

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA A LOCALIZAÇÃO DE PONTOS DE PARADA E DESCANSO EM RODOVIAS

F. Martins e R. Villarroel Dávalos

RESUMO

O transporte rodoviário é o principal meio de integração e escoamento de produtos no Brasil, movimentando 61% das cargas e 90% dos passageiros. A BR-101 uma das rodovias mais importantes no país, enfrenta desafios de segurança no trânsito devido ao crescimento do tráfego. Para melhorar a segurança e o conforto dos usuários, o estudo propôs a aplicação da técnica da *p-mediana* e a MCLP para otimizar a localização de áreas de descanso para caminhoneiros. O estudo avaliou 25 postos de combustíveis, e com base em critérios de segurança viária, como sinistros de trânsito, volume de tráfego e características da via, determinou um padrão de segurança a ser atendido. A combinação desses critérios permitiu a identificação de locais ideais para essas áreas e propôs a abertura de 2 medianas para cada sentido da rodovia. O estudo ainda delineou 10 etapas para o processo de localização das áreas de descanso em rodovias.

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. De maneira geral, o país é dependente do transporte rodoviário, que possui vantagens e desvantagens, como a capacidade de tráfego em qualquer rodovia, a flexibilidade para transportar diversos tipos de carga, a agilidade no transporte, e as desvantagens incluem o limite de tamanho de carga e/ou veículo, o alto custo de operação, a emissão de gases poluentes, os custos elevados de frete, além dos 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, dado que os sinistros nas estradas geram custos sociais e econômicos. As ocorrências envolvendo caminhões trazem riscos aos usuários e motoristas devido às 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, 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. A localização e a

proximidade entre uma área de descanso e outra são temas importantes para o planejamento de melhorias na segurança viária.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pontos de Parada e Descanso

O uso das áreas de descanso é diferente em cada país, pois aspectos como velocidade da via, geometria, classes, comportamento dos usuários, definições públicas e técnicas são específicos de cada região (Bertulienė and Juknevičiūtė-Zilinskienė, 2014). A Espanha possui a maior rede rodoviária da Europa, totalizando 15.523 km, seguida pela Alemanha com 12.993 km e a França com 11.600 km, conforme dados de 2019 do Eurostat.

As distâncias mínimas entre áreas de descanso são de 20 km e as máximas variam entre 40 a 60 km, as instalações devem oferecer estacionamento, postos de combustível, restaurantes e hotéis. Nos Estados Unidos, as distâncias variam entre os estados, um estudo de caso em Nova Jersey analisou a distribuição recomendando as distâncias de 15 e 20 km em trechos com alto volume de tráfego e 50 a 60 km quando incluam serviços extras (Higgins, Chiu and Bai, 2015).

Na Noruega, a Agência Nacional de Administração de vias públicas recomenda a instalação a cada 45 km em rodovias ou a cada 15 km se forem instalações menores (Elvik *et al.*, 2015). Na França, o documento "Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison", (Ictaal, 2000) diferencia áreas de descanso e serviços com base na presença de postos de combustível. A distância mínima é de 30 km e 60 km entre áreas de serviço. No Japão, existe uma distinção entre áreas de serviço (SA's), e áreas de estacionamento (PA's). As SA's estão localizadas a cada 50 km, com banheiros, restaurantes e postos de combustível, e as PA's são encontradas a cada 15 km, oferecendo banheiros e máquinas de vendas automatizadas (Seya *et al.*, 2020).

No Brasil, a Lei nº 13.103/2015 (Brasil, 2015) estabelece as normas para o tempo de descanso obrigatório dos motoristas profissionais, enquanto a Portaria nº 387, de 2024 (Diário Oficial da União, 2024), define a Política Nacional para a implementação de Pontos de Parada e Descanso (PPDs) em rodovias federais. Essa política estabelece a distância máxima de 400 km e recomenda a consideração de dados de tráfego e segurança viária nos estudos. Atualmente, há 103 instalações certificadas pelo governo, incluindo postos de combustíveis e restaurantes. As concessões privatizadas têm até o ano de 2025 para implementar PPDs, tendo sido inauguradas recentemente dois PPDs na rodovia SP-255 e na BR-101 em Santa Catarina.

2.2 Segurança Viária

Segundo Aashto (2010) acidentes de trânsito são eventos raros e aleatórios, causados por falhas humanas, veiculares e ambientais. Fatores humanos incluem drogas, cansaço, conduta perigosa e distração. Fatores veiculares abrangem a falta de manutenção e dispositivos de segurança.

Fatores ambientais englobam conservação da estrada, sinalização e condições climáticas adversas. 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). Para determinar o índice de accidentalidade, foi utilizada a metodologia de Unidade Padrão de Severidade (UPS) recomendada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), o índice de UPS é obtido utilizando a Equação (1).

$$T = \frac{UPS \times 10^6}{P \times V} \quad (1)$$

Onde: T = sinistros em UPS por milhões de veículos; UPS = unidade padrão de severidade; P= período do estudo (365); V= volume de tráfego. Para avaliar trechos que não são similares em tempo e extensão, pode-se utilizar a Equação (2):

$$R = \frac{N \text{ de UPS} \times 10^6}{VDM \times P \times E} \quad (2)$$

Onde: R= Taxa de severidade de sinistros no trânsito; VDM= Volume diário médio de veículos passando pelo trecho; P= Período de estudo (365 dias); E= Extensão do trecho (em km);

As condições geométricas das rodovias são importantes para a operação do tráfego de veículos de carga, considerando seu tamanho e peso, isso inclui aspectos como aclives acentuados, interseções e curvas verticais. As medidas operacionais dos veículos, como volume médio diário, velocidade e headway também são relevantes para as condições de tráfego. Segundo a CNT (2017), para a avaliação da ocorrência de acidentes devem ser consideradas as características geométricas da via, como tipo de pista, faixas adicionais, pontes, viadutos, curvas perigosas e acostamento.

A sinalização viária compreende elementos horizontais como demarcações de linhas, faixas, símbolos, sinalização verticais e dispositivos auxiliares que em conjunto, têm as funções de regulamentação, advertência e orientação dos seus usuários. A premissa básica para o bom desempenho da sinalização é de que as mensagens sejam transmitidas de modo que os usuários compreendam o seu significado com distância ou tempo suficiente para orientar as ações exigidas dele no sistema viário, sendo efetiva para a tomada de decisão do motorista (Fuji, 2017).

A iluminação também é uma variável importante, uma vez que em situações climáticas adversas como chuva e neblina, a visibilidade do motorista é afetada. A iluminação aérea ou suspensa sobre uma via melhora a visibilidade das demarcações do pavimento, auxiliando a tomada de decisão.

A análise da estrutura do pavimento é indispensável. É comum encontrar problemas na estrutura de pavimento gerado por falhas no seu dimensionamento, qualidade dos materiais ou falhas construtivas, a condição da superfície com buracos ou ondulações causam instabilidades nos veículos ocasionando perda da estabilidade e aumento das ocorrências de sinistros de trânsito. Conforme a CNT (2022), 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.

2.3 Problemas de Localização

Os problemas de localização de facilidades consistem em selecionar os locais mais adequados dentre um conjunto de opções, buscando oferecer um padrão de serviço. Em transportes, a Pesquisa Operacional acrescenta importantes contribuições que auxiliam na definição da localização, entre as ferramentas e métodos disponíveis 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 and Gomes, 2019).

O modelo mais conhecido é o modelo da *p*-mediana, o qual tem objetivo o de determinar os locais para *p* facilidades (chamadas de medianas) em uma rede com *n* nós, de forma a minimizar a soma das distâncias entre cada nó de demanda e sua mediana mais próxima.

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. Church e ReVelle (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 complexos, devido a quantidade de dados envolvidos, o uso de recursos computacionais se torna imprescindível (Gomes and Gomes, 2019).

2.4 Método AHP

Segundo (Ramos, 2000), não há um método consensual para definir pesos, mas várias abordagens são encontradas na literatura, uma das mais conhecidas é o Analytic Hierarchy Process (AHP), esse método envolve a comparação par a par dos critérios em uma matriz quadrada, onde os valores representam a importância relativa entre os critérios, sendo baseada 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. A principal ideia é decompor o problema em uma estrutura hierárquica de critérios e alternativas, facilitando a compreensão e a análise do problema.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Pesquisadores têm se dedicado a elaborar metodologias 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 PPDs com boas instalações não se tornam eficientes se não estiverem alocadas atendendo as necessidades dos usuários.

Dentro desse contexto, a proposta da pesquisa foi utilizar técnicas para otimizar a localização das instalações, considerando dados que envolvam critérios de segurança viária em rodovias, propondo um procedimento metodológico. A Figura 1 apresenta o fluxograma com as 10 etapas para o processo de localização das áreas de descanso:

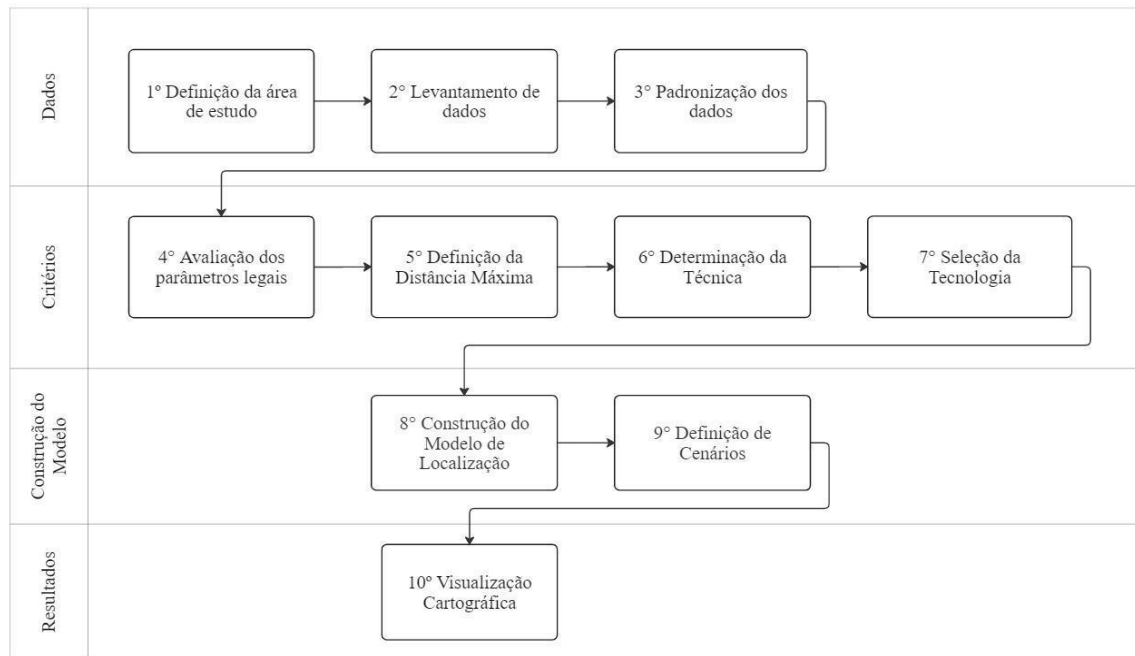


Fig. 1 Fluxograma Procedimento Metodológico

As dez etapas constituíram o procedimento metodológico para a localização das áreas de descanso em rodovias, sendo a 1ª etapa: definir a malha viária a ser utilizada, ou seja, o recorte proposto.

A 2ª etapa: o levantamento de dados, que pode ser dividido em três fases: 1) dados associados à pesquisa, seja custo de transporte, densidade demográfica, sinistros de trânsito, volumes de tráfego, características da rodovia, entre outros; 2) avaliação das instalações existentes que se enquadram como PPDs, como postos de combustíveis, estacionamentos, hotéis entre outros; 3) a definição dos parâmetros de segurança viária, como sinistros de trânsito, condições do pavimento, sinalização viária, iluminação, extensão das tangentes e trechos com curvas sinuosas, características físicas e operacionais.

A 3ª etapa: é a normalização dos dados, ou seja, transformá-los em uma unidade unificada de pontuação.

Na 4ª etapa: deve-se verificar a legislação vigente que rege a jornada de trabalho dos motoristas profissionais, observando o tempo máximo de direção para longas viagens e o tempo mínimo para intervalos.

A 5ª etapa: consiste na definição da distância mínima e máxima entre uma instalação e outra, buscando na literatura ou em legislações.

A 6ª etapa: é a determinação da técnica, a escolha do modelo matemático que será utilizado para analisar os dados.

A 7ª etapa: consiste em definir por qual software ou ferramenta será realizada a construção do modelo, nesta fase deve-se considerar que em grandes conjuntos de dados o uso de recursos computacionais é indispensável.

A 8ª etapa: é a construção do modelo, devem ser definidas as variáveis de decisão e as restrições, determinando um conjunto de soluções viáveis.

A 9ª etapa: é a definição de cenários para execução do modelo. Estes cenários devem considerar situações diferentes do conjunto de dados, a fim de solucionar diferentes situações para a solução ótima. E por fim, a 10ª 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.

3.1 Estudo de Caso

A BR-101 é uma rodovia importante que percorre o sul do Brasil, com 4.080 quilômetros de extensão entre os estados do Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul (BRASIL, 1964). No estado de Santa Catarina, seus 465,9 quilômetros facilitam o acesso à faixa litorânea, impulsionando atividades comerciais, industriais e turísticas, bem como o transporte de cargas pelos portos marítimos (Nunes, 2008). A BR-101 exerce uma importante conexão entre estados brasileiros e faz parte do corredor Mercosul, no entanto, o rápido aumento do tráfego resultou em altas taxas de acidentes, classificando-a como a segunda rodovia com mais acidentes envolvendo caminhões a cada 100 km (CNT, 2018).

Para este estudo foi selecionado um trecho de 240,600 quilômetros da BR-101/SC, tendo sido levantados dados de segurança viária como taxa de severidade de sinistros de trânsito, volume de tráfego, nível de serviço (capacidade), geometria da via, iluminação, qualidade do pavimento e da sinalização, tipo de urbanização e características físicas e operacionais das rodovias e postos de combustíveis existentes, conforme apresentado nos itens a seguir.

3.2 Segmentos Homogêneos

A avaliação por quilômetro foi descartada devido à quantidade extensa de dados e à dificuldade em normalizá-los. Em vez disso, a avaliação baseou-se em segmentos homogêneos, definidos pelas características físicas da rodovia que afetam o desempenho do tráfego, como classe da rodovia, quantidade e dimensão das faixas de tráfego, velocidade diretriz, perfil longitudinal e tipo de ocupação lindeira, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 Segmentos Homogêneos

SH sentido norte e sul	km inicial	km final
101SH1	0	6
101SH2	6	41,2
101SH3	41,2	57,4
101SH4	57,4	111,3
101SH5	111,3	137,4
101SH6	137,4	144,1
101SH7	144,1	155
101SH8	155	193
101SH9	193	203,6
101SH10	203,6	205
101SH11	205	208
101SH12	208	212
101SH13	212	213,7
101SH14	213,7	215,5
101SH15	215,5	220,9
101SH16	220,9	244,6

3.3 Possíveis Pontos de Parada e Descanso na BR-101/SC

Para identificar potenciais PPDs ao longo da rodovia, foi realizada análise espacial através da ferramenta Google Earth, considerando os postos de combustível existentes próximos à rodovia. Foram analisadas as áreas de cada instalação e aplicados filtros considerando áreas iguais ou superiores a 15.000m², esse processo resultou na seleção de 25 postos de combustíveis.

3.4 Matriz de Distância

Após a definição do trecho em estudo (rodovia BR-101 entre o km 0 ao 244,600) foi elaborada a matriz de distância, entre o ponto médio de cada segmento homogêneo e os postos de combustíveis separados por sentido de tráfego, ou seja, norte e sul.

3.5 Pesos Associados

Para padronizar os dados coletados, pesos foram atribuídos a cada critério que compõe o modelo. Os pesos foram definidos através de uma pesquisa entre profissionais da área de transportes. Os critérios incluíram taxa de severidade de acidentes, volume de tráfego, nível de serviço, geometria da via, iluminação, qualidade do pavimento, sinalização, tipo de urbanização e presença de serviços auxiliares, conforme seu grau de importância na segurança viária. Utilizando o método AHP, a partir da Equação (3) foram definidos os pesos associados aos PPDs.

$$Ps = (0,30 \times FT) + (0,20 \times NS) + (0,30 \times CG) + (0,20 \times CF) \quad (3)$$

Os critérios levantados foram classificados em quatro grupos, sendo chamados de riscos associados, onde: Ps = Valor do peso associado; FT = Fluidez do tráfego; NS = Capacidade da Rodovia; CG = Características geométricas da rodovia; CF = Características físicas e

operacionais. A Tabela 2 apresenta os valores obtidos em cada grupo de risco, e o peso associado para o sentido norte a rodovia:

Tabela 2 Pesos Associados Sentido Norte

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

A Tabela 3 apresenta os valores obtidos em cada grupo de risco, e o peso associado para o sentido sul da rodovia.

Tabela 3 Pesos Associados Sentido Sul

SH sentido sul	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Ps
101SH1	32,84	1,10	4,20	6,30	12,59
101SH2	29,89	1,10	4,00	6,30	11,65
101SH3	22,13	1,10	4,00	6,20	9,30
101SH4	25,53	1,10	4,10	6,40	10,39
101SH5	20,12	1,10	4,10	6,30	8,75
101SH6	19,40	1,10	4,10	6,20	8,51
101SH7	17,79	1,00	4,10	6,20	8,01
101SH8	23,20	1,10	4,20	6,30	9,70
101SH9	17,22	1,10	4,10	6,20	7,86
101SH10	15,01	1,10	4,00	6,20	7,16
101SH11	14,57	1,10	4,00	6,10	7,01
101SH12	14,65	1,10	4,10	6,20	7,09
101SH13	17,95	1,00	4,10	6,20	8,05
101SH14	15,07	1,10	4,10	6,20	7,21
101SH15	25,60	1,10	4,20	6,20	10,40
101SH16	39,10	1,00	4,00	6,20	14,37

3.6 Modelagem

Um único cenário foi formulado e resolvido utilizando o OpenSolver no Excel. Esse cenário envolve a determinação da localização de dois PPDs para cada sentido da rodovia, resultado na abertura de quatro medianas, considerando os pesos associados indicados nas Tabelas 2 e 3. Neste cenário foi assumido que cada posto poderia ter múltiplas demandas, devido à natureza do problema de transporte na corrente de tráfego.

3.7 Modelo *p*-mediana

Primeiramente foi utilizado o modelo da *p*-mediana conforme Equações a seguir:

Minimizar:

$$z = \sum_i \sum_j w_i d_{ij} x_{ij} \quad (4)$$

Sujeito a:

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_j x_{jj} = p \quad (6)$$

$$x_{ij} \leq x_{jj} \quad (7)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (8)$$

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} = é a distância entre os postos de combustíveis i e os segmentos homogêneos j ; e p = é o número de pontos de facilidades que serão instaladas;

3.8 Modelo Máxima Cobertura

Com os resultados obtidos na *p*-mediana foram aplicados o MCLP, adaptando as restrições à realidade do problema estudado, utilizando a seguinte formulação matemática:

Maximizar:

$$z = \sum_{i \in I} a_i y_i \quad (9)$$

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i, \forall i \in I \quad (10)$$

$$\sum_{j \in J} x_j \leq P \quad (11)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \forall j \in J, e \quad (12)$$

$$y_i \in \{0,1\}, \forall i \in I \quad (13)$$

Onde: a_i = é o 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 = é o conjunto de pontos de facilidades candidatos; I = é o conjunto de pontos de demanda; P = é o número máximo de pontos de facilidade que podem ser ocupados simultaneamente;

3.9 Resultados

Com a técnica da *p-mediana* os resultados encontrados no sentido norte foram de 173,7 km entre PPDs, enquanto ao otimizar os resultados com o MCLP, se obteve a distância de 11,1 km. A Tabela 4 apresenta o comparativo entre as técnicas:

Tabela 4 Comparativo resultados *p-mediana* x MCLP Sentido Norte

Técnica	<i>p-mediana</i>	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	

Para o sentido sul, a distância encontrada utilizando a *p-mediana* foi de 177 km, enquanto ao otimizar os resultados com o MCLP, se obteve a distância de 155 km. A Tabela 5 apresenta o comparativo entre as técnicas:

Tabela 5 Comparativo resultados *p-mediana* x MCLP Sentido Sul

Técnica	<i>p-mediana</i>	Distância	MCLP	Distância
Posto	P08 - km 46	177	P15 - km 83	155
Posto	P61 - km 223		P64 - km 238	

Na Figura 2 é possível visualizar os resultados em representações cartográficas:

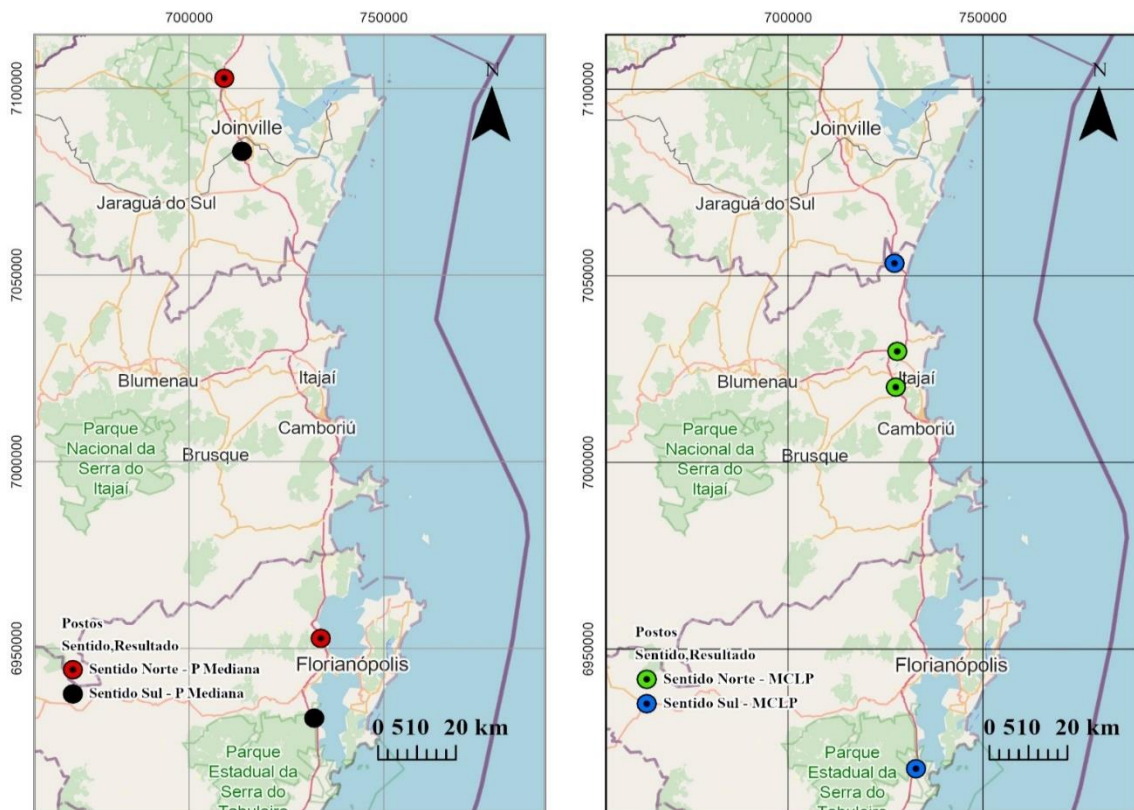


Fig. 2 Resultados *p-mediana* e MCLP sentido norte e sul

3.10 Conclusão e Recomendação para trabalhos futuros

O estudo abordou dois problemas de otimização de localização: o da *p-mediana* e o de Máxima Cobertura (MCLP), ambos envolvendo decisões de alocação de recursos. Enquanto as medianas visam minimizar distâncias para atender demandas, o MCLP busca maximizar a abrangência. Os resultados mostraram que o modelo da *p-mediana* foi consistente ao fornecer uma formulação baseada em critérios de segurança viária, atingindo o número mínimo de pontos de facilidades definido.

Por outro lado, o MCLP otimizou a cobertura da demanda, concentrando instalações no centro do eixo da rodovia. O uso do Power BI facilitou a visualização dos cenários, integrando dados geoespaciais sem programação extensiva, embora possa ser integrado com o ArcGIS ou *Python*. O estudo delineou dez etapas para a localização de áreas de descanso em rodovias, normalizando dados qualitativos e quantitativos para avaliação com o método AHP.

Essas etapas proporcionam um método abrangente para a localização de áreas de descanso, com foco na segurança viária e na otimização do transporte rodoviário, contribuindo para melhorar as condições de trabalho dos motoristas e reduzir custos associados a sinistros de trânsito. Sugere-se abordar futuras pesquisas com o problema de MCLP utilizando software ou bibliotecas de otimização em *Python* e avaliar a redução de gases de efeito estufa gerados por veículos pesados parados durante o horário de pico antes e depois da implementação das áreas de descanso.

4 REFERÊNCIAS

Aashto. **Highway Safety Manual**. [S.l.: s.n.], 2010. Aitken,

Bertulienė, L. and Juknevičiūtė-Žilinskienė, L. (2014) **Roadside infrastructure and rest areas concepts in Lithuania, 9th International Conference on Environmental Engineering**, ICEE, Lituânia, 22-23 May 2014. doi: 10.3846/enviro.2014.145.

BRASIL. **Lei 13103 (2015)**. Available at: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113103.htm (Accessed: 17 May 2024).

BRASIL. **Lei 4592 (1964)**. Available at: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/14592.htm (Accessed: 17 May 2024).

Church, R., ReVelle, C. O problema de localização de cobertura máxima. **Artigos da Associação Científica Regional**. 32, 101–118 (1974). <https://doi.org/10.1007/BF01942293>

CNT, Confederação Nacional do Transporte. (2017). **Pesquisa CNT de Rodovias**. Available at: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/> (Accessed: 15 January 2023).

CNT, Confederação Nacional do Transporte. (2018). **Pesquisa CNT de Rodovias**. Available at: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/> (Accessed: 18 May 2023).

CNT, Confederação Nacional do Transporte. (2019). **Pesquisa CNT de Rodovias**. Available at: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/> (Accessed: 15 Dez 2024).

CNT, Confederação Nacional do Transporte. (2022). **Pesquisa CNT de Rodovias**. Available at: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/> (Accessed: 10 May 2024).

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006). **Manual de estudos de tráfego**. (IPR. Publ., 723) 384 p. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Diário Oficial da União. **Portaria nº 387 de 17 de abril de 2024**. Available at: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=515&pagina=188&data=19/04/2024> (Accessed: 17 May 2024).

Elvik, R. Alena H. T. V. Michael S. (2015). **O manual de medidas de segurança viária. Edição ampliada e revisada**. Fundación Mapfre.

Fuji, W. Y. (2017). Avaliação do desempenho dos elementos de sinalização viária em rodovias. **Tese Doutorado**, p. 1–169.

Gomes, A. F. Luis. Gomes. F. Carlos. (2019). Princípios e Métodos para Tomada de Decisão Enfoque Multicritério. **Livro 6ª Edição**, p. 1-360. SP: Atlas, 08 de maio de 2019.

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

Higgins, C., Chiu, Y. and Bai, Y. (2015) **Methodological Framework Development for Evaluating Highway Truck Parking Location and Capacity Expansion**, p. 83.

Ictaal (2000). **Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison**, p. 60.

Logística para todos (2011). **Os 05 (cinco) modais de transporte**. Available at: <https://logisticaparatodos-com-b.webnode.com.br/> (Accessed: 25 January 2023).

Nordquist, S. (1988). **Road safety technology**. STU Information no 667-1988. Stockholm, Styrelsen för teknisk utveckling (STU).

Nunes, I. T. (2008). A BR-101 e a Migração para o Litoral em Santa Catarina, **Monografia**. Universidade Federal de Santa Catarina, p. 80.

Ramos, R. A. R. (2000). **Localização Industrial: Um Modelo Espacial Para o Noroeste De Portugal Um Modelo Espacial Para o Noroeste De Portugal**, UMinho, p. 245. July 2000.

Santos, A. V. dos (2016). Método para alocação de áreas de descanso para transporte de carga em redes rodoviária. **Tese Doutorado**. Universidade Federal de Santa Catarina, p. 222.

Seya, H. et al. (2020). **Decisions on truck parking place and time on expressways: an analysis using digital tachograph data**, Transportation, 47(2), pp. 555–583. doi: 10.1007/s11116-018-9899-y.