas. A Tabela 22, apresenta o comparativo entre os resultados da técnica da P-mediana e a Máxima cobertura MCLP, observa-se que, para o sentido norte o MCLP, encontrou um resultado com

uma menor distância entre PPDs, já para o sentido sul os resultados apresentaram uma proximidade entre as duas técnicas.

Tabela 22 – Comparativo resultados p-mediana x MCLP Sentido Norte

SENTIDO NORTE				
TÉCNICA	P-mediana	Distância	MCLP	Distância
POSTO	P02 - km 24,8	173,7km	P22 – km 110,0	11,1 km
POSTO	P51 - km 198,5		P26 – km 121,1	

Fonte: AUTOR, 2023

A Tabela 23 apresenta o comparativo com os resultados da técnica da p-mediana e da MCLP para o sentido sul da Rodovia BR-101/SC:

Tabela 23 - Comparativo resultados p-mediana x MCLP Sentido Sul

Sentido Sul				
Técnica	P-mediana	Distância	MCLP	Distância
Posto	P08 - km 46	177	P15 - km 83	155
Posto	P61 - km 223		P64 - km 238	

Fonte: AUTOR, 2023

4.10.3 PROCESSAMENTO COMPUTACIONAL

A resolução do problema foi conduzida utilizando o Solver do Microsoft Excel em um notebook equipado com processador Intel(R) Core(TM) i7-9750H CPU 2.60GHz, 16,0 GB de RAM, executando o sistema operacional Windows 10. Devido ao baixo número de variáveis envolvidas, o processo computacional foi concluído rapidamente.

4.10.4 LIMITAÇÕES

Dentre as limitações identificadas, destaca-se a carência de metodologias específicas para a implementação de áreas de descanso no Brasil. A falta de pesquisas aprofundadas sobre esse tema e a ausência de legislações sobre as instalações, as quais não definem critérios como oferta mínima de vagas de estacionamento e distâncias adequadas entre os Pontos de Parada e

Descanso (PPDs). A falta de recursos próprios para a pesquisa implicaram na obtenção de informações atualizadas sobre as condições físicas e operacionais das rodovias, especialmente no que diz respeito à disponibilidade de dados abertos por quilômetro, e as particularidades de cada trecho, bem como no levantamento dos postos de combustíveis existentes e suas áreas (m²), tanto como na ofertas de vagas de estacionamento disponíveis para os diferentes tipos de eixos de caminhões.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

Tanto o Problema das *p*-medianas quanto o problema de Máxima Cobertura se enquadram na categoria de otimização de localização e envolvem decisões de alocação de recursos. Quando comparados, pode-se dizer que o problema das *p*-medianas se concentra na minimização de distâncias para atender às demandas, enquanto o problema de máxima cobertura visa a maximização da cobertura de elementos. No problema das *p*-medianas, os locais de instalação são determinados para atender a demandas específicas, enquanto no problema de máxima cobertura, os locais de "centros" são escolhidos para maximizar a cobertura de elementos. Embora esses problemas tenham semelhanças conceituais, suas ênfases e objetivos são distintos e ambos são desafios relevantes em áreas como planejamento de serviços, alocação de recursos e otimização de logística.

Na pesquisa realizada, o modelo das *p*-medianas mostrou-se consistente no sentido de fornecer uma formulação a partir dos critérios de segurança viária adotados. O número mínimo de pontos de facilidades definido foi atingido, considerando os pesos associados, ou seja, um padrão de segurança viária. Com o Problema de Máxima Cobertura os resultados encontrados mostraram pontos com uma cobertura maior da demanda, otimizando a distância entre PPDs, no entanto, concentrando as instalações ao centro do eixo da Rodovia. Quanto a representação de mapas cartográficos, o uso do Power BI através da integração de dados, incluindo fontes geoespaciais, permitiu combinar e visualizar os cenários sem a necessidade de programação extensiva, embora a ferramenta possa ser integrada com o ArcGIS, o objetivo proposto foi atingido de maneira simplificada.

Nesta pesquisa, foram delineadas dez etapas cruciais para o processo de localização das áreas de descanso em rodovias, onde na primeira etapa, estabeleceu-se o escopo da malha viária a ser considerada, considerando a importância para os usuários e o sistema de tráfego. Em seguida, a segunda etapa concentrou-se no levantamento de dados, que compreendeu a coleta de informações relacionadas a custos de transporte, origem e destino, densidade demográfica, sinistros de trânsito, características da rodovia e outros fatores relevantes. O levantamento também incluiu a avaliação das instalações existentes nas rodovias. A terceira etapa buscou normalizar os dados coletados, garantindo que fossem tratados de maneira uniforme e

comparável, permitindo a avaliação quantitativa ou qualitativa, aplicando o método AHP (Analytic Hierarchy Process) no desenvolvimento da equação. A quarta etapa concentrou-se na verificação dos parâmetros legais relacionados à jornada de trabalho dos motoristas profissionais, considerando limites de tempo de direção e intervalos mínimos necessários. A quinta etapa determinou a distância máxima entre as instalações de descanso, com base em revisões bibliográficas e referências internacionais. A sexta etapa envolveu a escolha da técnica e modelo matemático a serem utilizados na análise dos dados. A sétima etapa focou na seleção de tecnologias e ferramentas, avaliando a complexidade dos dados e a necessidade de recursos computacionais. Na oitava etapa, foi construído o modelo de localização, definindo variáveis de decisão e restrições para obter soluções viáveis e a solução ótima. A nona etapa envolveu a definição de cenários para simulação do modelo, considerando diferentes conjuntos de dados e situações diversas. Por fim, a décima etapa aplicou a tecnologia de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para obter coordenadas geográficas das instalações e representar os resultados em visualizações cartográficas. Essas etapas detalhadas proporcionam um método abrangente e sistemático para a localização de áreas de descanso em rodovias, com foco na segurança viária e na otimização do transporte rodoviário. A pesquisa buscou contribuir para a melhoria das condições de trabalho dos motoristas profissionais, na redução de custos associados a sinistros de trânsito.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

O problema de Máxima Cobertura é um problema de otimização combinatória, sua abordagem em futuras pesquisas podem ser consideradas ao uso de um software de otimização ou a uma biblioteca de otimização, como o Gurobi, CPLEX, ou PuLP em Python. Também para a visualização dos cenários em representações cartográficas podem ser consideradas automatizar os resultados para visualização direta, utilizando o PowerBi se o problema for resolvido no Excel ou em bibliotecas no Python, como Matplotlib (para gráficos estáticos) e o Folium (para mapas interativos baseados na web).

Recomenda-se avaliar a redução de Gases de Efeito Estufa (GEE) gerados pelos veículos pesados, provenientes de caminhões que permanecem parados durante o horário de pico, tanto antes quanto após a implementação do ponto de descanso. A análise pode ser realizada através de calculadoras que estimam as emissões através de modelos como (Mobile

Source Emissions Model - MOVES), desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA).

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10697:2020. Pesquisa de sinistros de trânsito – Terminologia. p. 1-16, 2020. Disponível em: <https://www.abramet.com.br/repo/public/commons/ABNT%20NBR10697%202020%20Acidentes%20de%20Transito%20Terminologia.pdf>. Acesso em 08/10/2023.

AFONSO, M. H. F.; SOUZA, J. V. DE; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Como Construir Conhecimento Sobre O Tema De Pesquisa? Aplicação do Processo Proknow-C Na Busca De Literatura Sobre Avaliação Do Desenvolvimento Sustentável. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 5, n. 2, p. 47–62. [S.l.: s.n.], 2012.

AL-KAISY, A. et al. Traffic use of rest areas on rural highways. **Transportation Research Record**, n. 2255, p. 146–155, 2011.

ARENALES, M. et al. **PESQUISA OPERACIONAL**. [s.l: s.n.], 2011.

BANERJEE, I., HO LEE, J., JANG, K., PANDE, S., RAGLAND, D.R. **Rest areas: reducing accidents involving driver fatigue**. Uc Berkeley Traffic Safety Center, Berkeley., 2009.

BERTULIENĖ, L.; JUKNEVIČIŪTĖ-ŽILINSKIENĖ, L. Roadside infrastructure and rest areas concepts in Lithuania. **9th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2014**, n. September, 2014.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. (2015). **Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras**. Law 37/2015, of September 29, about roads. Madrid: Boletín Oficial del Estado.

BRASIL. Lei nº 4.592, de 29 de dezembro de 1964. Aprova o Plano Nacional de Viação (PNV). DOFC, Brasília, DF, 31 dez. 1964. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/14592.html. Acesso em: 31 maio. 2021.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTU, 2021. Disponível em: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/nebenbetriebe-rastanlagen.html>

CARO, M. D.; PARALERA, C. Analysis of the need for a network of service/resting areas especially adapted to the transport of dangerous goods. **Journal of Transportation Security**, v. 4, n. 3, p. 187–200, 2011.

CHURCH, R. L. Geographical information systems and location science. **Computers and Operations Research**, v. 29, n. 6, p. 541–562, 2002.

CHUCH, R.; REVELLE, C. The maximal covering location problem. In: **SPRINGER. Papers of the Regional Science Association**. [S.l.], 1974.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Anuário CNT do Transporte 2020**. ed. São Paulo: CNT, 2020. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2020/>.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE, CNT. **Acidentes Rodoviários: Estatísticas envolvendo caminhões**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/34e78e55-5b3e-4355-9ebc-acf1b8e7b4a4.pdf>
Acesso em: 27/11/2021

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE, CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/painel> Acesso em: 10/01/2022

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. Portaria nº676 de 9 de junho de 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-676-de-9-de-junho-de-2021-325657976>
Acesso em: 06/07/2021.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. Portaria nº511 de 29 de abril de 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-511-de-29-de-abril-de-2021-317037361>
Acesso em: 06/07/2021.

DOS SANTOS CARNASCIALI, A. M.; DELAZARI, L. S. Integração de Sistemas de Informação Geográficas e Técnicas de Inteligência Artificial para auxiliar a tomada de decisão locacional do setor bancário. **Boletim de Ciências Geodesicas**, v. 13, n. 2, p. 353–368, 2007.

EASTON, A. **Complex Managerial Decision Involving Multiple Objectives**. John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 1973.

ELVIK, R. et al. **O MANUAL DE MEDIDAS DE SEGURANÇA VIÁRIA**. [s.l: s.n.], 2015.

EUROSTAT, 2019. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat>
Acesso em: 20/11/2022

FARAHANI, Z. R.; HEKMATFAR, M. **Facility Location**. [s.l: s.n.], 2012.

FILHO VALLIM, A. R. DE A. Localização de Centros de Distribuição de Carga Contribuições a Modelagem Matemática. **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, p. 286, 2004.

FUJI, W. Y. Avaliação do desempenho dos elementos de sinalização viária em rodovias. 1–169, 2017.

GATES, T, SAVOLAINEN, P., DATTA, T., TODD, R. **Economic assessment of public rest areas and traveler information centers on limited- access freeways**. Transportation research record, 2346, 63-71, 2013.

GRIME, G. **Handbook of road safety research**. Butterworth, London,1987.

HARUMI ITO, M. FONSECA FILHO, H.; CONTI, L. A. Uso do software livre QGIS (Quantum GIS) para ensino de Geoprocessamento em nível superior. **Revista Cartográfica**, n. 94, p. 151–167, 2019.

HIGGINS, C.; CHIU, Y.; BAI, Y. **Methodological Framework Development for Evaluating Highway Truck Parking Location and Capacity Expansion**. p. 83, 2015.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. [S.l.]: McGraw Hill Brasil, 2013.

ICTAAL. **Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison**. Decembre, 2000.

ILOS, Especialistas em Logística e Supply Chain. Arquivos matriz de transportes. Agosto de 2020. Disponível em: <https://www.ilos.com.br/web/tag/matriz-de-transportes/> Acesso em: 27/11/2021

INFRAESTRUTURA, M. DA. RQP BRASIL. In: **Webinar Plano Setorial de Transportes Terrestres: Seminário de Mobilidade Urbana Segura e Sustentável**. [s.l.: s.n.]. v. 1p. 1–503, 2021.

IPEA, Instituto Nacional de Pesquisa. Custos Dos Acidentes De Trânsito No Brasil: Estimativa Simplificada Com Base Na Atualização Das Pesquisas Do Ipea Sobre Custos De Acidentes Nos Aglomerados Urbanos E Rodovias. p. 20, 2020.

JUNG, S.; JOO, S.; OH, C. Evaluating the effects of supplemental rest areas on freeway crashes caused by drowsy driving. **Accident Analysis and Prevention**, v. 1, p. 1–8, 2017.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. 24. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

LACERDA, L. **Considerações sobre o estudo de localização de instalações**. Rio de Janeiro: Centro de Estudos Logísticos - CEL, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

LOGÍSTICA PARA TODOS. Os 05 (cinco) modais de transporte. Portal Logística para todos. 2011. Disponível em: <https://logisticaparatodos-com-b.webnode.com.br/saiba-mais/os-05-cinco-modais-de-transporte-/> Acesso em: 27/11/2021

LORENA, L. A. N. et al. Integração de modelos de localização a sistemas de informações geográficas. **Gestão & Produção**, v. 8, n. 2, p. 180–195, 2001.

LUCAS, F. et al. Elaboração de um Processo Multicritério para Apoio à Localização de Postos de Pesagem em Malhas Rodoviárias. **33 Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET**, v. 1, n. November, p. 1–11, 2019.

MALCZEWSKI, J. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. John Wiley & Sons, NewYork, 1999.

MEIRA, L.; GOMES, L. O Sistema de Informação Geográfica (GIS) como estratégia nas decisões do setor de Transportes no Brasil The Geographic Information System (GIS) as a strategy in decisions of the Transport Sector in Brazil. **LATIN AMERICAN JOURNAL OF BUSINESS MANAGEMENT**, p. 28, 2010.

MC ARTHUR, A., KAY, J., SAVOLAINEN, P., GATES, T. **Effects of public rest areas on fatigue-related crashes**. Transportation research record, 2386, 16-25, 2013.

MOPTMA (1994) Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. **Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras**. BOE de 23 de septiembre de 1994.

NARUO, M. K. O estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando sistema de informações geográficas. **Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo**, v. 1, p. 287, 2003.

NUNES, I. T. (2008). **A BR-101 E A Migração Para O Litoral Em Santa Catarina**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, p. 80, 2008.

OLIVEIRA, L. K. et al. Proposição de modelos de geração de viagens para Belo Horizonte. **Transportes**, v. 25, n. 2, p. 137, 2017.

OSGOOD, C.E.; SUCL, G.J. & TANNENBAUM, P.H. **The Measurement of Meaning**. University of Illinois Press, Urbana, IL, USA. 1957.

PARCERIAS, GOV. RS; Disponível em: <https://parcerias.rs.gov.br/rodovias> Acesso em: 17/01/2022.

PÉREZ, A. H.; ROMO, M. A.; FINDLEY, D. J. Spatial distribution and the facility evaluation of the service and rest areas in the toll motorway network of the European Union. **Applied Spatial Analysis and Policy**, v. 1, p. 1–25, 2021.

PIZZOLATO, N. D. et al. Localização de escolas públicas: síntese de algumas linhas de experiências no Brasil. **Pesquisa Operacional**, v. 24, n. 1, p. 111–131, 2004.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. [s.l: s.n.], 2013.

RADIMSKY, M.; R. MATUSZKOVA E O. BUDIK (2016) **Relationship between horizontal curves design and accident rate**. Jurnal Teknologi, v. 78, n. 5–2, 2016.

RAMOS, R.A.R. **Um Modelo Espacial para o Noroeste de Portugal**. Tese (Doutorado), Universidade do Minho. Braga – Portugal. 299p. 2000.

ROMO-MARTÍN, A.; PÉREZ-ACEBO, H. Analysis of the Location of Service and Rest Areas and their facilities in Spanish paying motorways. **Transportation Research Procedia**, v. 33, n. October, p. 4–11, 2018.

ROSA, R. Análise Espacial em Geografia. **Revista da Anpege**, v. 07, n. 01, p. 275–289, 2011.

SANTOS, A. V. DOS. MÉTODO PARA ALOCAÇÃO DE ÁREAS DE DESCANSO PARA TRANSPORTE DE CARGA EM REDES RODOVIÁRIAS. **Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina**, p. 222, 2016.

SANTOS, R. P. DOS; MÜLLER, C. Problema de localização de máxima cobertura aplicado à localização de esquadrões de aeronaves de interceptação na região amazônica. **Pesquisa Operacional**, p. 1042–1053, 2006.

SANTOS, R. P. DOS. Aplicação de algoritmos de cobertura ao problema de localização de esquadrões de aeronaves de interceptação na região amazônica. 2006. 132f. **Tese de Mestrado - Instituto Tecnológico de Aeronáutica**, São José dos Campos.

SAATY, T.L. **A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures**. Journal of Mathematical Psychology, 15(3), 234-281,1977.

STILLWELL, W.G.; SEAVER, D.A. & EDWARDS, W. **A Comparison of Weight Approximation Techniques in Multiattribute Utility Decision Making**. Organization Behavior and Human Performance, 28(1), 62-77, 1981.

SCHOPF, A. R. Proposta de uma lista de verificação para revisão de segurança viária em rodovias. **Dissertação**, p. 189, 2006.

SCHMITZ, Alfred. **Autobahnraststätten**. Planet Wissen, 2005. Disponível em: <https://www.planet-wissen.de/technik/verkehr/autobahn/pwieautobahnraststaetten100.html>

SENADO FEDERAL. Estudo da Organização Mundial da Saúde sobre mortes por acidentes de trânsito em 178 países e base para década de ações para segurança, 2015. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/motos/saude/estudo-da-organizacao-mundial-da-saude-oms-sobre-mortes-por-acidentes-de-transito-em-178-paises-e-base-para-decada-de-aco-es-para-seguranca.aspx> Acesso em: 06/07/2021.

SEYA, H. et al. Decisions on truck parking place and time on expressways: an analysis using digital tachograph data. **Transportation**, v. 47, n. 2, p. 555–583, 2020.

SILVA, C. R. DE O. E. Metodologia e Organização do projeto de pesquisa. **Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará**, p. 1–34, 2004.

TALON, J. A. (2019). **Roteirização de Veículos para Sistemas de Distribuição com Reabastecimento Diário**. Pontifícia Univesidade Católica do Rio de Janeiro, 2019.

WEINGROFF, R.F. FEDERAL-AID HIGHWAY ACT OF. **Creating the Interstate System, 1956**. Disponível em: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/96summer/p96su10.cfm>

Acesso em: 13/09/2021

Z Aidan, R. T. Geoprocessamento Conceitos E Definições. **Revista de Geografia - PPGeo - UFJF**, v. 7, n. 2, 2017.

Zambon, K. L. et al. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoeletricas utilizando SIG. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 2, p. 183–199, 2005

ANEXO A – Lista de Postos Certificados publicadas no Diário Oficial da União.

Tabela 24 - Lista de Postos Certificados Publicados no DOU (2021)

RELAÇÃO DE PONTOS DE PARADA E DESCANSO CERTIFICADOS								
SEQ .	Portaria de Certificação	Nome Fantasia do Estabelecimento	CNPJ	Rodovia	km	Cidade	UF	Validade do Certificado
1	nº 676 de 09/06/2021	Posto Magnólia Ltda	35.123.447/0014-57	BR-316	KM 0	Teresina	PI	junho, 2024
2	nº 676 de 09/06/2021	Posto Magnolia 06	35.123.447/0006-47	BR-010	KM 1415	Açailândia	MA	junho, 2024
3	nº 594 de 02/03/2020	Posto Mantra	19.901.933/0001-92	BR-376	KM 587,7	Curitiba	PR	março, 2024
4	nº 594 de 02/03/2020	Rede Presidente - Filial Mega I	32.864.795/0009-20	BR-101	KM 92	Nossa Senhora Do Socorro	SE	março, 2024
5	nº 676 de 09/06/2021	Posto Limarques	11.963.931/0001-01	BR-428	KM 10	Cabrobó	PE	junho, 2024
6	nº 676 de 09/06/2021	Posto Alvorada	01.889.905/0001-08	BR-153	KM 670	Goiatuba	GO	junho, 2024
7	nº 676 de 09/06/2021	Auto Posto M Frutal Ltda	15.595.376/0001-63	BR-153	km 186	Frutal	MG	junho, 2024
8	nº 676 de 09/06/2021	Auto Posto Rodochaves Ltda	06.171.272/0001-30	BR-381	KM 547	Itatiaiuçu	MG	junho, 2024
9	nº 676 de 09/06/2021	Auto Posto Vale Verde	02.337.456/0001-77	BR-381	KM 547	Rio Manso	MG	junho, 2024
10	nº 594 de 02/03/2020	Posto São Gonçalves 3	04.524.416/0003-21	BR-116	KM 415,1	Feira De Santana	BA	março, 2024
11	nº 594 de 02/03/2020	Posto São Gonçalves 4	13.799.101/0004-69	BR-324	KM 531,1	Feira De Santana	BA	março, 2024
12	nº 594 de 02/03/2020	Posto Sao Goncalo 1	11.322.064/0001-25	BR-324	KM 531,1	Feira De Santana	BA	março, 2024
13	nº 1.002 de 27/08/2021	Posto Buffon 09	93.489.243/0009-73	BR-101	KM 82,5	Osório	RS	agosto, 2024
14	nº 1.002 de 27/08/2021	Posto Buffon 03	93.489.243/0003-89	BR-386	KM 445	Canoas	RS	agosto, 2024
15	nº 1.002 de 27/08/2021	Posto Nego Veio	31.625.610/0001-04	BR-101	KM 503	Itabuna	BA	agosto, 2024
16	nº 1.002 de 27/08/2021	Cobrascam	32.068.371/0001-00	BR-116	KM 164	Rio de Janeiro	RJ	agosto, 2024

RELAÇÃO DE PONTOS DE PARADA E DESCANSO CERTIFICADOS								
SEQ.	Portaria de Certificação	Nome Fantasia do Estabelecimento	CNPJ	Rodovia	km	Cidade	UF	Validade do Certificado
17	nº 1.002 de 27/08/2021	Auto Posto Gauchão	18.593.616/0001-89	BR-381	KM 790	São Gonçalo do Sapucaí	MG	agosto, 2024
18	nº 1.002 de 27/08/2021	Posto Vale Verde Tres Marias (Posto Souza Chaves Ltda)	10.777.244/0001-39	BR-040	KM 279	Três Marias	MG	agosto, 2024
19	nº 511 de 24/04/2021	Posto Valen	33.176.727/0001-83	BR-135	KM 2	São Luís	MA	abril, 2025
20	nº 511 de 24/04/2021	Posto Parana	04.344.941/0001-01	BR-230	KM 614	Anapu	PA	abril, 2025
21	nº 511 de 24/04/2021	Marajó Grande Belém	10.505.190/0001-52	BR-316	KM 25	Benevides	PA	abril, 2025
22	nº 511 de 24/04/2021	Postos Papagaio 01	87.712.725/0001-90	BR-386	KM 135	Sarandi	RS	abril, 2025
23	nº 511 de 24/04/2021	Comercial Buffon 22	93.489.243/0022-40	BR-285	KM 301	Passo Fundo	RS	abril, 2025
24	nº 511 de 24/04/2021	Comercial Buffon 23	93.489.243/0023-21	BR-290	KM 578	Alegrete	RS	abril, 2025
25	nº 511 de 24/04/2021	Comercial Buffon 28	93.489.243/0028-36	BR-285	KM 302	Passo Fundo	RS	abril, 2025
26	nº 511 de 24/04/2021	Comercial Buffon 49	93.489.243/0049-60	BR-285	KM 456	Ijuí	RS	abril, 2025
27	nº 511 de 24/04/2021	Comercial Buffon 48	93.489.243/0048-80	BR-392	KM 349	Santa Maria	RS	abril, 2025
28	nº 511 de 24/04/2021	Posto Molon	90.472.960/0001-47	BR-116	KM 388	Camaquã	RS	abril, 2025
29	nº 511 de 24/04/2021	Auto Posto Caseiros Ltda (Paradouro Pomatti)	88.845.847/0001-18	BR-285	KM 218	Caseiros	RS	abril, 2025
30	nº 511 de 24/04/2021	Rede Presidente - Filial PATY	32.864.795/0019-00	BR-101	KM 57,5	Rosário do Catete	SE	abril, 2025
31	nº 511 de 24/04/2021	Posto Buritizin	07.100.274/0001-00	BR-343	KM 314	Altos	PI	abril, 2025
32	nº 511 de 24/04/2021	Posto HD XI	30.166.399/0001-46	BR-316	KM 40	Lagoa do Piauí	PI	abril, 2025
33	nº 511 de 24/04/2021	Posto Roma	02.499.715/0001-66	BR-135	KM 5,4	São Luís	MA	abril, 2025

RELAÇÃO DE PONTOS DE PARADA E DESCANSO CERTIFICADOS								
SEQ.	Portaria de Certificação	Nome Fantasia do Estabelecimento	CNPJ	Rodovia	km	Cidade	UF	Validade do Certificado
34	nº 676 de 09/06/2021	Graal Rota 80	94.890.647/0001-80	BR-290	KM 80	Gravataí	RS	junho, 2025
35	nº 676 de 09/06/2021	Restaurante e Lanchonete Portal de Brasília	13.481.154/0001-94	BR-060	KM 29,9	Brasília	DF	junho, 2025
36	nº 676 de 09/06/2021	Posto Trevo	02.975.095/0002-75	BR-364	KM 6	Vilhena	RO	junho, 2025
37	nº 791 de 30/06/2021	Posto SUCESSO	19.176.250/0001-05	BR-316	KM 92	Barro Duro	PI	junho, 2025
38	nº 791 de 30/06/2021	Posto Magnolia 07	35.123.447/0007-28	BR-316	KM 265	Santa Inês	MA	junho, 2025
39	nº 791 de 30/06/2021	Posto Magnolia 2000	35.123.447/0008-09	BR-135	KM 8,5	São Luís	MA	junho, 2025
40	nº 791 de 30/06/2021	Posto Buffon 27	93.489.243/0027-55	BR-386	KM 180	Carazinho	RS	junho, 2025
41	nº 791 de 30/06/2021	Posto Buffon 05	93.489.243/0005-40	BR-116	KM 286	Eldorado do Sul	RS	junho, 2025
42	nº 791 de 30/06/2021	Restaurante e Churrascaria Batistella (Paradouro Batistella)	26.729.019/0001-67	BR-116	KM 177	Guararema	SP	junho, 2025
43	nº 791 de 30/06/2021	Parada Segura Estacionamento	32.434.965/0001-89	BR-101	KM 116,5	Itajaí	SC	junho, 2025
44	nº 791 de 30/06/2021	Posto Graal Califórnia	12.053.850/0001-37	BR-153	KM 346	Ourinhos	SP	junho, 2025
45	nº 791 de 30/06/2021	SIM - Rede de Postos	07.473.735/0069-70	BR-290	KM 69,1	Gravataí	RS	junho, 2025
46	nº 1.002 de 27/08/2021	Rede HG Combustíveis LTDA - Posto Casa Branca	13.569.064/0034-18	BR-116	KM 367	Frei Inocência	MG	agosto, 2025
47	nº 1.002 de 27/08/2021	Rede HG Combustíveis LTDA - Posto Cherokee	13.569.064/0010-40	BR-116	KM 399	Governador Valadares	MG	agosto, 2025
48	nº 1.002 de 27/08/2021	Rede HG Combustíveis LTDA - Posto JR	13.569.064/0007-45	BR-116	KM 488,8	Engenheiro Caldas	MG	agosto, 2025

RELAÇÃO DE PONTOS DE PARADA E DESCANSO CERTIFICADOS								
SEQ .	Portaria de Certificação	Nome Fantasia do Estabelecimento	CNPJ	Rodovia	km	Cidade	UF	Validade do Certificado
49	nº 1.002 de 27/08/2021	Rede HG Combustíveis LTDA - Posto MOC	13.569.064/0002-30	BR-251	KM 13	Montes Claros	MG	agosto, 2025
50	nº 1.002 de 27/08/2021	Rede HG Combustíveis LTDA - Posto Papa Léguas	13.569.064/0017-17	BR-116	KM 132	Itaobim	MG	agosto, 2025
51	nº 1.002 de 27/08/2021	Rede HG Combustíveis LTDA - Posto Pinheiro	13.569.064/0015-55	BR-116	KM 394,5	Governador Valadares	MG	agosto, 2025
52	nº 1.002 de 27/08/2021	Rede HG Combustíveis LTDA - Posto Planalto 2	13.569.064/0004-00	BR-116	KM 412,3	Governador Valadares	MG	agosto, 2025
53	nº 1.131 de 28/09/2021	Auto Posto Arara Azul Ltda	017.214.063/000-43	BR-262	KM 553	Miranda	MS	setembro, 2025
54	nº 1.131 de 28/09/2021	Lima e Marques Ltda (Posto Limarques 3)	11.963.931/0002-92	BR-116	KM 550	Penaforte	CE	setembro, 2025
55	nº 1.131 de 28/09/2021	DC Hermes Comercial de Combustíveis Ltda	07.155.160/0001-59	BR-386	KM 6	Iraí	RS	setembro, 2025
56	nº 1.131 de 28/09/2021	C.R. Combustíveis Ltda	89.601.280/0001-05	BR-392	KM 310	Formigueiro	RS	setembro, 2025
57	nº 1.131 de 28/09/2021	Céu 070 Combustíveis Ltda	00.976.256/0001-39	BR-070	KM 14,5	Brasília	DF	setembro, 2025
58	nº 1.131 de 28/09/2021	Restaurante Paim Ltda	04.239.706/0001-61	BR-392	KM 236	Caçapava do Sul	RS	setembro, 2025
59	nº 1.131 de 28/09/2021	Comercial Buffon Comercio de Combustíveis Ltda (Comercial Buffon 20)	93.489.243/0020-89	BR-290	KM 422,3	São Gabriel	RS	setembro, 2025
60	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Pioneiro - Rede Pichilau	05.101.388/0001-30	BR-101	KM 75	Rio Largo	AL	dezembro, 2025
61	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Uirapuru - Rede HG	13.569.064/0027-99	BR-116	KM 553	Itatim	BA	dezembro, 2025

RELAÇÃO DE PONTOS DE PARADA E DESCANSO CERTIFICADOS								
SEQ.	Portaria de Certificação	Nome Fantasia do Estabelecimento	CNPJ	Rodovia	km	Cidade	UF	Validade do Certificado
62	nº 1517 de 15/12/2021	Churrascaria Braseiros (H L de Sousa)	22.443.301/0001-22	BR-222	KM 125	Itapajé	CE	dezembro, 2025
63	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Irmãos Krohling - Posto do Café	02.767.534/0001-73	BR-262	km 58,5	Marechal Floriano	ES	dezembro, 2025
64	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Pichilau Escada - Rede Pichilau	11.601.184/0001-61	BR-101	km 132	Escada	PE	dezembro, 2025
65	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Pichilau Sul 1 - Rede Pichilau	09.456.974/0001-59	BR-101	km 83,7	Jaboatão dos Guararapes	PE	dezembro, 2025
66	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Quarto de Milha - Rede Pichilau	04.077.577/0007-48	BR-101	km 202,9	Xexéu	PE	dezembro, 2025
67	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Vila Esperança - Rede Pichilau	09.533.651/0001-11	BR-232	km 22	Jaboatão dos Guararapes	PE	dezembro, 2025
68	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Colpani e Bottega	08.241.601/0001-06	BR-153	km 65	Irani	SC	dezembro, 2025
69	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Agricopel	83.488.882/0015-09	BR-470	km 181	Pouso Redondo	SC	dezembro, 2025
70	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Grajaú	14.387.640/0001-00	BR-282	km 518	Xaxim	SC	dezembro, 2025
71	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Pilão LJM	35.505.891/0001-12	BR-470	km 116	Ibirama	SC	dezembro, 2025
72	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Pilão Lontras	82.758.905/0001-90	BR-470	km 127	Lontras	SC	dezembro, 2025
73	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Pinheiro	08.370.061/0001-52	BR-470	km 147	Rio do Sul	SC	dezembro, 2025
74	nº 1517 de 15/12/2021	Terra Triagem Estacionamentos	34.469.794/0001-59	BR-277	km 3,4	Paranaguá	PR	dezembro, 2025
75	nº 1517 de 15/12/2021	Churrascaria Chimarrão Filial Mamanguape	29.472.744/0002-71	BR-101	km 16	Mamanguape	PB	dezembro, 2025
76	nº 1517 de 15/12/2021	Churrascaria Chimarrão Matriz Mamanguape	29.472.744/0001-90	BR-101	km 75	Mamanguape	PB	dezembro, 2025
77	nº 1517 de 15/12/2021	Churrascaria e Lanchonete Guaiba Riachuelo	18.273.374/0003-08	BR-304	km **	Riachuelo	RN	dezembro, 2025

RELAÇÃO DE PONTOS DE PARADA E DESCANSO CERTIFICADOS								
SEQ .	Portaria de Certificação	Nome Fantasia do Estabelecimento	CNPJ	Rodovia	km	Cidade	UF	Validade do Certificado
78	nº 1517 de 15/12/2021	Churrascaria Chimarrão Matriz Mossoró	18.273.374/0001-46	BR-304	km **	Mossoró	RN	dezembro, 2025
79	nº 1517 de 15/12/2021	Churrascaria Guaíba Filial Mossoro	18.273.374/0002-27	BR-304	km 46	Mossoró	RN	dezembro, 2025
80	nº 1517 de 15/12/2021	Restaurante S Malinowski	32.699.781/0002-21	BR-304	km **	Lajes	RN	dezembro, 2025
81	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Nemar	82.811.738/0001-01	BR-153	km 75	Irani	SC	dezembro, 2025
82	nº 1517 de 15/12/2021	Abastecedora 2000	23.572.816/0001-95	BR-282	km 291	São José do Cerrito	SC	dezembro, 2025
83	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Aldo Jataí	04.268.312/0001-31	BR-364	km 198	Jataí	GO	dezembro, 2025
84	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Aldo Cuiabá	24.956.658/0001-30	BR-364	km 397,4	Cuiabá	MT	dezembro, 2025
85	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Aldo Itaituba	30.079.828/0001-48	BR-163	km 30	Itaituba	PA	dezembro, 2025
86	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Aldo Paranaguá	01.253.054/0001-21	BR-277	km 5	Paranaguá	PR	dezembro, 2025
87	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Pichilau João Pessoa	11.601.184/0002-42	BR-101	km 2	João Pessoa	PB	dezembro, 2025
88	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Serrano	80.979.107/0001-62	BR-116	km 185	São Cristóvão do Sul	SC	dezembro, 2025
89	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Maracanã - Rede HG	13.569.064/0032-56	BR-116	km 484	Rafael Jambeiro	BA	dezembro, 2025
90	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Parque dos Coqueiros - Rede HG	13.569.064/0022-84	BR-116	km 530	Itatim	BA	dezembro, 2025
91	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Aldo S. José dos Pinhais	05.302.222/0001-82	BR-116	km 99	São José dos Pinhais	PR	dezembro, 2025
92	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Grão de Ouro - Rede HG	13.569.064/0031-75	BR-116	km 443	Antônio Cardoso	BA	dezembro, 2025
93	nº 1517 de 15/12/2021	Posto São Marcos - Rede HG	13.569.064/0025-27	BR-116	km 835	Vitória da Conquista	BA	dezembro, 2025
94	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Ultra - Rede HG	13.569.064/0028-70	BR-116	km 785	Planalto	BA	dezembro, 2025

RELAÇÃO DE PONTOS DE PARADA E DESCANSO CERTIFICADOS								
SEQ.	Portaria de Certificação	Nome Fantasia do Estabelecimento	CNPJ	Rodovia	km	Cidade	UF	Validade do Certificado
95	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Minas Gerais - Rede HG	13.569.064/0035-07	BR-381	km 816	Careçu	MG	dezembro, 2025
96	nº 1517 de 15/12/2021	Posto Aldo Porto Franco Ltda	10.650.344/0001-08	BR-010	km 144	Porto Franco	MA	dezembro, 2025
97	nº 375 de 08/04/2022	Posto Buffon 04 - Rio Grande	93.489.243/0004-69	BR-392	km 10	Rio Grande	RS	abril, 2025
98	nº 375 de 08/04/2022	Posto Buffon 91 - Pelotas	93.489.243/0091-72	BR-392	km 64	Pelotas	RS	abril, 2025
99	nº 375 de 08/04/2022	Radin II - Restaurante e Lanchonete Gauchão II	00.548.431/0001-97	BR-381	km 790	São Gonçalo do Sapucaí	MG	abril, 2025
100	nº 375 de 08/04/2022	Posto Aldo Rondonopolis	37.523.586/0001-89	BR-163	km 119	Rondonópolis	MT	abril, 2025
101	nº 1022 de 09/08/2022	Rede Russi de Postos	80.451.289/0011-76	BR-282	km 345	Campos Novos	SC	agosto, 2026
102	nº 1022 de 09/08/2022	Posto Balança - Rede HG	13.569.064/0048-13	BR-381	km 786	São Sebastião da Bela Vista	MG	agosto, 2026
103	nº 1022 de 09/08/2022	Auto Posto Terra Nova	03.382.668/0001-39	BR-174	km 320	Conquista D'Oeste	MT	agosto, 2026
104	nº 1309 de 28/09/2022	Auto Posto Baleia Franca Ltda	13.268.928/0001-01	BR-101	km 270	Imbituba	SC	setembro, 2026
105	nº 1309 de 28/09/2022	Auto Posto Marco Timbozóia Ltda	04.632.746/0001-79	BR-356	km 29,2	Itaperuna	RJ	setembro, 2026
106	nº 1516 de 07/11/2022	Posto Buffon 88	93.489.243/0088-77	BR-101	km 98,5	Balneário Piçarras	SC	novembro, 2026
107	nº 1516 de 07/11/2022	Auto Posto Arrudão	21.449.436/0001-32	BR-222	km 2	Dom Eliseu	PA	novembro, 2026
108	nº 1516 de 07/11/2022	Joanin Hotéis e Ponto de Apoio Ltda (Cricabom)	20.855.582/0001-03	BR-010	km 19,6	Dom Eliseu	PA	novembro, 2026
109	nº 1516 de 07/11/2022	Posto Reforço 6	11.377.428/0001-74	BR-101	km 78	Rio Largo	AL	novembro, 2026
110	nº 1516 de 07/11/2022	Posto Reforço 2	04.699.734/0001-61	BR-101	km 197,5	Umbaúba	SE	novembro, 2026
111	nº 1516 de 07/11/2022	Posto Araguaia	07.868.912/0002-00	BR-230	km 2	Altamira	PA	novembro, 2026

RELAÇÃO DE PONTOS DE PARADA E DESCANSO CERTIFICADOS								
SEQ .	Portaria de Certificação	Nome Fantasia do Estabelecimento	CNPJ	Rodovia	km	Cidade	UF	Validade do Certificado
112	nº 1516 de 07/11/2022	Posto Brasil Novo	07.868.912/0006-33	BR-230	km 46	Brasil Novo	PA	novembro, 2026
113	nº 1516 de 07/11/2022	Posto Belo Monte	07.868.912/0012-81	BR-230	km 48	Vitória do Xingu	PA	novembro, 2026
114	nº 1516 de 07/11/2022	Posto Para Vip	07.868.912/0001-29	BR-316	km 7,07	Ananindeua	PA	novembro, 2026
115	nº 1516 de 07/11/2022	SIM Jaguarão Shell 116	07.473.735/0130-89	BR-116	km 656	Jaguarão	RS	novembro, 2026
116	nº 1516 de 07/11/2022	SIM Nova Santa Rita	07.473.735/0064-65	BR-386	km 435	Nova Santa Rita	RS	novembro, 2026
117	nº 1516 de 07/11/2022	SIM Pelotas Cavada	07.473.735/0060-31	BR-116	km 515	Pelotas	RS	novembro, 2026
118	nº 1516 de 07/11/2022	SIM Rio Grande Carreiros	07.473.735/0058-17	BR-392	km 20	Rio Grande	RS	novembro, 2026
119	nº 1516 de 07/11/2022	SIM Rio Grande Povo Novo	07.473.735/0105-78	BR-392	km 42	Rio Grande	RS	novembro, 2026
120	nº 1516 de 07/11/2022	SIM Super Porto	07.473.735/0074-37	BR-392	km 12	Rio Grande	RS	novembro, 2026
121	nº 1516 de 07/11/2022	SIM TC Litoral	07.473.735/0040-98	BR-101	km 23	Três Cachoeiras	RS	novembro, 2026
122	nº 1516 de 07/11/2022	SIM Pedras Brancas	07.473.735/0039-54	BR-101	km 24	Três Cachoeiras	RS	novembro, 2026
123	nº 1516 de 07/11/2022	SIM Tio Hugo	07.473.735/0178-23	BR-386	km 214	Tio Hugo	RS	novembro, 2026
124	nº 1516 de 07/11/2022	SIM Campo de Santana	07.473.735/0142-12	BR-116	km 120	Curitiba	PR	novembro, 2026
125	nº 1516 de 07/11/2022	SIM Estrela	07.473.735/0065-46	BR-386	km 358	Estrela	RS	novembro, 2026
126	nº 1666 de 20/12/2022	SIM Laranjeiras	07.473.735/0183-90	BR 290	km 302	Cachoeira do Sul	RS	dezembro, 2026
127	nº 1666 de 20/12/2022	SIM Passo Fundo Shell 285	07.473.735/0113-88	BR 285	km 297	Passo Fundo	RS	dezembro, 2026
128	nº 1666 de 20/12/2022	SIM Rio Pardo	07.473.735/0106-59	BR 471	km 156	Rio Pardo	RS	dezembro, 2026
129	nº 1666 de 20/12/2022	SIM São Ciro	07.473.735/0063-84	BR 116	km 145,4	Caxias do Sul	RS	dezembro, 2026

RELAÇÃO DE PONTOS DE PARADA E DESCANSO CERTIFICADOS								
SEQ .	Portaria de Certificação	Nome Fantasia do Estabelecimento	CNPJ	Rodovia	km	Cidade	UF	Validade do Certificado
130	nº 1666 de 20/12/2022	SIM São Gabriel	07.473.735/0159-60	BR 290	km 473	São Gabriel	RS	dezembro, 2026
131	nº 1666 de 20/12/2022	SIM Uruguaiana	07.473.735/0152-94	BR 290	km 718	Uruguaiana	RS	dezembro, 2026
132	nº 1666 de 20/12/2022	SIM Vacaria GTM	07.473.735/0126-00	BR 116	km **	Vacaria	RS	dezembro, 2026
133	nº 1666 de 20/12/2022	SIM Vacaria Santa Terezinha	07.473.735/0100-63	BR 116	km **	Vacaria	RS	dezembro, 2026
134	nº 1666 de 20/12/2022	SIM Veranópolis	07.473.735/0179-04	BR 470	km 175	Veranópolis	RS	dezembro, 2026
135	nº 1666 de 20/12/2022	SIM Araquari BR 280	07.473.735/0160-02	BR 280	km 23	Araquari	SC	dezembro, 2026
136	nº 1666 de 20/12/2022	SIM Ijuí	07.476.735/0167-70	BR 285	km 462	Ijuí	RS	dezembro, 2026
137	nº 1666 de 20/12/2022	SIM Eldorado Paradoiro Av das Industrias	07.473.735/0087-51	BR 290	km 108	Eldorado do Sul	RS	dezembro, 2026
138	nº 1666 de 20/12/2022	SIM Esteio Mega	07.473.735/0180-48	BR 116	km **	Esteio	RS	dezembro, 2026
139	nº 1666 de 20/12/2022	SIM Encruzilhada	07.473.735/0076-07	BR 116	km 142,5	Caxias do Sul	RS	dezembro, 2026

Fonte: ([https://www.gov.br/infraestrutura/pt-](https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporteterrestre_antigo/portal-trc/ppd/lista-de-ppds-certificados)

[br/assuntos/transporteterrestre_antigo/portal-trc/ppd/lista-de-ppds-certificados](https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporteterrestre_antigo/portal-trc/ppd/lista-de-ppds-certificados))

Tabela 25 – Matriz de distâncias sentido norte

	101SH1 -N	101SH2 -N	101SH3 -N	101SH4 -N	101SH5 -N	101SH6 -N	101SH7 -N	101SH8 -N	101SH9 -N	101SH1 0-N	101SH1 1-N	101SH12- N	101SH 13-N	101SH1 4-N	101SH1 5-N	101SH1 6-N
P 1	8,7	9,8	34,6	69,0	115,2	133,6	135,6	147,4	184,0	194,3	195,5	202,0	203,2	203,7	209,8	232,8
P 2	23,5	5,0	19,8	54,2	100,4	118,8	120,8	132,6	169,2	179,5	180,7	187,2	188,4	188,9	195,0	218,0
P 3	23,8	5,3	19,5	53,9	100,1	118,5	120,5	132,3	168,9	179,2	180,4	186,9	188,1	188,6	194,7	217,7
P 6	31,2	12,7	12,1	46,5	92,7	111,1	113,1	124,9	161,5	171,8	173,0	179,5	180,7	181,2	187,3	210,3
P 9	55,6	37,1	12,3	22,1	68,3	86,7	88,7	100,5	137,1	147,4	148,6	155,1	156,3	156,8	162,9	185,9
P 12	69,0	50,5	25,7	8,7	54,9	73,3	75,3	87,1	123,7	134,0	135,2	141,7	142,9	143,4	149,5	172,5
P 13	70,3	51,8	27,0	7,4	53,6	72,0	74,0	85,8	122,4	132,7	133,9	140,4	141,6	142,1	148,2	171,2
P 16	83,0	64,5	39,7	5,3	40,9	59,3	61,3	73,1	109,7	120,0	121,2	127,7	128,9	129,4	135,5	158,5
P 20	101,3	82,8	58,0	23,6	22,6	41,0	43,0	54,8	91,4	101,7	102,9	109,4	110,6	111,1	117,2	140,2
P 22	108,7	90,2	65,4	31,0	15,2	33,6	35,6	47,4	84,0	94,3	95,5	102,0	103,2	103,7	109,8	132,8
P 26	119,8	101,3	76,5	42,1	4,1	22,5	24,5	36,3	72,9	83,2	84,4	90,9	92,1	92,6	98,7	121,7
P 28	128,0	109,5	84,7	50,3	4,1	14,3	16,3	28,1	64,7	75,0	76,2	82,7	83,9	84,4	90,5	113,5
P 36	155,3	136,8	112,0	77,6	31,4	13,0	11,0	0,8	37,4	47,7	48,9	55,4	56,6	57,1	63,2	86,2
P 41	183,6	165,1	140,3	105,9	59,7	41,3	39,3	27,5	9,1	19,4	20,6	27,1	28,3	28,8	34,9	57,9
P 51	197,2	178,7	153,9	119,5	73,3	54,9	52,9	41,1	4,5	5,8	7,0	13,5	14,7	15,2	21,3	44,3

Fonte: AUTOR, 2023

Tabela 26 - Matriz de distâncias sentido sul

	101S H1-S	101S H2-S	101S H3-S	101S H4-S	101S H5-S	101S H6-S	101S H7-S	101S H8-S	101S H9-S	101SH 10-S	101SH 11-S	101SH 12-S	101SH 13-S	101SH 14-S	101SH 15-S	101SH 16-S
P 8	44,65	26,20	1,40	33,00	79,20	97,60	99,60	111,4 0	148,0 0	158,30	159,50	166,00	167,20	167,70	173,80	196,80
P 10	55,55	37,10	12,30	22,10	68,30	86,70	88,70	100,5 0	137,1 0	147,40	148,60	155,10	156,30	156,80	162,90	185,90
P 11	68,75	50,30	25,50	8,90	55,10	73,50	75,50	87,30	123,9 0	134,20	135,40	141,90	143,10	143,60	149,70	172,70
P 15	81,65	63,20	38,40	4,00	42,20	60,60	62,60	74,40	111,0 0	121,30	122,50	129,00	130,20	130,70	136,80	159,80
P 19	97,05	78,60	53,80	19,40	26,80	45,20	47,20	59,00	95,60	105,90	107,10	113,60	114,80	115,30	121,40	144,40
P 21	101,2 5	82,80	58,00	23,60	22,60	41,00	43,00	54,80	91,40	101,70	102,90	109,40	110,60	111,10	117,20	140,20
P 23	109,6 5	91,20	66,40	32,00	14,20	32,60	34,60	46,40	83,00	93,30	94,50	101,00	102,20	102,70	108,80	131,80
P 25	115,6 5	97,20	72,40	38,00	8,20	26,60	28,60	40,40	77,00	87,30	88,50	95,00	96,20	96,70	102,80	125,80
P 61	222,5 5	204,1 0	179,3 0	144,9 0	98,70	80,30	78,30	66,50	29,90	19,60	18,40	11,90	10,70	10,20	4,10	18,90
P 64	236,6 5	218,2 0	193,4 0	159,0 0	112,8 0	94,40	92,40	80,60	44,00	33,70	32,50	26,00	24,80	24,30	18,20	4,80

Fonte: AUTOR, 2023