

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Bruno de Castro Faria

**LOCALIZAÇÃO DE *DELIVERY LOCKERS* PARA LOGÍSTICA
URBANA EM UMA CIDADE BRASILEIRA DE PORTE MÉDIO: O
CASO DE DIVINÓPOLIS, MINAS GERAIS**

Dezembro de 2021

Itajubá – Minas Gerais

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Bruno de Castro Faria

**LOCALIZAÇÃO DE *DELIVERY LOCKERS* PARA LOGÍSTICA
URBANA EM UMA CIDADE BRASILEIRA DE PORTE MÉDIO: O
CASO DE DIVINÓPOLIS, MINAS GERAIS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como um dos pré-requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá.

Área de Concentração: Sistemas de Produção e Logística

Orientador: Prof. Dr. Renato da Silva Lima

Dezembro de 2021

Itajubá – Minas Gerais

AGRADECIMENTOS E DEDICATÓRIA

Gostaria de agradecer e dedicar a minha dissertação a estas pessoas:

Minha mãe Marilene, meu irmão Lucas e a toda minha família, que me incentivou e me deu forças para que este projeto fosse concluído.

Meus amigos Bruno, Júlia e Francisco por sempre estarem presentes em todos os momentos sem me deixar esquecer de que sou capaz.

Aos meus companheiros de pesquisa Cecília, Anissa e Anderson, por caminharem ao meu lado nessa jornada.

Ao meu orientador Renato Lima, pelos ensinamentos, paciência e compreensão.

A todos meus amigos de Itajubá e do LogTrans, que tive o privilégio de conhecer e compartilhar esta etapa da minha vida.

A todos os funcionários, professores, alunos e colaboradores da UNIFEI, por serem ferramentas de transformação na vida de todos os estudantes.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

E em especialmente a minha amiga Laura e a minha avó Luzia, que me guiam e me protegem do plano espiritual.

EPÍGRAFE

“Educar é crescer. E crescer é viver. Educação é, assim, vida no sentido mais autêntico da palavra.”

(Anísio Teixeira)

RESUMO

Com o avanço das tecnologias e a difusão da internet no mundo, houve uma forte expansão das negociações realizadas por meio do comércio eletrônico em todos os âmbitos. Conseqüentemente, surge um crescimento no fluxo das operações logísticas que são responsáveis pela entrega de produtos adquiridos por este meio, fazendo com que apareçam problemas relacionados ao transporte dessas mercadorias. Dentre os problemas de transporte acarretados na última etapa da cadeia de distribuição, conhecida como última milha, ou *last mile*, pode-se destacar: falha na entrega de produtos, viagens excessivas, alto custo de operação, mal dimensionamento dos recursos de transporte, etc. Logo, pesquisas na área avaliam possibilidades que amenizem estas dificuldades na distribuição de cargas para que as operações logísticas sejam mais eficientes e ofereçam um bom nível de serviço a seus usuários. Uma alternativa que vem sendo utilizada em diferentes regiões do mundo para este fim são os pontos de coleta e entrega, que são estações onde os clientes retiram seus produtos adquiridos pela internet por conta própria. Os pontos de coleta e entrega (PCE's) podem ser automatizados, conhecidos como *Delivery Lockers* (DL), ou não. A literatura indica que uma das dificuldades encontradas para instalação de DL's é saber definir qual a localização que melhor irá atender aos consumidores de cada região específica. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo propor localizações adequadas para instalação de DL's em uma cidade mineira de porte médio, bem como analisar quais são os fatores de maior influência para a utilização destes dispositivos de acordo com a opinião do consumidor local. Foram observados que o horário de funcionamento, distância de regiões centrais e a segurança destas operações são os principais fatores apontados pelos consumidores. Um modelo matemático multicritério baseado no método AHP foi desenvolvido para auxiliar na escolha dos estabelecimentos que melhor atenderiam aos critérios avaliados. Concluiu-se que diversos cenários podem satisfazer o problema, entretanto aqueles que apresentaram alternativas que são localizadas em regiões centrais ou em pequenos centros comerciais foram preferidas pelo modelo. Os estabelecimentos que funcionam fora dos horários convencionais, como supermercados e hipermercados foram destaques positivos nos cenários analisados, diferente das agências bancárias, que não apresentaram bons resultados devido suas limitações de espaço e horários. Por fim, nota-se que a utilização de DL's também é válida para cidades de porte médio, entretanto, para que isto funcione de maneira eficaz, é ideal que os usuários do *e-commerce* tenham conhecimento dos benefícios que esta prática pode trazer, tanto em termos financeiros, quanto operacionais.

Palavras-chave: *comércio eletrônico, última milha, pontos de coleta e entrega, Delivery Lockers, multicritério.*

ABSTRACT

With the advancement of technologies and the spread of the internet around the world, there was a strong expansion of negotiations carried out through electronic commerce in all areas. Consequently, there is a growth in the flow of logistical operations that are responsible for the delivery of products acquired through this means, causing problems related to the transport of these goods to appear. Among the transport problems caused in the last stage of the distribution chain, known as the last mile, or last mile, we can highlight: failure to deliver products, excessive travel, high operating costs, poorly sized transport resources, etc. . Therefore, research in the area evaluates possibilities to alleviate these difficulties in cargo distribution so that logistical operations are more efficient and offer a good level of service to its users. An alternative that has been used in different regions of the world for this purpose are collection and delivery points, which are stations where customers pick up their products purchased over the internet on their own. Collection and delivery points (PCE's) can be automated, known as Delivery Lockers (DL), or not. The literature indicates that one of the difficulties encountered in installing DL's is knowing how to define which location will best serve consumers in each specific region. Therefore, this study aimed to propose suitable locations for the installation of DL's in a medium-sized city in Minas Gerais, as well as to analyze which are the most influential factors for the use of these devices according to the opinion of the local consumer. It was observed that the opening hours, distance from central regions and the safety of these operations are the main factors mentioned by consumers. A multicriteria mathematical model based on the AHP method was developed to help choose the establishments that would best meet the evaluated criteria. It was concluded that several scenarios can satisfy the problem, however those that presented alternatives that are located in central regions or in small commercial centers were preferred by the model. Establishments that work outside conventional hours, such as supermarkets and hypermarkets, were positive highlights in the analyzed scenarios, unlike bank branches, which did not show good results due to their limited space and hours. Finally, it is noted that the use of DL's is also valid for medium-sized cities, however, for this to work effectively, it is ideal that *e-commerce* users are aware of the benefits that this practice can bring, both in financial and operational terms.

Keywords: *e-commerce, last mile, pick-up and delivery points, Delivery Lockers, multicriteria.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema brasileiro de entregas de mercadorias oriundas do <i>e-commerce</i>	25
Figura 2. PCE automatizado dos Correios.	30
Figura 3. <i>Pick Up Point</i> da Albert Heijn na Holanda.	31
Figura 4. (a) <i>Pick Up Point</i> da Albert Heijn. (b) <i>Pick Up Point</i> da Jumbo.	31
Figura 5. <i>Pick up Point</i> e estação de entrega automatizada da Doddle.	32
Figura 6. <i>Delivery Locker</i> da Amazon.	32
Figura 7. <i>Delivery Locker</i> com sistema de refrigeração da Omnion.	33
Figura 8. Processo hierárquico de acordo com o AHP.	40
Figura 9. Etapas da pesquisa.	45
Figura 10. Etapas para aplicação do multicritério.	46
Figura 11. Estrutura hierárquica do problema.	59
Figura 12. Estrutura hierárquica com os pesos calculados.	63
Figura 13. Vias principais de Divinópolis.	65
Figura 14. Densidade demográfica por setor censitário de Divinópolis - TransCAD.	66
Figura 15. Pontos de ônibus de Divinópolis.	67
Figura 16. Centros comerciais de Divinópolis.	68
Figura 17. Regiões com maior incidência de crimes em Divinópolis.	69
Figura 18. Alternativas selecionadas pelo método AHP.	71
Figura 19. Alternativas avaliadas nos cenários 1 a 5.	76
Figura 20. Alternativas avaliadas nos cenários 11 a 15.	79
Figura 21. Alternativas avaliadas nos cenários 20 e 21.	82
Figura 22. Alternativas avaliadas nos cenários 22 e 23.	84
Figura 23. Alternativas avaliadas nos cenários 24 a 29.	86
Figura 24. Alternativas escolhidas pelas análises da tabela 32.	88
Figura 25. Alternativas escolhidas pelas análises da tabela 33.	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classificação do porte das cidades.	22
Quadro 2. Iniciativas de entrega na última milha.	28
Quadro 3. Comparativo entre PCEs e DLs.	33
Quadro 4. Resultados da Geração de Cenários.	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dimensões de um DL.	34
Tabela 2. Escala de importância relativa.	40
Tabela 3. Matriz comparativa.	41
Tabela 4. Matriz comparativa normalizada.	41
Tabela 5. Autovetor.	42
Tabela 6. Cálculo do λ máx.	42
Tabela 7. Índices de Consistência Aleatória (RI).	42
Tabela 8 Valores da distribuição normal Z de acordo com os níveis de confiança.	50
Tabela 9. Parâmetros para o cálculo amostral.	50
Tabela 10. Matriz de comparação par a par dos critérios de nível 1.	60
Tabela 11. Matriz de comparação par a par de critérios de nível 1 normalizada.	61
Tabela 12. Autovetor e peso dos critérios de nível 1.	61
Tabela 13. Autovetor e peso dos critérios de nível 2 – Distância.	61
Tabela 14. Autovetor e peso dos critérios de nível 2 – Infraestrutura.	61
Tabela 15. Cálculo do índice de consistência.	62
Tabela 16. Escala de normalização do critério “Estacionamento”	64
Tabela 17. Escala de normalização do critério “Espaço Físico”	64
Tabela 18. Escala de normalização do critério “Horário de Funcionamento.	69
Tabela 19. Resumo dos cálculos de desempenho e normalização das alternativas.	70
Tabela 20. Ranqueamento das alternativas pelo método AHP.	72
Tabela 21. Probabilidade de se usar alternativas motorizadas para retirada de pacotes.	73
Tabela 22. Objetivos para cada cenário gerado.	74
Tabela 23. Cenários gerados pelo critério “Regiões Residenciais”.	75
Tabela 24. Cenários gerados pelo critério “Centros Comerciais”.	77
Tabela 25. Cenários gerados pelo critério “Vias Principais”.	78
Tabela 26. Cenários gerados pelo critério “Ponto de Ônibus”.	80
Tabela 27. Cenários gerados pelo critério “Infraestrutura”.	81
Tabela 28. Parâmetros para os cenários 22 e 23.	82
Tabela 29. Cenários gerados pelo critério “Horário de Funcionamento”.	83
Tabela 30. Cenários gerados pela alteração de parâmetros do critério “Segurança”.	85
Tabela 31. Avaliação de cenários - doze primeiros lugares.	87
Tabela 32. Avaliação de cenários - doze segundos lugares.	87
Tabela 33. Avaliação de cenários – total de aparição de todas as alternativas.	89

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Publicações sobre <i>Delivery Lockers</i> e/ou <i>Pick-up Points</i>	16
Gráfico 2. Publicações sobre <i>Delivery Lockers</i> e/ou <i>Pick-up Points</i>	17
Gráfico 3. Vendas de comércio eletrônico no mundo.	20
Gráfico 4. Vendas de comércio eletrônico no Brasil.....	21
Gráfico 5. Consumo no comércio eletrônico por região do Brasil.....	22
Gráfico 6. Trabalhos que envolvem análises multicritério.....	36
Gráfico 7. Trabalhos que envolvem MDCA e localização.....	39
Gráfico 8. Trabalhos que envolvem MDCA e SIG.	39
Gráfico 9. PIB Per Capta de Divinópolis.	48
Gráfico 10. Faixa etária da amostra.....	50
Gráfico 11. Grau de escolaridade.	51
Gráfico 12. Profissão.	51
Gráfico 13. Renda Média Mensal.....	52
Gráfico 14. Frequência de Compras pela Internet.....	52
Gráfico 15. Média de Gastos por Compra.....	53
Gráfico 16. Tipos de produtos mais procurados por consumidores do <i>e-commerce</i>	53
Gráfico 17. Tipos de produtos mais procurados por consumidores do <i>e-commerce</i>	54
Gráfico 18. Fatores de importância para utilização de DL pela ótica do consumidor. ..	55
Gráfico 19. Alternativas para instalação do DL.	55
Gráfico 20. Meio de transporte para retirada de produtos.....	56
Gráfico 21. Características indesejáveis para retirada de produtos	56
Gráfico 22. Horário de funcionamento preferido pelos consumidores	56
Gráfico 23. Disposição do consumidor em pagar por entregas através de DL's.....	57
Gráfico 24. Análise de sensibilidade - critério "Horário de Funcionamento"	90
Gráfico 25. Análise de sensibilidade - critério "Distância"	91
Gráfico 26. Análise de sensibilidade - critério "Infraestrutura".	92
Gráfico 27. Análise de sensibilidade - critério "Segurança".	92

LISTA DE SIGLAS

B2C	Business to Consumer
B2B	Business to Business
B2G	Business to Government
C2C	Consumer to Consumer
DL	Delivery Lockers
PCE	Pontos de Coleta e Entrega
PME	Pequenas e Médias Empresas
TUC	Transporte Urbano de Carga
EAD	Entrega Assistida à Domicílio
MDCA	Análise Multicritério de Apoio à Decisão
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
AHP	Analytic Hierarchy Process
DEA	Data Envelopment Analysis
CI	Índice de Consistência
CR	Taxa de Consistência
RI	Índice de Consistência Aleatória

SUMÁRIO

1. Introdução.....	13
1.1. Contextualização do Problema de Pesquisa.....	13
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo Geral	16
1.2.2. Objetivos Específicos	16
1.3. Justificativa do Trabalho.....	16
1.4. Organização do Trabalho.....	17
2. Revisão Bibliográfica	19
2.1. Comércio Eletrônico	19
2.1.1. Comércio Eletrônico no Contexto Mundial	19
2.1.2. Comércio Eletrônico no Contexto Brasileiro	20
2.1.3. Comércio Eletrônico em Função do Porte das Cidades Brasileiras	22
2.2. Sistema de Distribuição de Mercadorias na Etapa de Última Milha	23
2.2.1. Distribuição de Mercadorias em Ambientes Urbanos.....	23
2.2.2. Distribuição de Mercadorias B2C e Etapa de Última Milha.....	24
2.2.3. Problemas Oriundos da Distribuição na Etapa de Última Milha	25
2.2.4. Práticas e Iniciativas de <i>City Logistics</i> para Entrega de Mercadorias na Etapa de Última Milha.....	26
2.3. Pontos de Coleta e Entrega	29
2.3.1. Pontos de Coleta e Entrega no Contexto Mundial.....	29
2.3.2. Pontos de Coleta e Entrega no Contexto Brasileiro	29
2.3.3. Pontos de Coleta e Entrega Não-Automatizados.....	31
2.3.4. Pontos de Coleta e Entrega Automatizados.....	32
2.3.5. Dificuldades Encontradas na Instalação de PCE's	34
2.4. Análise de Decisão Multicritério	36
2.4.1. Análise Multicritério como Auxílio a Tomada de Decisões	36
2.4.2. Aplicações de MDCA para Problemas de Localização.....	37
2.4.3. Métodos de MDCA Encontrados em Problemas de Transporte e Localização.....	38
2.4.4. Método AHP.....	39
3. Metodologia.....	44
3.1. Método de Pesquisa	44
3.2. Estruturação da Pesquisa	45

3.3.	Técnica de Coleta de Dados.....	46
4.	Modelagem para Avaliar a Instalação de um PCE no Contexto de Divinópolis....	48
4.1.	Considerações sobre a Região Urbana de Divinópolis.....	48
4.2.	Análise Potencial de Demanda de um DL em Divinópolis	49
4.2.1.	Cálculo do tamanho amostral	49
4.2.2.	Resultados do Questionário	50
4.3.	Aplicação do Método AHP	57
4.3.1.	Estrutura Hierárquica e Premissas para Avaliação dos Critérios	57
4.3.2.	Matrizes de Comparação e Cálculo do Autovetor.....	60
4.3.3.	Normalização e Cálculo do Desempenho das Alternativas.....	62
4.3.4.	Ranqueamento das Alternativas	70
4.4.	Geração de Cenários	72
4.5.	Discussão e Resultados	90
5.	Conclusões.....	95
5.1.	Recomendações	96
	REFERÊNCIAS	98
	ANEXOS.....	106

1. Introdução

1.1. Contextualização do Problema de Pesquisa

Nos últimos anos, o mercado do comércio eletrônico vem se expandindo em um ritmo cada vez mais acelerado. De acordo com Dobroselskyi et al. (2021) o comércio eletrônico deverá aumentar seu alcance de mercado em 25% até 2026. No contexto brasileiro, dados fornecidos pelo 44º relatório do EBIT (2021) informam que o número de pedidos realizados por meio do comércio eletrônico foi 7% maior do que no primeiro semestre de 2020, sendo que o faturamento no primeiro semestre de 2021 chegou a quase R\$53,4 bilhões, um número 31% maior em relação ao ano anterior.

Os serviços de compra e venda impulsionados pela internet afetam diretamente as operações de transporte e logística de uma nação (ESCURSELL; LLORACH-MASSANA; RONCERO, 2021). Segundo Ballou (2009) as expectativas dos consumidores no início da implementação do comércio eletrônico eram baixas, onde os mesmos não se preocupavam com aspectos relacionados ao rastreamento do pedido, disponibilidade e rapidez na entrega de produtos. Entretanto, com o avanço nas tecnologias de informação, os serviços deste segmento passaram a se atentar mais a estes requisitos que, ao longo dos anos, foram se tornando cada vez mais importantes para que os consumidores passassem a adquirir bens em canais de vendas online (BALLOU, 2009).

Dados do IBGE (2019) informam que o segmento de serviço que mais gera receita para o Brasil é o de transportes, serviços auxiliares aos transportes e correios, faturando cerca de 406 milhões de reais neste ano. Logo conclui-se que as operações logísticas do comércio eletrônico são importantes para o desenvolvimento da economia no país e merece atenção no dimensionamento de seus recursos.

A partir da introdução dos *smarthpones* e dos demais dispositivos móveis, os hábitos dos consumidores do comércio eletrônico se tornaram mais frequentes, devido à facilidade de acesso através de aplicativos e sites de vendas (RODRIGUES, 2020). Silva (2016) descreve o comportamento dos consumidores do *e-commerce* de acordo com o porte da cidade que eles pertencem. Evidencia a crescente utilização da tecnologia para realização de compras pela internet em cidades de porte intermediário, onde os resultados de vendas revelaram uma maior taxa de cliques em anúncios por parte dos consumidores, além de apresentar dados de faturamento bem próximos das cidades de grande porte.

Além do comportamento dos consumidores, Silva et al., (2021) discutem sobre a inserção de diferentes tipos de empresas no comércio eletrônico brasileiro. Os autores enfatizam que as pequenas e médias empresas do varejo (PME's) foram prejudicadas durante a pandemia do COVID-19 quando se comparado às grandes empresas já consolidadas no *e-commerce*: como Amazon, Americanas, Submarino, dentre outras. Apesar disso, as PME's que se prontificaram a acompanhar as alterações do mercado, encontraram nesse nicho novas oportunidades para expandirem seus negócios por meio do *marketplace* ou através de vendas diretas para seus clientes.

É fato que a pandemia do COVID-19 impactou os métodos de se fazer negócios e o comércio eletrônico foi uma ferramenta fundamental para que isso acontecesse (KIM, 2020). Um estudo feito por Jílková e Králová (2021) teve como objetivo avaliar o comportamento do consumidor de comércio eletrônico europeu, onde percebeu-se um maior consumo de bens e serviços pela internet de modo geral, principalmente nos ramos de alimentação e serviços online. Já em Jayalakshmi (2020), os autores enfatizam que a pandemia foi um momento em que os varejos da Índia tiveram suas vendas reduzidas, uma vez que os consumidores preferiam adquirir seus produtos online para evitar o contato físico e respeitar as regras do isolamento social. No Brasil não foi diferente, um estudo realizado por Alves e Brito (2020) mostra que o auxílio financeiro fornecido pelo governo federal durante a pandemia injetou quase 20 bilhões de reais no comércio em compras por pagamento digital.

Rodrigues, Vasconcelos e Conde (2020) mostram que as projeções para o cenário de pós-pandemia do comércio eletrônico no Brasil são otimistas, visto que empresas que, antes não ofertavam seus produtos na internet, agora aderiram a alguma plataforma digital e se renderam às vendas online. Além disso, o aumento no consumo do comércio eletrônico durante a pandemia demonstrou que os principais fatores que as empresas investiram para quebrar as barreiras do comércio digital foram o preço do frete e o tempo de entrega dos produtos, já que estas duas questões foram apontadas como fatores cruciais para os consumidores continuarem fazendo compras no meio virtual (SOARES; AMORIM, 2021).

De acordo com Gatta et al. (2019) a expansão do *e-commerce*, provoca um grande aumento nas entregas que partem dos fornecedores e são direcionadas ao consumidor (*Business to Consumer* ou B2C) fazendo com que a etapa de última milha, ou “*last mile*” seja menos eficiente nos termos (i) ambientais: já que operações que envolvem veículos a combustão aumentam a emissão de poluentes; (ii) econômicos: pois as operações logísticas de entrega em ambientes urbanos são dispendiosas; e sociais (iii): uma vez que estas atividades envolvem o bem estar da população local.

Portanto, há uma preocupação em dar maior atenção para a etapa de *last mile*, já que esta é a parte menos eficiente em termos de transporte de carga, mais dispendiosa e mais poluidora, uma vez que são necessários mais veículos transitando em regiões residenciais para fazer as entregas dos produtos porta a porta (DEUTSCH, 2018).

Van Duin et al. (2015) também afirmam que a maior parte dos problemas de entrega B2C estão relacionados com a etapa de última milha. Quando se trata de mercadorias adquiridas através do *e-commerce*, o maior obstáculo aparece quando um pedido não é entregue ao comprador, que no caso do sistema de entrega brasileiro, pode acontecer em até três tentativas. Caso o produto não seja entregue ao consumidor, ele deve retornar ao seu ponto de origem, gerando ainda mais custos com viagens.

De acordo com Alves et al. (2019) existem algumas maneiras de minimizar os custos provenientes das falhas em tentativas de entrega, e uma delas tem se tornado popular em diversos países europeus e norte-americanos, que são os Pontos de Coleta e Entrega (PCE).

Segundo Oliveira (2007) os PCE's, conhecidos também como *Pick-Up Points*, são estações fixas instaladas em locais estratégicos, onde os clientes que adquirem seus produtos online possam retirá-los por conta própria, reduzindo as falhas nas tentativas de entrega e minimizando a quantidade de veículos nas vias. Os PCE's podem variar em: não-automatizados (necessidade de uma pessoa para operar na estação em horário específico) e automatizados (sem a necessidade de operador e horário de funcionamento mais flexível).

Chamados também de *Delivery Lockers* (DL), os PCE's automatizados são armários localizados em estabelecimentos comerciais ou de fácil acesso a população, como: shoppings, supermercados, estações de transportes, postos de gasolina, locais públicos ou até mesmo privados; com o intuito de facilitar a adesão do cliente para este tipo de serviço, oferecendo-o em possíveis lugares que fazem parte de sua rotina (IWAN et. al., 2016). Entretanto, umas das grandes dificuldades em se implementar um DL é definir qual é a localização ideal para que o mesmo opere com eficiência (ALVES et al., 2019).

Visto a gama de possibilidades e atribuições para a escolha de um local adequado para instalação de um *Delivery Locker*, define-se, portanto, a questão de pesquisa do projeto como: “quais são as localizações ideais para instalação de DL's para distribuição de cargas na etapa de última milha no contexto de Divinópolis?”

Como visto anteriormente, é evidente o crescimento do comércio eletrônico em âmbito mundial (DOBROSELSKYI et al., 2021), além do histórico e das perspectivas de crescimento para o cenário brasileiro (EBIT, 2021; ALVES E BRITO, 2020). Ainda deve-se levar em consideração o impulsionamento das vendas por meio do *e-commerce* ocasionado pela pandemia do COVID-19 (KIM, 2020; RODRIGUES, VASCONCELOS E CONDE, 2020). Sabendo disso, justifica-se a procura pela utilização de DL's, que são alternativas mais econômicas e sustentáveis na execução das operações logísticas que envolvem a distribuição de bens provenientes do comércio eletrônico (IWAN. et al., 2016).

Para Alves et al. (2019), a localização dos DL's depende de diversos fatores para que o serviço possa ser eficiente, tanto para as transportadoras, quanto para os clientes. É ideal que a localização seja pensada de maneira estratégica, considerando questões como proximidade ao trajeto percorrido pelos clientes no seu dia-a-dia, segurança do ambiente que os mesmos estão instalados, a infraestrutura do local, entre outras características não menos importantes.

Como a seleção e priorização de critérios para definir uma localização satisfatória para instalações não é um processo simples, o uso de técnicas de auxílio para tomada de decisões, como análises multicritério, podem ajudar a alcançar melhores resultados (BARBIERI E LIMA, 2016). De acordo com Yagmur (2016), existem diferentes métodos multicritério para auxiliar os gestores nas tomadas de decisão, como AHP, TOPSIS, PROMETHEE e EVAMIX, entretanto para este projeto é proposto a utilização do método AHP, que permite ao usuário realizar comparações par a par, considerando diferentes critérios e subcritérios em uma estrutura hierárquica vertical (SAATY, 1994).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo principal deste estudo é encontrar as melhores localizações para instalação de DL's no contexto de cidades médias e discutir quais são as características de maior influência para escolha de locais de acordo com as opiniões dos consumidores locais.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Desenvolver uma análise potencial de demanda para delimitar o perfil e as opiniões dos consumidores de produtos *e-commerce* da região;
- Determinar quais são os fatores de maior relevância para a escolha de localizações ideais para instalação de DL's com auxílio de um modelo multicritério;
- Avaliar os possíveis locais para instalação de DL's no contexto de Divinópolis, Minas Gerais.

1.3. Justificativa do Trabalho

Além da relevância do tema da pesquisa apresentado na seção 1.1., de acordo com dados obtidos na base Scopus (2021) pela busca das palavras “*Delivery Lockers*” ou “*Pick-up Points*”, nos últimos 20 anos, houve um crescimento considerável das publicações que envolvem os termos pesquisados como pode ser observado no gráfico 1. Paralelo a análise feita no Scopus, a busca pelos mesmos termos foi feita também no Web of Science e os resultados foram bem parecidos com os da primeira base: crescimento de publicações nos últimos 20, como pode ser observado no gráfico 2. Com isso, conclui-se que este assunto ainda está em ascensão no meio acadêmico.

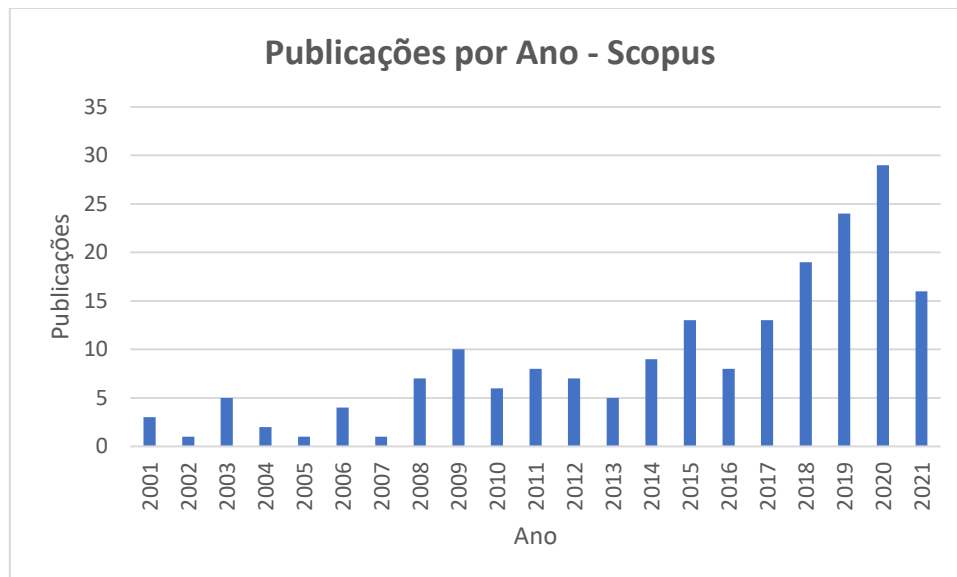


Gráfico 1. Publicações sobre *Delivery Lockers* e/ou *Pick-up Points*
Fonte: Scopus (2021).

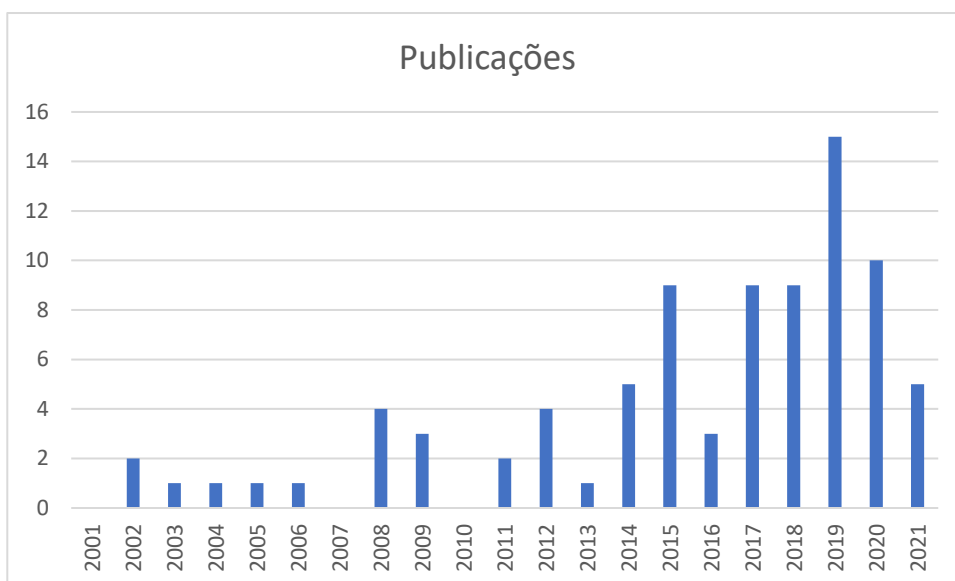


Gráfico 2. Publicações sobre *Delivery Lockers* e/ou *Pick-up Points*
Fonte: Web of Science (2021).

Entretanto no Brasil, não existem muitas publicações sobre este tema. Foram encontradas 225 publicações na base de dados Scopus (2021), onde cerca de 2,7% dos trabalhos publicados são brasileiros. Já no Web of Science foram encontrados 85 trabalhos publicados sobre o assunto e cerca de 4,7% são brasileiros. Os trabalhos brasileiros encontrados tiveram grandes centros urbanos como área de estudos, logo para esta proposta será avaliado a implementação do *Locker* em uma cidade de porte médio (municípios com 200 mil a 400 mil habitantes, segundo (Martorelli; Costa; Sá, (2019)).

Visto que os números das análises encontradas no Scopus (2021) e no Web of Science (2021) são bem menos expressivos em relação a outros países que publicam sobre o tema, como China e Estados Unidos, por exemplo, pode-se afirmar que há uma lacuna de pesquisa sobre esse assunto no Brasil, enfatizando a importância da proposta do trabalho em questão.

1.4. Organização do Trabalho

O texto foi dividido em cinco capítulos, iniciando-se com o capítulo introdutório que se trata das questões de contextualização do problema estudado, bem como os objetivos e justificativa do projeto. O segundo capítulo traz a revisão de literatura com os temas pertinentes ao trabalho do ponto de vista econômico e acadêmico, como: o comportamento do comércio eletrônico (no Brasil e no mundo), conceitos sobre distribuição de mercadorias em ambientes urbanos, informações sobre os pontos de coleta e entrega e as aplicações do método multicritério. Em sequência, o terceiro capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado, bem como a metodologia aplicada e a técnicas de coleta de dados utilizada para realizar a modelagem. O quarto capítulo se trata da modelagem do problema em si, aplicado ao contexto de uma cidade de porte médio brasileira, bem como as análises e discussões dos resultados desta etapa. Já o quinto capítulo apresenta as conclusões e considerações finais do projeto. Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas em todo o trabalho, bem como os

anexos que contém o questionário aplicado e os estabelecimentos analisados como alternativas do método multicritério.

2. Revisão Bibliográfica

Este capítulo descreve os conceitos que envolvem os diversos assuntos abordados neste trabalho. Inicia-se com a discussão sobre o comportamento do comércio eletrônico no mundo e no Brasil, assim como as observações para os diferentes tamanhos de cidade. Em sequência descreve-se como funciona o sistema de distribuição de cargas na etapa de última milha atrelado aos conceitos de distribuição B2C e práticas de *city logistics*. Após isso, é apresentado os diferentes tipos de pontos de coleta e entrega quais são as dificuldades encontradas quando se deseja utilizá-los. E por último, mostra-se a importância da utilização de métodos multicritério para auxílio em problemas que exigem tomadas de decisão, bem como as etapas para aplicação do método AHP, que foi o método multicritério utilizado neste trabalho.

2.1. Comércio Eletrônico

2.1.1. Comércio Eletrônico no Contexto Mundial

O *Business to Consumer* (B2C) é um contexto relevante que vem sendo discutido dentro do comércio eletrônico, ou *e-commerce*, uma vez que ele é estabelecido pela relação entre empresas vendedoras de bens e prestadora de serviços com o consumidor final por meio de dispositivos tecnológicos (VIEIRA, 2020).

Para Alyoubi (2015), o *e-commerce* é uma maneira efetiva de oferecer serviços e produtos através da internet, uma vez que isto elimina a necessidade de grandes investimentos e/ou gastos com infraestrutura, além de romper barreiras geográficas, possibilitando a captação de clientes que um comércio fixo em determinado lugar, por exemplo, não conseguiria fazer.

O comércio eletrônico revolucionou a forma de distribuição de mercadorias nas cidades. A diversificação dos canais de entrega e a crescente gama de serviços oferecidos por varejistas estão mudando os padrões de entrega de produtos em ambientes urbanos no mundo todo (VIU-ROIG; ALVAREZ-PALAU, 2020).

Os resultados apresentados em um relatório do eMarketer (2021) onde é avaliado o crescimento de vendas do comércio eletrônico para diferentes regiões do mundo, bem como a previsão de gastos neste setor para o anos seguintes; mostram que as vendas mundiais no âmbito varejista aumentarão de 4,9 trilhões de dólares para quase 7,4 trilhões até o final de 2025, como pode-se observar no gráfico 3.

Também deve-se citar o fato de que, no fim do ano de 2019 surgiu o novo corona vírus (COVID-19), ocasionando uma pandemia mundial que consequentemente afetou diversos setores da economia e teve o comércio eletrônico como aliado para a superação de barreiras que foram criadas. Kim (2020) cita que o número de pessoas que até então eram avessas a compras online diminuiu por causa do isolamento social, uma vez que não havia opções alternativas para aquisição de bens e suprimentos senão pela internet.

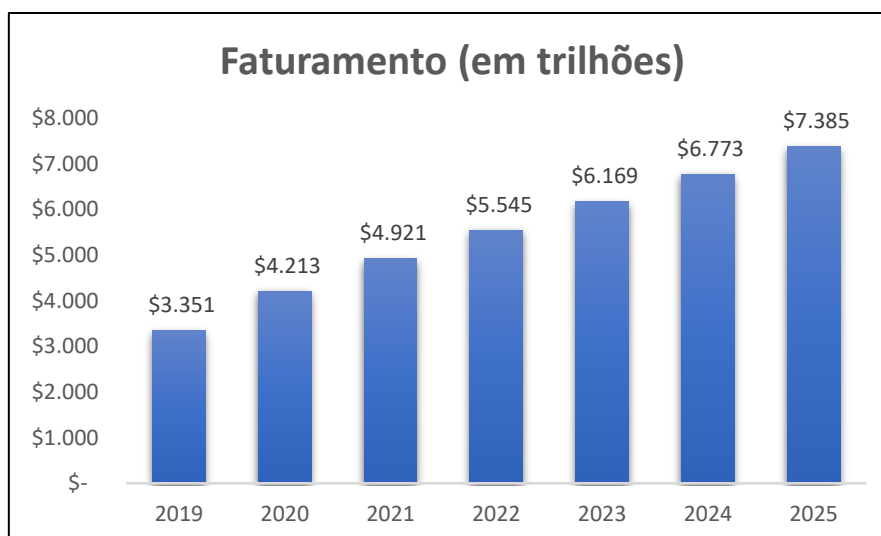


Gráfico 3. Vendas de comércio eletrônico no mundo.
Fonte: Adaptado de eMarketer (2021).

Ainda para Kim (2020), existe uma barreira potencial que faz com que as pessoas prefiram fazer compras em lojas e ambientes físicos do que compras pela internet, que é o custo de aprendizagem. Os consumidores não só preferem adquirir bens em lojas pelo fato do imediatismo, mas também pelo fato de que foram resistentes em gastar seu tempo para aprender a fazer compras online. Com o isolamento social, este custo se tornou fundamental para que as pessoas continuassem consumindo, mesmo estando de quarentena nas suas residências.

Com o impulsionamento nas compras de produtos pela internet causadas pela pandemia abordado por Kim (2020), junto com as tendências do mercado para os próximos anos (EMARKETER, 2021), pode-se concluir que as vendas por meio do comércio eletrônico continuarão crescendo em âmbito mundial, tornando necessária uma discussão sobre como isso afetará o cenário brasileiro.

2.1.2. Comércio Eletrônico no Contexto Brasileiro

Para Teixeira (2017), a grande expansão do comércio eletrônico brasileiro e do mundo, se dá pela evolução da tecnologia, bem como do acesso à internet. O ano de 2020 apresentou um aumento de 40% no número de consumidores brasileiros do *e-commerce*, quando comparado ao ano anterior (E-BIT, 2020), o que se pode atribuir às tendências de crescimento desse nicho de mercado no país.

Segundo dados apresentados no 42º relatório do E-bit (2020), o faturamento das vendas de mercadorias adquiridas pelo *e-commerce* no Brasil em 2020 foi 47% maior do que em 2019, chegando a R\$38,8 bilhões, como mostra o gráfico 4. Dentre os segmentos das lojas avaliadas, estão: alimentos, automotivo, autosserviços, bebidas, departamento, informática, esportivo, farmácia, petshop, vestuário, perfumaria e decoração.

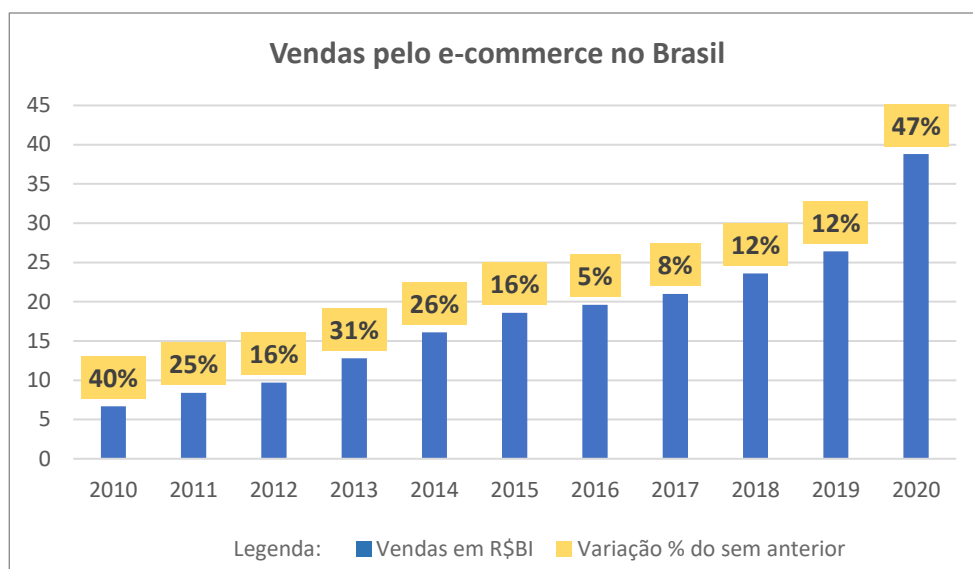


Gráfico 4. Vendas de comércio eletrônico no Brasil.
Fonte: Adaptado de E-bit (2020).

Para Belchior Cruvinel (2020), o Brasil também passou por alterações nas estratégias de promoções e vendas de bens e serviços por causa da pandemia do novo corona vírus. Os negócios buscaram apresentar melhorias nos modos de pagamentos pelo meio digital, bem como a otimização destes serviços, visto as perspectivas de uma ascensão do comércio eletrônico para períodos posteriores à crise no país.

De acordo com informações dispostas no relatório do E-BIT (2020), tanto o faturamento, quanto o número de pedidos realizados por meio do comércio eletrônico durante a pandemia em datas comemorativas, tiveram um aumento de 47% e 39% respectivamente, em relação ao ano de 2019. Na semana da páscoa, por exemplo, houve um aumento de 66% das vendas em relação ao ano anterior. Como consequência disto, o número de pedidos entregues fora do prazo foi de 14%, 2% maior quando se comparado ao primeiro semestre de 2019.

Avaliando as regiões do país em função do consumo de produtos provenientes do *e-commerce*, destaca-se o crescimento nas regiões norte e nordeste, que foram 107% e 93% respectivamente, maiores do que em 2019. Vale salientar que a região sudeste foi a região de maior consumo (53%), como se pode observar no gráfico 5 (E-BIT, 2020).

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) no Brasil, mesmo atrasadas em relação aos demais países pioneiros nesse setor, são capazes de atingir a todos os municípios do Brasil desde 2012. Mesmo com o crescimento da contratação de serviços de banda larga, o país ainda se depara com a realidade de reduzir as desigualdades no acesso à internet em determinadas regiões e classes sociais (GALINARI et al., 2015).

Apesar das dificuldades em se ampliar o acesso à internet no Brasil, dados disponíveis pelo IBGE (2018) informam que 79,1% da população brasileira tem acesso à internet em casa. Dentre os fatores mais relevantes para as pessoas que declararam não possuir acesso à internet, os que mais se destacaram foram: falta de interesse em utilizar (34,7%), o preço do serviço é inacessível (25,4%) e a falta de conhecimento em utilizar a internet (24,3%), o que caracteriza um déficit na disseminação de informações sobre

as diferentes operações que podem ser realizadas pelo meio virtual, bem como a inacessibilidade deste serviço para uma parcela da população menos favorecida em termos financeiros

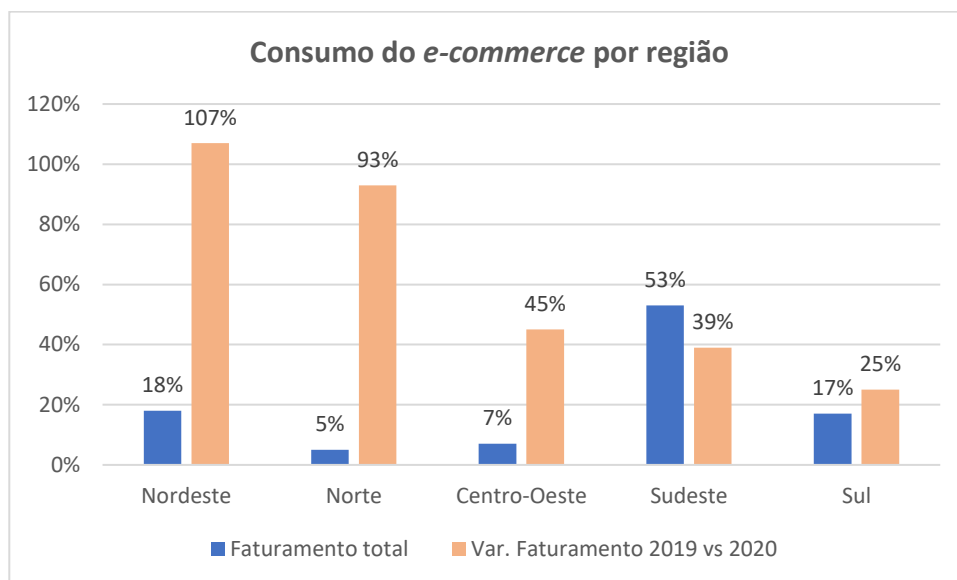


Gráfico 5. Consumo no comércio eletrônico por região do Brasil.
Fonte: Adaptado de E-bit (2020).

2.1.3. Comércio Eletrônico em Função do Porte das Cidades Brasileiras

Segundo Guimarães (2018), a classificação do porte das cidades mais utilizada pela geografia é representada por cidades de porte grande, média ou intermediária e pequena. O IBGE classifica essas três categorias de acordo com o número de habitantes, como pode ser observado no quadro 1.

Classe	População (número de habitantes)	Porte da Cidade
1	Até 5000	Pequeno
2	De 5.001 a 10.000	Pequeno
3	De 10.001 a 20.000	Pequeno
4	De 20.001 a 50.000	Pequeno
5	De 50.001 a 100.000	Médio
6	De 100.001 a 500.000	Médio
7	Mais de 500.000	Grande

Quadro 1. Classificação do porte das cidades.
Fonte: Guimarães (2018) apud IBGE (2012).

Apesar de esta classificação ser muito utilizada por diferentes autores, podem ser encontradas pequenas variações, como por exemplo considerar um intervalo de 100 a 750 mil habitantes para cidades da classe sete; ou até mesmo discussões mais profundas que afirmam que embora o tamanho demográfico das cidades seja um fator relevante

para esta classificação, deve-se considerar outros elementos para caracterizá-las (BELLINGIERI, 2018).

Comparando a perspectiva do comércio eletrônico com o porte das cidades brasileiras, é observado que para cidades de pequeno e médio porte, a comercialização de uma gama de produtos, que antes inacessível por causa de barreiras geográficas, agora se torna possível pelo fato de que os consumidores buscam por alternativas além dos comércios locais pelo meio digital (GALINARI *et al.*, 2015) . Outro fator que tem chamado atenção dos consumidores de diferentes regiões para o comércio eletrônico é o nível de personalização dos produtos, já que o avanço das TIC faz com que as empresas recolham dados das preferências de seus consumidores com mais facilidade, possibilitando o atendimento de uma demanda que vai além de suas limitações regionais (TOLEDO, 2020).

Avaliando a evolução do consumo além das esferas que representam as cidades grandes ou regiões mais desenvolvidas em termos econômicos, as cidades médias brasileiras estão se destacando por apresentar um crescente desenvolvimento em suas atividades comerciais, tornando-as atrativas para investimentos financeiros por parte de empresas privadas e órgãos governamentais (PEREIRA, 2019). Além disso, o avanço da economia em cidades de porte médio, bem como o crescimento no consumo de produtos adquiridos pelo *e-commerce*, mostram a necessidade de um bom desempenho das operações que envolvem transporte urbano de cargas, já que este é responsável tanto pela movimentação de insumos para comércios e indústrias, quanto para entregas de pacotes em regiões residenciais para pessoas físicas (FLORA, 2019).

2.2. Sistema de Distribuição de Mercadorias na Etapa de Última Milha

2.2.1. Distribuição de Mercadorias em Ambientes Urbanos

De acordo com Oliveira (2007), o sistema de distribuição urbana de mercadorias acontece, na sua grande maioria, em áreas residenciais e/ou ambientes com alta concentração de pontos comerciais, sendo estes parte de extrema importância para o desenvolvimento das cidades que estão inseridos. Entretanto, alguns aspectos negativos são evidenciados ao se observar o funcionamento deste sistema, como congestionamento de veículos, barulhos, vibrações, poluição, etc.

Visto que estes problemas, que são consequências das atividades de transporte, prejudicam o bem estar da população e dificultam a acessibilidade nas áreas urbanas, as organizações distribuidoras de bens e serviços, bem como os responsáveis pelo bom funcionamento das cidades, buscam cada vez mais por soluções logísticas que possam facilitar a distribuição de cargas, tanto para os clientes, quanto para as empresas (OLIVEIRA, 2007).

Além dos problemas gerados pela distribuição de mercadorias nas cidades, é preciso entender como o sistema de entrega das mesmas funciona. Novaes (2001) classifica este sistema de duas maneiras:

1. Distribuição “um para um”: consiste na distribuição direta da mercadoria realizada por um veículo, do seu ponto de origem até seu ponto de destino;

2. Distribuição “um para muitos”: consiste em múltiplas distribuições de mercadorias realizada por um veículo, do seu ponto de origem a vários pontos de destino.

Para Oliveira (2007), essas operações logísticas são complexas e podem envolver um ou mais centros de distribuição, de modo a buscar otimizações dos fluxos de transportes que compõe toda a cadeia, combinando os dois tipos de distribuição de cargas para facilitar o acesso de veículos em perímetros urbanos, bem como atender as exigências dos clientes.

2.2.2. Distribuição de Mercadorias B2C e Etapa de Última Milha

Alinhando os conceitos de distribuição de cargas em ambientes urbanos, esta seção descreverá como acontece as relações de mercado existentes no *e-commerce*. De acordo com Moreira (2019), existem alguns tipos de modelos de negócios que estão presente nas relações de compra e venda por meio do comércio eletrônico, são eles:

- **B2B (*Business to Business*):** são relações estabelecidas pela negociação que acontece entre duas organizações. Por exemplo: Amazon e empresas parceiras que comercializam seus produtos através da sua plataforma de vendas online. É vantajoso tanto para empresas menores, por ter acesso a uma grande rede de comercialização por meio da internet; quanto para a empresa maior, que terá a oportunidade de oferecer uma grande variedade de produtos aos seus clientes.
- **B2C (*Business to Consumer*):** é a relação de compra e venda que acontece entre o vendedor e o cliente por meio do *e-commerce*. Representada por exemplos como Magazine Luiza, Americanas, ou qualquer outra loja de varejo em que, enquanto pessoas físicas, as pessoas adquirem diversos produtos e serviços; e portanto, as empresas vendedoras são responsáveis de encaminhá-los até as residências dos consumidores finais.
- **B2G (*Business to Government*):** representadas pelas relações entre empresas e órgãos governamentais, o B2G pode ser observado em exemplos como compras de matérias primas para obras por meio de licitações, situação comumente encontrada na gestão de recursos públicos, uma vez que objetivo de negócios dessa natureza é retornar à operação de menor custo.
- **C2C (*Consumer to Consumer*):** esta relação é representada quando há uma troca ou aquisição de algum bem ou serviço sem intervenção de um agente privado. Pode ser observada em casos como a OLX ou em leilões online, onde ambas as partes interessadas são pessoas físicas. Entretanto, pode ser que exista sim a presença de um terceiro agente, desde que este seja para intermediar a negociação e não seja uma pessoa jurídica.

Como discutido nas seções anteriores, há indícios de um forte crescimento na demanda por entregas online previsto para os próximos anos, logo, as operações logísticas que representam o modelo de negócios B2C se tornarão mais evidentes. As lojas virtuais, portanto, são responsáveis não só por administrar a fabricação de seus produtos, mas também pelo transporte dos mesmos, sendo este terceirizado ou não; fazendo com que os vendedores tenham contato diretamente com os clientes finais em

todo o processo de envio dos produtos a partir do momento em que a compra é efetuada (OLIVEIRA, 2007).

A última milha, segundo Van Duin *et al.* (2015), é a etapa do TUC que é responsável pela entrega dos produtos às residências dos clientes, e pode ser descrita também pelas consequências das relações B2C. Este caso pode ser desenhado quando se trata de produtos adquiridos por meio do comércio eletrônico, uma vez que as empresas que atendem neste ramo têm a função de, na maioria das vezes, enviar seus produtos diretamente aos seus consumidores.

O sistema de entrega de produtos adquiridos via *e-commerce* no Brasil funciona conforme ilustrado na figura 1. O problema da última milha, surge então, a partir do momento em que viagens excessivas são realizadas para que as empresas transportadoras consigam entregar seus produtos aos clientes finais, podendo haver várias tentativas de entrega ou até mesmo a falha da mesma (VAN DUIN *et al.*, 2015).

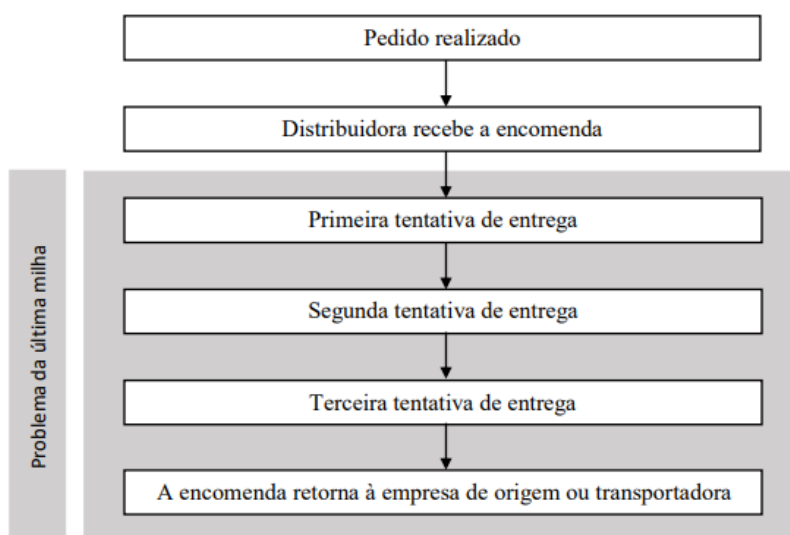


Figura 1. Sistema brasileiro de entregas de mercadorias oriundas do *e-commerce*.
Fonte: Pereira (2019).

Moroz e Polkowski (2016) apontam a existência de alguns problemas logísticos que são provenientes do TUC na última milha, como por exemplo: diferentes pontos de entrega de pacotes, ausência do cliente no momento da entrega, dentre outros não menos importante que serão discutidos na próxima seção.

2.2.3. Problemas Oriundos da Distribuição na Etapa de Última Milha

Uma vez que a maior parte dos consumidores do comércio eletrônico prefere optar pelo modelo tradicional de entregas para receber seus pacotes (entregas assistidas à domicílio, ou EAD), eles escolhem pelo modelo menos eficiente em termos operacionais, quando se observado pela perspectiva da empresa transportadora (OLIVEIRA *et al.*, 2017). A última milha pode ser caracterizada como a parte mais cara e complicada da cadeia de distribuição, apresentando impactos negativos sobre a poluição e congestionamento em áreas populosas (CARDENAS, 2017).

Para Oliveira *et al.* (2018), a demanda por serviços de transportes em ambientes urbanos acentua os problemas relacionados a última milha, incluindo emissão de gás

carbônico, poluição sonora e geração de ruídos, gases que colaboram com o efeito estufa e poluição atmosférica, além de apresentar maior risco para segurança de pedestres ou de outro condutor, uma vez que quanto maior a quantidade de veículos nas vias, maior a chance de acontecer um acidente.

Em seu outro trabalho, Oliveira (2018) et al. afirmam que a utilização de veículos de grande porte, como caminhões e carretas, para realizar entregas em determinadas regiões que não é permitida a circulação dos mesmos, mostrando que além das desvantagens em relação à sustentabilidade, veículos pesados possuem limitações quanto as regiões que podem transitar.

Não se pode deixar de avaliar o fato de que alternativas diferentes do modelo de padrão de entregas estão começando a se consolidar no mercado, o que é ruim quando se observa as consequências da falta de informação sobre sua existência, usabilidade, vantagens, etc.; já que os clientes consideram uma alternativa viável para retirada de suas encomendas se souberem que ela é mais sustentável se comparada ao modelo padrão, como Ignat & Chankov (2020) mostram em seu trabalho.

Diversos autores avaliam as vantagens em utilizar práticas e iniciativas que minimizam ou contornam os problemas oriundos do TUC, onde estas serão discutidas no próximo tópico.

2.2.4. Práticas e Iniciativas de *City Logistics* para Entrega de Mercadorias na Etapa de Última Milha

Segundo Taniguchi et al. (2001) *City Logistics* podem ser caracterizadas como a busca pela otimização das atividades de transporte e logística que contemplam a distribuição de mercadorias em centros urbanos. Essas atividades são realizadas por empresas públicas ou privadas, por meio de um sistema de transporte elaborado que possa oferecer um serviço de entregas que leve em consideração, desde questões como comportamento do tráfego, até questões econômicas dessa estrutura de mercado.

Já em Taniguchi (2014) o autor afirma que existem quatro partes interessadas nas iniciativas das *City Logistics*: empresas transportadoras; veículos transportadores; administradores; consumidores. Para ele, a coordenação e a harmonia dessas quatro variáveis são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento de um ambiente urbano que seja sustentável e habitável.

Montecinos (2020) cita que *City Logistics* está diretamente ligada a transportes de última milha. O autor afirma que com o aumento do consumo através do comércio eletrônico e com as exigências do consumidor em relação ao transporte de suas mercadorias, levaram as empresas a oferecerem um serviço de entregas além do tradicional, criando serviços novos e de valor agregado.

De acordo com Souza (2020) foram encontradas seis iniciativas de transporte na última milha que vem aparecendo em trabalhos acadêmicos como soluções de entrega diferentes do modelo tradicional (por vans ou caminhões). São elas:

- Bicicleta/triciclo elétrico: transportam pequenas encomendas e não apresentam grandes desvantagens em relação a automóveis (quando considerado pequenas distâncias). Têm custos baixos se comparado a outros meios de transporte e

atualmente são utilizadas para transporte de alimentos e documentos, além de serem uma alternativa mais sustentável para o meio ambiente (SOUZA, 2020)

- Drones: aeronaves autônomas de partida vertical que transportam até 15kg de carga até seu destino. É uma solução ideal para transportar rapidamente encomendas que precisam de ser entregues com urgência e em locais de difícil acesso de veículos automotores e bicicletas, como áreas rurais ou regiões de baixa densidade populacional, por exemplo. Apesar de suas desvantagens, como limite do peso de carga e necessidade de uma área especial para pouso (2m²), o uso de drones se tornou popular para transporte de cargas nos últimos anos, para realizar entregas de alimentos e produtos farmacêuticos (ELSAYED; MOHAMED, 2020).
- *Crowdsourcing*: consiste em uma rede de motoristas, na qual qualquer pessoa habilitada para conduzir um veículo pode se cadastrar e fazer pequenas entregas em regiões residenciais. Geralmente utilizada por taxistas e motoristas de empresas particulares, este modelo tem como vantagem repassar um baixo custo de entrega para o consumidor, apesar de apresentar problemas de qualidade de entrega e confiabilidade (GRABENSCHWEIGER et al., 2021).
- Pontos de Coleta e Entrega (PCE): conhecidos também como *Pick-Up Points*, são estações fixas instaladas em locais estratégicos, para que os clientes que adquirirem seus produtos pela internet possam retirá-los por conta própria, reduzindo as falhas nas tentativas de entrega e minimizando a quantidade de veículos nas vias. Os PCE's podem variar em: não-automatizados (necessidade de uma pessoa para operar na estação em horário específico) e automatizados (sem a necessidade de operador e horário de funcionamento mais flexível) (PEREIRA ET AL., 2019).
- Veículos autoguiados (AVG's): são veículos que se movimentam sem a necessidade de intervenção humana. Ainda é necessário um entregador que pode realizar outras operações na parte interior do veículo. Acredita-se que ainda não é uma alternativa viável em termos financeiros (SOUZA, 2020).
- Modelo padrão de entregas: um entregador recolhe os pacotes em um centro de distribuição e dirige os produtos até os locais de entrega. Apresenta comodidade aos clientes, uma vez que estes recebem seus produtos em sua própria residência, porém não é uma alternativa eficiente, sabendo da possibilidade de os pedidos não serem entregues, devido a alguns fatores como a ausência dos recebedores, por exemplo; e nem a alternativa mais sustentável, pois utiliza de veículos movidos a combustão (como vans e caminhões baú) para realizarem suas tarefas (SOUZA, 2020).

No quadro 2 pode-se observar as vantagens de cada alternativa de city logistics citada anteriormente.

Nota-se que cada uma das práticas de entrega possui características vantajosas quando comparadas individualmente, entretanto cada uma delas também têm suas desvantagens. Segundo Souza (2020), todas as alternativas apresentam problemas quanto ao limite de dimensões de mercadorias, uma vez que elas não são capazes de transportar cargas pesadas e volumosas, ou problemas quanto ao limite de distâncias percorridas em casos de transporte por meio de bicicletas ou de drones.

Já que os pontos de coleta e entrega apresentaram diversas vantagens em relação as demais alternativas de *city logistics* (quadro 2), a próxima seção trará uma discussão mais aprofundada sobre o assunto.

Iniciativa de Entrega	Redução da distância percorrida	Redução do consumo de combustível	Redução de Custos na Entrega	Redução de geração de ruído	Redução de Congestionamento	Redução de Tempo de Transporte	Redução de Viagens Perdidas
Bicicleta/Triciclo	X	X	X	X	X	X	
Crowdsourcing			X				
Drones	X			X	X	X	
Entrega na mala do carro	X	X					X
Pontos de Coleta	X	X	X	X	X	X	X
Veículos Autônomos		X		X			

Quadro 2. Iniciativas de entrega na última milha.
Fonte: Adaptado de Souza (2020).

De acordo com Macioszek (2018), existem, além das iniciativas, práticas de transporte de encomendas na última milha que podem ser utilizadas para minimizar os problemas que surgem nesta etapa, são elas:

- Entregas noturnas: podem ser utilizadas para minimizar os ruídos produzidos pelos veículos entregadores, bem como podem contar com um fluxo de trânsito mais fluido, já que no período da noite ou da madrugada, existem menos veículos automotores transitando nas vias;
- Transporte intermodal: transfere parte das entregas que são naturalmente realizadas por carros, vans e caminhões para um outro método de transporte, como ferroviário por exemplo. Para este caso, entretanto, as regiões urbanas devem ser equipadas com as vias necessárias para operação de um trem de carga;
- Faixas multifuncionais: faixas que separam o mesmo tipo de veículos em vias diferentes, onde os caminhões e veículos de carga podem circular em faixas de trânsito que proíbem o trânsito de veículos particulares, fazendo com que o trânsito de maneira geral seja mais fluido;
- Centros de micro consolidação: é um centro localizado estrategicamente em um ponto da cidade, onde as entregas são direcionadas para veículos que apresentam características ecologicamente mais sustentáveis, como transporte por bicicletas ou veículos elétricos, por exemplo.

Ainda para Macioszek (2018), as boas práticas de entrega, juntamente com demais elementos que visem a otimização das operações logísticas contribuem com a

melhoria contínua do transporte em regiões urbanas, e conseqüentemente proporcionam melhor qualidade de vida para população e melhores resultados nos âmbitos operacionais e econômicos.

2.3. Pontos de Coleta e Entrega

2.3.1. Pontos de Coleta e Entrega no Contexto Mundial

Visto a existência de alguns problemas que podem acontecer na entrega de pacotes adquiridos via *e-commerce*, como o atraso nas entregas, ou o insucesso das mesmas devido à ausência do recebedor, diversos países têm adotado alternativas de entregas por meio dos pontos de coleta e entrega para superar essas dificuldades (MOROZ e POLKOWSKI, 2016).

Os pontos de coleta e entrega funcionam como estações fixas em que as transportadoras direcionam diversos produtos referentes às compras realizadas por meio do comércio eletrônico, onde os próprios consumidores se dirigem até estas instalações para retirá-los (IWAN. et al., 2016). Com isso, a transportadora garante que os pedidos vão ser entregues logo na primeira tentativa, já que esta irá apenas deixar as encomendas no PCE, reduzindo seus custos gerais com as operações de transporte, podendo oferecer aos clientes descontos no preço do frete, bem como reduzir os prazos de entregas (ALVES et al., 2019).

Estudos sobre implementação de PCE's aparecem em diversas regiões do mundo. Lachapelle *et al.* (2018) apresentam avaliações de possíveis locais para instalação de PCE's em cinco cidades do sudeste da Austrália, e concluem que há preferências por regiões com maior poder de compra e acesso à internet, além de afirmarem que estes dispositivos atendem os objetivos de cidades cada vez mais sustentáveis. Já em Zhang *et al.* (2018), os autores avaliam a viabilidade de utilizar bicicletas e PCE's como alternativa de entregas de mercadorias na última milha em Berlim. Eles mostram que ambas as alternativas reduzem os custos com transporte e deixam evidente que modelos computacionais podem auxiliar em avaliações para este tipo de caso. Por fim, em Morganti *et al.* (2014), as autoras discutem os benefícios da implementação de PCE's no cenário europeu (em específico na Alemanha e na França) e concluem que o dispositivo traz ganhos não só para os clientes, mas também para empresas transportadoras, que podem trabalhar com uma frota de veículos otimizada, reduzindo custos com combustíveis e emissão de poluentes.

2.3.2. Pontos de Coleta e Entrega no Contexto Brasileiro

Um dos primeiros estudos sobre pontos de coleta e entrega no Brasil foi realizado por Oliveira et al. (2017) em Belo Horizonte, Minas Gerais, onde os autores aplicam uma análise potencial de demanda para o serviço de entregas por meio de PCE's. Eles concluem que é viável a implementação desta alternativa, porém algumas questões como segurança e localização foram apontadas como fator de relevância para a escolha do método de entrega pelo consumidor brasileiro.

Em Oliveira et al., (2018) os autores abordam a possibilidade de se instalar os PCE's em agências bancárias da Caixa Econômica Federal, em Belo Horizonte e concluem que 93% da população seria atendida pelo serviço em um raio de até cinco quilômetros e que 18% da população seria atendida em um raio de até um quilômetro.

Os autores afirmam que questões como a proximidade dos PCE's a áreas de comuns de circulação de pessoas devem ser levadas em consideração, uma vez que isto facilitaria a utilização deste serviço por parte da população.

Já Pereira et al., (2019) avaliam a utilização de PCE's em uma cidade do interior de Minas Gerais e enfatizam a necessidade da difusão de informações sobre este tipo de entrega no Brasil, visto que ele ainda é pouco difundido no país, e que isto pode despertar interesse aos consumidores, onde este terão a oportunidade de conhecer uma alternativa de entrega que é mais sustentável e pode acarretar em um menor custo de transporte para os clientes finais.

A empresa responsável pelo serviço de entregas de correspondência no Brasil, os Correios, começou no ano de 2020 a difundir este modelo de distribuição no país por meio de PCE's automatizados, realizando projetos em Brasília (CORREIOS, 2020). A organização promete comodidade e praticidade nos serviços de entregas, sem custos adicionais para os clientes. A figura 2 mostra um exemplo de um PCE automatizado dos Correios em seu dia de inauguração.



Figura 2. PCE automatizado dos Correios.

Fonte: Correios (2020).

Silva, (2018) conclui em seu trabalho que a implementação de PCE's no cenário brasileiro é de fundamental importância para redução de custos de transporte na última milha, uma vez que este representa de 13% a 75% do custo logístico total das operações de entrega. Além disso, ele mostra que os benefícios que são oferecidos aos clientes, como redução no prazo de entrega, bem como a redução no preço do frete, são fatores de relevância para a adesão do PCE de acordo com a opinião dos consumidores brasileiros.

2.3.3. Pontos de Coleta e Entrega Não-Automatizados

Os pontos de coleta e entrega caracterizados como não automatizados são estações fixas que, na maioria dos casos funcionam em horário comercial e se localizam dentro de empresas ou estabelecimentos de diversos seguimentos, como drogarias, supermercados, lojas de conveniência, entre outros (SILVA, 2018). A figura 3 apresenta um exemplo de um PCE instalado em um dos supermercados da Albert Heijn, na Holanda.



Figura 3. *Pick Up Point* da Albert Heijn na Holanda.
Fonte: Distrifood (2013).

Existem também pontos de coleta e entrega que possuem agências próprias para este tipo de serviço. A figura 4. (a) ilustra esta situação com outro caso da Albert Heijn na Holanda; já figura 4. (b) apresenta um PCE da empresa Jumbo, rede de supermercados também holandesa.



Figura 4. (a) *Pick Up Point* da Albert Heijn. (b) *Pick Up Point* da Jumbo.
Fonte: Bergen (2012) e Twikle Digital Commerce (2016).

Além disso, os PCE's podem ser também agências que disponibilizam tanto entregas assistidas por meio de um operador, quanto entregas através de armários automatizados, como é o caso da empresa americana de distribuição de mercadorias Doodle (SILVA, 2018). A figura 5 mostra um exemplo desta aplicação.



Figura 5. *Pick up Point* e estação de entrega automatizada da Doddle.

Fonte: Silva (2018)

2.3.4. Pontos de Coleta e Entrega Automatizados

Os PCE's automatizados, conhecidos também por *Delivery Lockers*, *Smart Lockers* ou apenas *Lockers*, são terminais interligados com os sistemas das empresas transportadoras através da IoT (*Internet of Things* – Internet das coisas), localizados em estabelecimentos de uso comum da população, onde os produtos adquiridos via *e-commerce* são armazenados em um determinado período de tempo até que os consumidores retirem suas encomendas (FAUGERE; MONTREUIL, 2016).

De acordo com Faugere e Montreuil (2016), a grande diferença de um DL para um PCE não automatizado é a ausência das interações humanas, uma vez que eles são automatizados e podem ser acessados a qualquer momento do dia, já que o horário convencional de funcionamento do comércio deixa de ser uma restrição para este tipo de entrega, dependendo da localização em que os terminais estão instalados, seja em espaço público ou privado. A figura 6 mostra um exemplo de um DL da empresa Amazon, onde nota-se diferentes tamanhos de gavetas que comportam, tanto produtos de tamanho pequeno quanto produtos maiores e mais volumosos.



Figura 6. *Delivery Locker* da Amazon.

Fonte: Silva (2018)

Há também DL's que possuem funções especializadas para determinados tipos de produtos, como por exemplo, compras de supermercado que contenham itens que precisam de um ambiente refrigerado para serem armazenados (SILVA, 2018). A figura 7 mostra um exemplo desta aplicação de um DL da empresa Omnion.



Figura 7. *Delivery Locker* com sistema de refrigeração da Omnion.
Fonte: Silva (2018)

Iwan et. al, (2016) faz um comparativo entre as características de um PCE e um DL, que pode ser observado no quadro 3. Nota-se que as principais diferenças de um DL sobre o PCE estão relacionadas com os horários de funcionamento dos mesmos, assim como os tipos de produtos que são armazenados em ambos os casos.

	DL	PCE
Quem cobre a etapa de última milha?	Cliente	Cliente
Tipos de Produtos	Pacotes comuns e mantimentos	Mantimentos
Entregas falhas	Praticamente nenhuma	Praticamente nenhuma
Janela de entrega	Horário da transportadora	Horário do PCE
Horário de coleta de mercadoria	24 horas	Horário do PCE
Tempo para entrega (<i>drop off time</i>)	Muito curto	Muito curto
Investimentos iniciais	Médio	Baixo/Médio
Custo de entrega	Baixo	Baixo
Problemas operacionais	Viagens dos clientes para coleta	Viagens dos clientes para coleta
Redução nas atividades de veículos transportadores	Grande redução	Grande redução

Quadro 3. Comparativo entre PCEs e DLs.
Fonte: Adaptado de Iwan et al., (2016).

Além das características de funcionalidade dos DL's, Van Duin et al., (2020) afirmam que estes podem ser encontrados em diferentes tamanhos e proporções, uma vez que cada DL deve ser projetado para atender uma demanda específica de clientes. A tabela 1 classifica o tamanho dos DL's em função de suas dimensões físicas.

Tabela 1. Dimensões de um DL.

Classe	Médio	Grande	Extra Grande
Largura (mm)	410	410	410
Comprimento/profundidade (mm)	525	525	525
Altura (mm)	242	502	758

Fonte: Adaptado de Van Duin et al. (2020)

As operações realizadas pelas transportadoras para entrega dos produtos que serão encaminhados a um DL podem ser classificadas, de acordo com Faugere e Montreuil (2016), da seguinte maneira:

1. Inserir dados de credenciais da empresa transportadora;
2. Inserir dados de endereço e informações do cliente;
3. Escolher um compartimento disponível para armazenar o produto;
4. Digitalizar as informações do pacote;
5. Armazenar o produto, trancar o compartimento e confirmar a entrega.

Além disso, para Faugere e Montreuil (2016), existem as etapas que são de responsabilidade do consumidor nesta operação, que são:

1. Fazer login no DL usando as informações enviadas pela empresa transportadora pelo meio de comunicação escolhido (SMS, e-mail, telefonema);
2. Pegar o pacote e conferir se os dados estão de acordo com o produto que foi adquirido na compra.

No trabalho de Iwan et. al., (2016) sobre os impactos de entregas realizadas por DL's da empresa InPost, na Polônia, eles mostram que estes dispositivos reduzem os custos de fretagem provenientes das operações de transporte de cargas em ambientes urbanos, o que é um fator crucial para a escolha deste tipo de entrega do ponto de vista do consumidor. Além disso, os autores apontam que o fator de eficiência de maior importância para esta operação é a localização do DL, uma vez que os clientes buscam por estabelecimentos que sejam próximos às suas casas e/ou local de trabalho, e que disponham vagas para estacionamento de seus veículos particulares.

2.3.5. Dificuldades Encontradas na Instalação de PCE's

A localização de um PCE (automatizado ou não) pode variar de acordo com as necessidades dos clientes ou da região em que ele opera (KEDIA ET. AL 2017). Podem ser instalados em locais de uso comum da população, como supermercados, farmácias, lojas de conveniência, academia, bancos, lotéricas, postos de gasolinas, proximidade a rodovias, entre outros não menos importantes; com o intuito de estar presente em determinado estabelecimento em que as pessoas tem o hábito de frequentar em seu dia-a-dia, para que elas possam retirar seus produtos sem sair da sua rotina (SILVA, 2018).

Kedia et. al (2017) afirmam que além de analisar as características dos espaços em que serão instalados os PCE's, é necessário avaliar alguns aspectos que dizem respeito a região que eles serão inseridos, como dados censitários, geográficos, comportamento do tráfego, dentre outros, que diferem de país para país; além de considerar também, atributos referentes a população consumidora, como seus hábitos de consumo, preferências, exigências, etc.

Diferentes fatores podem ser decisivos para que um consumidor queira receber seus produtos em um PCE. Em Alves et al. (2019), os autores afirmam que entregas fora do horário comercial podem ser atrativas para aqueles que não estão, ou não podem estar, presentes em suas residências durante o dia, evidenciando uma característica positiva de um PCE automatizado.

Deutsch e Golany (2018) citam que a infraestrutura do estabelecimento que disponibiliza entregas por PCE's também é um fator de decisão para o cliente, uma vez que os armários se diferem em tamanho e outras particularidades que implicam no não recebimento de produtos volumosos, pesados ou que necessitem de armazenamento especial até o momento da coleta.

Alguns trabalhos atribuem como uma das maiores dificuldades quando se pensa em instalar um PCE ou um DL, definir qual a localização ideal para que ele satisfaça as necessidades dos clientes e das transportadoras. Em Alves et al. (2019) evidencia-se a necessidade de se pensar estrategicamente na localização dos DL's, pois é ideal que eles estejam dispostos o mais próximo possível das residências dos consumidores, proporcionando a retirada de produtos sem a utilização de veículos motorizados, tornando-se uma alternativa mais sustentável em termos ambientais e econômicos. Já em Xu et al., (2021), para minimizar problemas provenientes da localização de DL's, os autores desenvolveram um modelo matemático que busca pelo lugar ideal para sua instalação de acordo com dados de compras adquiridos pelo histórico do consumidor, direcionando seus produtos para o dispositivo mais próximo dos mesmos, para que eles desviem o mínimo possível de seu trajeto diário. Por conseguinte, Deutsch e Golany (2018) afirmam que um DL bem localizado impacta positivamente nos custos das operações de transporte, gerando maior lucro para as empresas transportadoras através da redução do número de entregas falhas, oferecendo segurança e conforto ao público consumidor.

Yuen et al. (2018) analisam o comportamento dos clientes em relação a escolha de um modelo de entrega através de um PCE ao invés do modelo tradicional, e concluem que para o sucesso dessa prática também são necessários investimentos em marketing e divulgação por parte das transportadoras, para que os clientes tenham conhecimento sobre a existência desta possibilidade, bem como de seus benefícios, como menor custo do frete, por exemplo, induzindo-os a escolher a entrega por essa alternativa.

Por fim, Van Duin et al., (2020) mostram que a utilização de DL em entregas de última milha é benéfica, porém questões de infraestrutura, assim como problemas que envolvem sua localização, são fatores que devem ser determinados com a maior precisão possível para que estes sejam eficientes e que técnicas de modelagem e simulação podem ser ferramentas de auxílio para estas decisões.

2.4. Análise de Decisão Multicritério

2.4.1. Análise Multicritério como Auxílio a Tomada de Decisões

Bana e Costa (1993) afirmam que as Análises de Multicritério de Apoio à Tomadas de Decisão (MDCA) são ferramentas ideais para resolver dilemas que aparecem em diferentes ocasiões que gestores e organizações estão sujeitos a encontrar em seu dia-a-dia, onde estas apresentam características que impossibilitam a busca pela solução ótima, e os conduzem para a solução mais adequada para cada caso em especial.

Um problema de decisão é baseado em um conjunto de alternativas finitas $A: \{a, b, c, \dots\}$ e um conjunto de critérios de julgamento $C: \{1, 2, k\}$. Definido quais são as alternativas e critérios, são geradas matrizes de decisão $V: \{V_k(a)\}$, onde o objetivo é fazer a comparação dos critérios em função de cada alternativa. Geralmente os critérios são julgados de maneira cardinal e para os casos de critérios julgados de forma ordinal, utiliza-se escalas para conversão e normalização dos valores para o formato cardinal (FREIRE et al., 2018).

Estudos em diversas áreas envolvem aplicações da análise multicritério como auxílio a comunidade científica para tomada de decisões. Realizando uma pesquisa na base de dados do Scopus Elsevier (2021), utilizando as palavras-chave “multicritério” ou “multicriteria” foram encontrados mais de 18 mil trabalhos, onde cerca de quase 4 mil foram publicados no ano de 2019 em diante (vide gráfico 6). Logo, pode-se perceber que apesar de esta técnica ser antiga, onde os primeiros trabalhos começaram a surgir no fim da década de 60 e início da década de 70, ela ainda é utilizada nos dias de hoje.

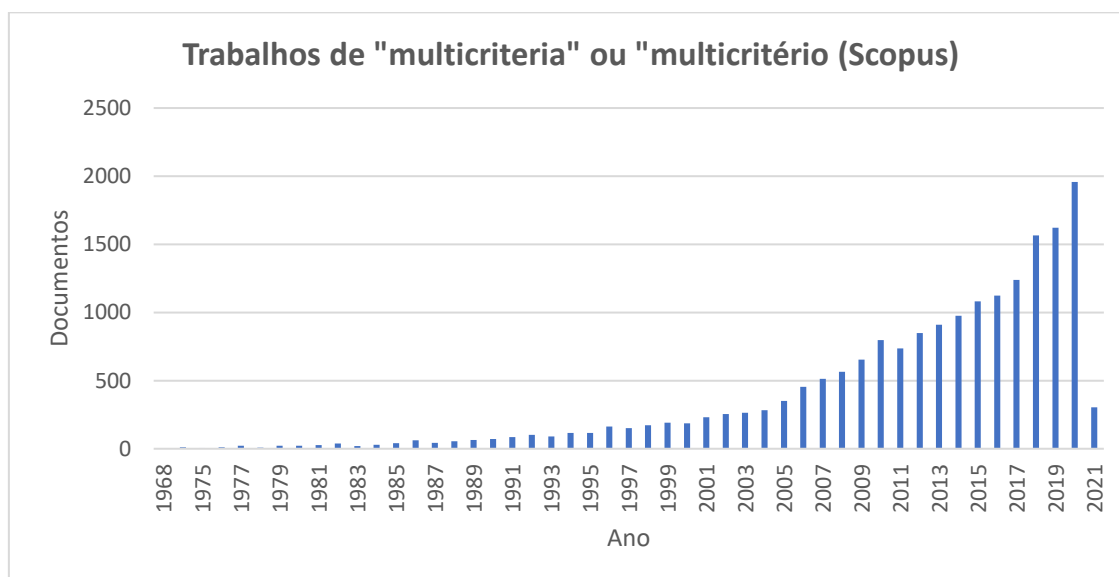


Gráfico 6. Trabalhos que envolvem análises multicritério.
Fonte: Scopus (2021).

Trabalhos como de A. Aza et. al, (2021), mostram aplicações da análise multicritério nas áreas de agricultura e biologia, onde os autores utilizam a técnica para ranqueamento de serviços ecossistêmicos em três regiões do Rio de Janeiro. Em Xiao (2020), o método multicritério é avaliado sob a ótica de modelos computacionais que consegue diminuir as incertezas causadas pelas subjeções humanas e melhorar as

tomadas de decisões. Estas técnicas também podem ser aplicadas no ramo de investimentos financeiros, como mostram Yuan et al. (2019), ranqueando os critérios de maior impacto em investimentos de usinas termelétricas movidas a carvão.

Situações que envolvem a escolha de um determinado lugar ou região mediante a diversas opções também são encontradas em modelos de multicritério, como em Wissem et. al. (2011), onde os autores buscam escolher um local ideal para a construção de um novo hospital em Sfax, na Turquia; ou em Farhate et al. (2017), onde avalia-se a escolha de uma nova região para construção de parques industriais no Marrocos.

2.4.2. Aplicações de MDCA para Problemas de Localização

As técnicas de análises multicritério estão presentes em estudos que envolvem problemas de localização e desenvolvimento de ambientes urbanos. Em Myagmartseren et. al. (2017), foi realizada uma pesquisa com o intuito de delimitar novas áreas para planejamento urbano na cidade de Ulaanbaatar, capital da Mongólia. Os autores fazem uso de avaliações multicritério para identificar quais são os fatores de maior relevância para o projeto, além disso, eles mostram que as técnicas de MDCA combinadas com avaliações realizadas em *softwares* de sistemas de informação geográficas (SIG), podem ser de grande utilidade para o desenvolvimento de projetos em áreas urbanas.

Outro exemplo da utilização de técnicas MDCA combinadas com SIG pode ser observado em Norstebo et al. (2020), onde os pesquisadores buscam por uma localização adequada para criação de um novo cluster industrial bioeconômico na Noruega, que deve ser avaliada com precisão para melhor utilização dos recursos biológicos. Os autores afirmam que esta combinação é promissora, uma vez que definir a localização de um centro industrial é um fator importante para projetos que desejam avaliar a disponibilidade de recursos, acessibilidade e demais características que variam de região para região.

Com o surgimento de veículos movidos a energia elétrica é necessário que os países se preocupem com a localização de novas estações de recarga de bateria para satisfazer a demanda dos usuários deste tipo de transporte, logo a MDCA foi uma ferramenta de apoio para que Csiszár et al. (2019) pudessem realizar este trabalho que foi desenvolvido na Hungria. Outra aplicação de problemas de localização que envolvem métodos MDCA's pode ser observada em Szafranko (2017), onde os autores procuram um lugar ideal para a construção de um local de tratamento térmico de resíduos utilizando três métodos multicritério diferentes. Já Geri et al. (2017) procuram estabelecer locais para serem atendidos por usinas de energia provenientes da biomassa no interior da Itália por meio da MDCA, utilizando a abordagem do método multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

Por fim, Wigati et al. (2019) realizaram uma revisão bibliográfica sobre trabalhos que envolvem aplicações de MDCA em problemas de localização com auxílio de *softwares* SIG e concluem que o método multicritério AHP é o modelo mais utilizado para resolução de trabalhos desta natureza. Ainda para Wigati et al. (2019), o uso de SIG para avaliação de questões que envolvem seleção de locais ainda é pouco explorado em trabalhos que envolvem cadeias de suprimentos e distribuição de mercadorias.

2.4.3. Métodos de MDCA Encontrados em Problemas de Transporte e Localização

De acordo com Barbieri e Lima (2016), existem diferentes métodos MDCA que estão presentes em trabalhos que envolvem técnicas de apoio à tomada de decisão. As autoras afirmam que eles também podem ser encontrados na literatura com adesão de outras ferramentas para melhor formulação das análises desejadas, como SIG, DEA (*data envelopment analysis*), a lógica *Fuzzy*, entre outras.

As principais técnicas multicritério utilizadas para problemas de transporte, segundo Tsamboulas e Yiotis (1999) são:

- REGIME (Edwin Hinloopen et al. 1983): método de comparação par a par por meio de superação de alternativas mediante julgamentos;
- ELECTRE (Roy, 1985; Scharlig, 1985; Szidarovszky et al. 1986): método de comparação que determina limites de concordância e discordância das avaliações.
- MAUT (Scharlig, 1985): método que determina uma função em que o tomador de decisão opta por avaliar ou não os critérios levados em consideração.
- AHP (Saaty; Vargas, 1980): método que classifica os critérios em uma estrutura hierárquica para avaliação de preferências mediante a um número de alternativas.

Para Tsamboulas e Yiotis (1999), além destes métodos de MDCA apresentados acima, existem outras metodologias multicritério na literatura (como EVAMIX ou PROMETHEE por exemplo) que, apesar de não serem ideais para casos que envolvem transporte de cargas ou pessoas, não devem ser consideradas inadequadas para problemas de outra natureza.

Diante de diversos cenários que envolvem problemas de localização, torna-se necessário observar quais métodos de MDCA são mais utilizadas em trabalhos que levantam essa discussão. Por meio da base de artigos científicos Scopus Elsevier, buscou-se pelos termos “*multicriteria*” e “*localization*” e foram encontrados 60 trabalhos como resposta. O gráfico 7 mostra os resultados da pesquisa comparando a quantidade de estudos pelo ano de publicação. Observa-se ainda a utilização de métodos multicritério nessa categoria nos últimos anos, mesmo sabendo que a data de publicação do primeiro trabalho foi em 1987.

Dentre os trabalhos obtidos, adicionou-se um filtro de pesquisa para selecionar aqueles que combinaram as técnicas multicritério com auxílio de ferramentas SIG. Logo, foram encontrados 10 artigos que abordam este assunto. O gráfico 8 ilustra os resultados encontrados, bem como a técnica multicritério que foi utilizada em cada um deles.

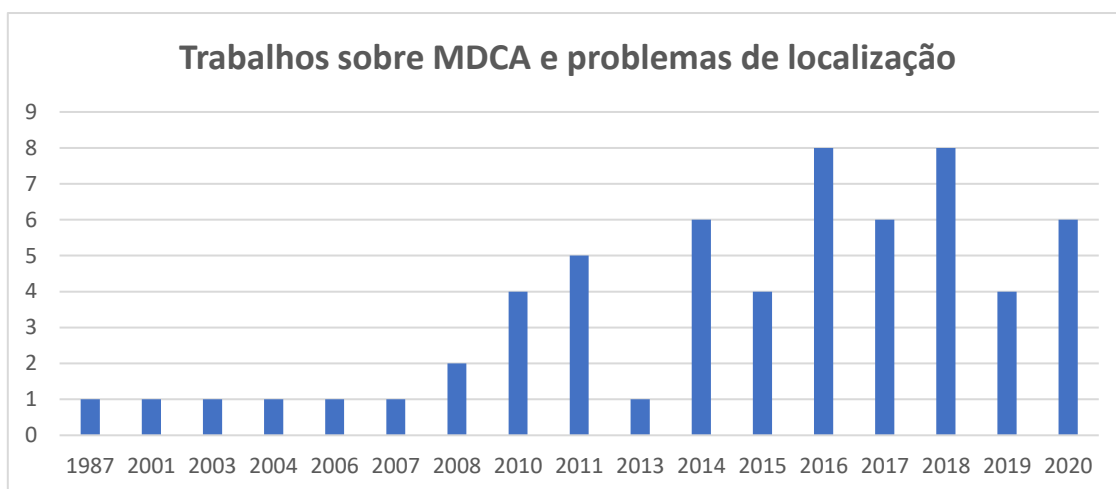


Gráfico 7. Trabalhos que envolvem MDCA e localização.
Fonte: Scopus (2021).

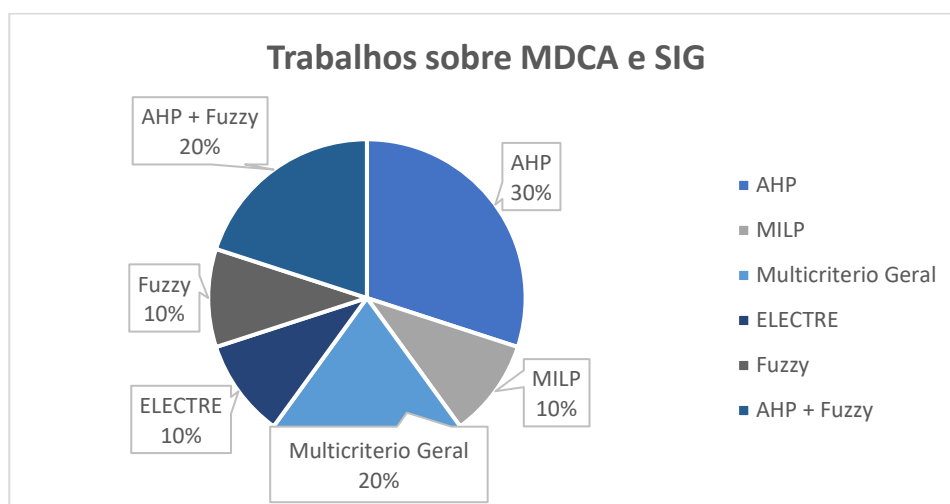


Gráfico 8. Trabalhos que envolvem MDCA e SIG.
Fonte: Scopus (2021).

Nota-se que o método AHP proposto por Saaty e Vargas, (1980) esteve presente em 50% dos casos, onde dois dos cinco trabalhos fizeram o uso da lógica *Fuzzy* como apoio para realização de suas análises e um apresentou esta técnica como principal meio para a formulação do seu problema. Não só presentes em trabalhos dos ramos da engenharia e ciências exatas, Frazão et al. (2018) mostra em seu artigo que o método AHP também é a técnica de MDCA de maior impacto nos trabalhos da área de *health care*, por exemplo.

2.4.4. Método AHP

A análise multicritério por meio do método AHP é uma técnica estruturada para auxílio de tomada de decisão em ambientes complexos que envolvem diversas variáveis e critérios que são considerados para priorização de escolha de alternativas (VARGAS, 2010)

O método AHP foi desenvolvido por Saaty e Vargas (1980) e desde então é muito utilizado para aplicações de multicritério para problemas da atualidade. Este método proporciona aos analistas a oportunidade de fazer comparações par a par quando

se deseja tomar uma decisão que envolve a escolha de uma alternativa entre as demais opções (VARGAS, 2010).

A utilização do AHP se inicia pela decomposição do problema através da hierarquização dos critérios vistos de maneira independente (vide figura 8). Desse modo as alternativas são comparadas de duas em duas, de acordo com cada critério e seus respectivos pesos, transformando as avaliações empíricas em modelos matemáticos para maior precisão na busca de uma solução ideal (SAATY, 1994).

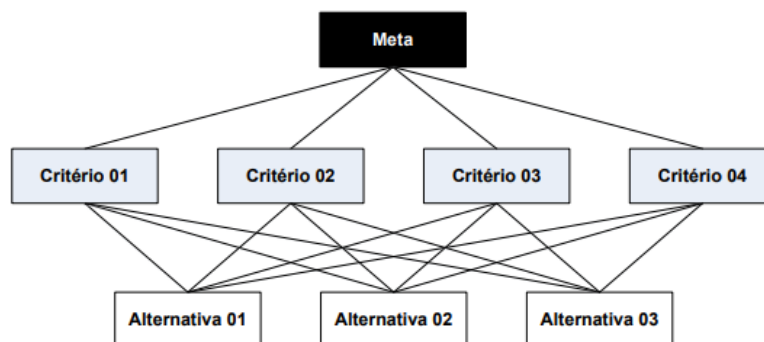


Figura 8. Processo hierárquico de acordo com o AHP.
Fonte: Vargas (2010).

Vargas (2010) afirma que a partir do momento que os pesos dos critérios forem normalizados em função de cada alternativa e as comparações foram efetuadas, uma probabilidade numérica é dada para cada opção de escolha. Logo, essa probabilidade representa a proximidade que cada alternativa tem de estar próxima da meta. Quanto maior a probabilidade, maior é a contribuição de determinada alternativa para o objetivo geral do problema.

Existem diversas escalas comparativas propostas por diferentes autores, entretanto a mais utilizada é a escala proposta por Saaty e Vargas (1980), onde os valores atribuídos para os critérios variam de 1 a 9, como visto na tabela 2. Valores intermediários (2,4,6,8) também podem ser utilizados na avaliação, entretanto é proposto a utilização de números ímpares para maior distanciamento entre os resultados.

Tabela 2. Escala de importância relativa.

Escala	Valor Avaliado	Inverso
Extremamente preferido	9	1/9
Muito forte a extremo	8	1/8
Muito fortemente preferido	7	1/7
Forte a muito forte	6	1/6
Fortemente preferido	5	1/5
Moderado a forte	4	1/4
Moderadamente preferido	3	1/3
Igual a moderado	2	1/2
Igualmente preferido	1	1

Fonte: Adaptado de Vargas (2010).

Vargas (2010) afirma que a partir disso, é construída a matriz de comparação, como mostra o exemplo da tabela 3. As avaliações são realizadas comparando-se linha com coluna, ou seja, o valor do critério A_{ij} compara a linha (i) com a coluna (j), assim

então é definido seu inverso (em vermelho). Logo, apenas a parte triangular superior da matriz deve ser avaliada, como mostra as células em amarelo na tabela abaixo. A diagonal principal sempre terá o valor 1, uma vez que não há comparação de valores sobre o mesmo critério.

Tabela 3. Matriz comparativa.

	Critério 1	Critério 2	Critério 3
Critério 1	1	3	5
Critério 2	1/3 (Inverso)	1	7
Critério 3	1/5 (Inverso)	1/7 (Inverso)	1

Fonte: Adaptado de Vargas (2010).

Definido as matrizes de comparação deve-se fazer a normalização das mesmas, somando todos os elementos da coluna (j) e dividindo cada um deles pelo resultado encontrado, conforme mostra a equação 1 (a tabela 4 ilustra o exemplo da matriz anterior normalizada) (VARGAS, 2010).

$$X = \frac{A}{\sum_{j=1}^n A_j} \tag{1}$$

Tabela 4. Matriz comparativa normalizada.

	Critério 1	Critério 2	Critério 3
Critério 1	1	3	5
Critério 2	1/3	1	7
Critério 3	1/5	1/7	1
Total (Soma)	1,53	4,14	13
Resultados			
	Critério 1	Critério 2	Critério 3
Critério 1	1/(1,53)= 0,65	0,72	0,38
Critério 2	0,22	0,24	0,54
Critério 3	0,13	0,04	0,08

Fonte: Adaptado de Vargas (2010).

Por conseguinte, calcula-se o autovetor ou vetor de Eigen, a média aritmética de cada linha (i) da tabela normalizada, como mostra a equação 2; de modo a encontrar o peso que cada critério representa para o objetivo final (a tabela 5 ilustra o resultado deste procedimento) (VARGAS, 2010).

$$M = \frac{\sum_{i=0}^n A_i}{n} \tag{2}$$

Tabela 5. Autovetor.

Critério 1	[0,65+0,72+0,38]/3= 0,59
Critério 2	0,33
Critério 3	0,08

Fonte: Adaptado de Vargas (2010).

E por fim, para Vargas (2010), é necessário avaliar a consistência dos julgamentos para confirmar se os julgamentos realizados pelos analistas são confiáveis e se podem ser utilizados como métrica para tomada de decisão. De acordo com o autor, conforme proposto por Saaty (2005), o cálculo do Índice de Consistência (CI) é dado pela equação 3, onde o λ máximo é obtido por meio do somatório do produto de cada elemento do autovetor com o somatório de cada coluna da matriz de comparação (vide tabela 6) e n é o número de critérios avaliados.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Tabela 6. Cálculo do λ máx.

Autovetor	0,59	0,33	0,08
Somatório	1,53	4,14	13
λ máx	[(0,59x1,53)+(0,33x4,14)+(0,08x13)]		

Fonte: Adaptado de Vargas (2010).

Para verificar se o índice CI é adequado, Saaty (2005) propõe a taxa de consistência (CR), que nada mais é do que a razão entre o índice de consistência CI e o índice de consistência aleatória (RI) representada pela equação 4 (VARGAS, 2010).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

Segundo Vargas (2010) os valores de RI são fixos e variam de acordo com o número de critérios presentes no problema, como mostra a tabela 7. Caso o valor encontrado em CR seja menor do que 10% os julgamentos analisados podem ser considerados consistentes (VARGAS, 2010).

Tabela 7. Índices de Consistência Aleatória (RI).

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Vargas (2010, apud. SAATY (2005)).

Para o ranqueamento das alternativas deve-se multiplicar a matriz de autovetor pelas matrizes de desempenho de cada uma delas, aquela que apresentar o maior valor é a alternativa que melhor satisfaz o objetivo do método (VARGAS, 2010).

De acordo com Linhares et al. (2017), o desempenho das alternativas pode ser encontrado com o auxílio de uma função linear que busca normalizar os pesos das

mesmas dentro do intervalo de valores 0 e 1. Para os critérios em que o menor valor deve receber maior importância, utiliza-se a função de minimização (equação 5); já para o contrário, utiliza-se a função de maximização (equação 6), onde X é o valor real da métrica, X_a é o valor mínimo ideal e X_b o valor máximo ideal (CHAN et al., 2008).

$$\mu = (X_b - X)/(X_b - X_a) \quad (5)$$

$$\mu = (X - X_a)/(X_b - X_a) \quad (6)$$

Para Lima Jr. et al. (2014), as funções de normalização são adequadas quando se deseja transformar comparações empíricas em valores numéricos, além de o método ser eficiente em aplicações em que as estruturas hierárquicas dos problemas são compostas por critérios e subcritérios, proporcionando maior confiabilidade nos resultados encontrados.

Visto que este projeto tem o propósito de escolher uma localização ideal para instalação de um dispositivo de distribuição de cargas, bem como avaliar seu impacto nas atividades de transportes em um ambiente urbano, define-se então a metodologia multicritério, em específico o método AHP juntamente com *softwares* SIG, como as ferramentas de auxílio para o desenvolvimento do mesmo. No próximo capítulo serão apresentadas informações detalhadas sobre a metodologia escolhida, bem como as diretrizes para aplicação do método AHP.

3. Metodologia

Este capítulo apresenta as classificações do método de pesquisa utilizado para a realização do trabalho, seguido das etapas de como foi estruturada a pesquisa e por último, como foi feita a coleta dos dados utilizados para o desenvolvimento e aplicações.

3.1. Método de Pesquisa

O presente trabalho foi classificado em diferentes instâncias, como: tipo, abordagem, objetivo e método de pesquisa. De acordo com Cauchick Miguel et al., (2012), o tipo ou natureza categoriza a pesquisa na sua forma metodológica de estratégias investigativas. Como o presente trabalho objetiva gerar conhecimentos através de uma aplicação prática e dirige o mesmo para a solução de um problema em específico, pode-se então considerar a natureza dele como aplicada.

Evidenciar fatores que são determinantes para ocorrência de fenômenos em um local é uma característica fundamental da pesquisa descritiva (CAUCHICK MIGUEL et al., 2012). Uma vez que o objetivo deste estudo é caracterizar e modelar hipóteses para implementação de um dispositivo em uma região, classificaremos seu objetivo então como descritivo.

Ainda segundo Cauchick Miguel et al., (2012), a pesquisa pode ser classificada em sua abordagem de maneira quantitativa ou qualitativa. Visto que o presente trabalho tem como proposta a utilização de um método matemático, que envolve cálculos e mensuração de diversas variáveis, além de traduzir números em opiniões, podemos então classificar sua abordagem como quantitativa.

Por fim, o método de pesquisa para este trabalho pode ser definido, de acordo com Bertrand e Fransoo (2002) como modelagem e simulação, uma vez que o objetivo principal do estudo é realizar de forma empírica a construção de um modelo matemático, que será baseado no método AHP de forma a representar as características de um problema real.

Como afirmam Bertrand e Fransoo (2002), uma pesquisa que envolve modelagem e simulação deve ter sua etapa conceitual bem estruturada, sucedida da construção do modelo matemático que representa a realidade do sistema a ser estudado e por fim, validada através das informações resultantes do modelo. Logo, temos que as etapas da presente pesquisa serão:

1. Conceitualização do problema de distribuição de mercadorias provenientes do *e-commerce* através de modelagem, considerando os fatores que influenciam na escolha da localização de um DL;
2. Modelagem matemática por meio da aplicação do método AHP, bem como importação e análise dos dados geoespaciais da região com auxílio de um *software* SIG;
3. Validação do modelo através de análises de consistência e sensibilidade propostas pelo método.

Respeitando esse procedimento, espera-se ranquear as alternativas avaliadas pelo método de acordo com seu grau de importância, assim como apresentar diferentes situações e as conclusões pertinentes ao trabalho.

3.2. Estruturação da Pesquisa

A pesquisa em questão foi estruturada em três etapas, como pode ser observada na figura 9, logo abaixo. A etapa 1 foi realizada para conceitualizar os problemas de distribuição de cargas e analisar quais os possíveis critérios que serão analisados na etapa seguinte. Na etapa 2, foi construída a estrutura hierárquica do método AHP, assim como a modelagem multicritério respeitando as diretrizes propostas por Saaty (1994). Por fim, a etapa 3 consistiu na geração de diferentes cenários e criação da análise de sensibilidade de modo a validar o modelo que foi construído.

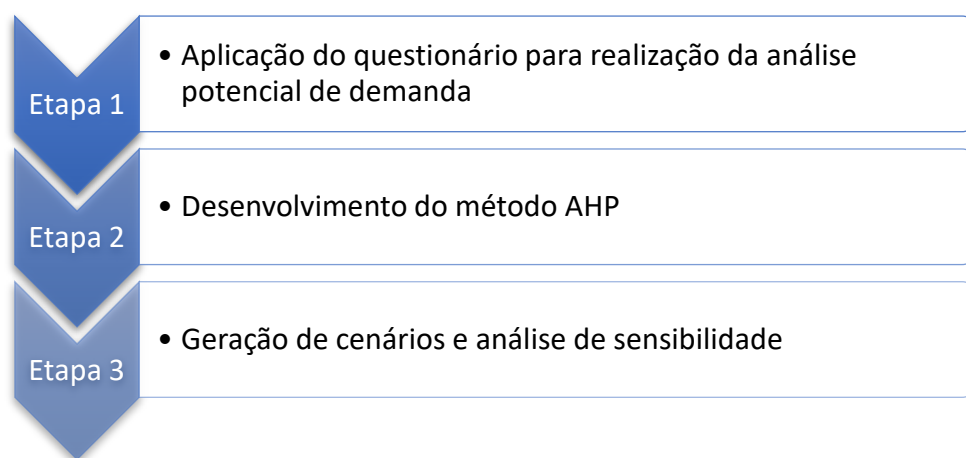


Figura 9. Etapas da pesquisa.
Fonte: Autor.

A primeira etapa do trabalho se deu pela aplicação dos questionários a residentes da cidade que foi o objeto de estudo da pesquisa: Divinópolis, Minas Gerais. Sabe-se que é necessário testar as suposições da pesquisa em um ambiente real, logo, como a proposta é avaliar a instalação de DL's em uma cidade de porte médio, opta-se por Divinópolis, uma cidade do interior mineiro que, apesar de ser relativamente nova (109 anos), é uma cidade referência no centro-oeste do estado para as demais cidades vizinhas (ESTEVEES; NOGUEIRA, 2013). Portanto, os respondentes divinopolitanos expressaram suas opiniões em relação a adesão de DL's como alternativa de entrega ao invés do modelo tradicional.

Em sequência foi iniciado o processo de construção do modelo AHP que é proposto por Saaty (1994) e foi baseado nas etapas descritas em Machado e Lima (2015) conforme a figura 10. A estrutura hierárquica representa alguns critérios que foram encontrados na literatura e avaliados por consumidores de comércio eletrônico, onde os mesmos fizeram as comparações necessárias, conforme suas preferências utilizando o método de entrevista de grupo de foco para o registro das informações. Em seguida, os resultados foram analisados e modelados por meio do AHP, ranqueando por fim, as alternativas propostas para o problema.



Figura 10. Etapas para aplicação do multicritério.
 Fonte: Adaptado de Machado e Lima (2015).

Diante dos resultados obtidos na etapa dois, percebeu-se a necessidade de analisar diferentes situações no modelo. Logo, diversos cenários foram gerados por meio da modelagem *what if*, que tem como intuito a criação de cenas hipotéticas para auxílio de modelos a tomada de decisão (KEGEL; HAHMANN; LEHNER, 2017). Também foi criada uma análise de sensibilidade para avaliar como o modelo se comportaria mediante a alteração dos pesos e parâmetros de cada critério. Com isso, foi possível discutir como a oscilação de cada critério afetaria os resultados e como a presença dos DL's impactaria na logística da entrega de produtos na cidade.

3.3. Técnica de Coleta de Dados

No presente trabalho, foram utilizadas duas formas diferentes de obtenção de dados: questionário e grupo focal. A técnica de coleta de dados por meio de questionário se dá pelo envio de uma série ordenada de perguntas a pessoas específicas, quando se deseja conhecer suas considerações sobre determinado assunto; deve ser usada para coletar um grande número de dados, economizando tempo, recursos humanos e viagens (OLIVEIRA et al., 2016). Para delimitar o perfil do consumidor de mercadorias *e-commerce*, bem como seus hábitos e preferências de consumo, foram distribuídos questionários por meio do Google Forms de forma online, a fim de se obter os dados necessários para esta parte da pesquisa.

Para Dias e Liebscher (2000), a técnica de coleta de dados por meio de grupo focal deve ser utilizada quando se deseja obter uma grande quantidade de informações de um grupo específico de pessoas sobre determinado assunto. Os autores afirmam que a quantidade de pessoas entrevistadas pode variar de seis a dez participantes selecionados com base em suas características, homogêneas ou heterogêneas, sobre o assunto a ser discutido.

Como vantagens do grupo focal nota-se a interação e as reações imediatas dos entrevistados mediante a dúvidas e questionamentos sobre o tema, e como desvantagens, destaca-se a influência de outros participantes em pensamentos individuais, assim como o constrangimento que pode ser causado a algumas pessoas que

não se sentem à vontade na presença de desconhecidos (DIAS; LIEBSCHER, 2000). Trabalhos como o de Duarte (2007) apoiam a aplicação deste procedimento de maneira remota para aliviar estes aspectos negativos, além de proporcionar maior velocidade para coleta de dados.

Visto que determinados dados para a concepção deste trabalho necessitam explorar a opinião do entrevistado sobre a funcionalidade dos DL, foi proposta a técnica de coleta de dados através de grupo focal para que o entrevistador pudesse transmitir a quantidade de informações necessária a estas pessoas que foram contatadas por meio presencial e/ou remoto. Além disso, as reações como possíveis usuários deste serviço estão diretamente ligadas com o conhecimento que os mesmos têm sobre as vantagens e desvantagem do dispositivo, logo era necessário transmitir conhecimento mínimo a eles. Os registros foram feitos em planilhas eletrônicas onde os entrevistados registraram suas preferências em relação ao assunto abordado.

O próximo capítulo apresentará a modelagem realizada com o auxílio do método AHP, os resultados obtidos, bem como a geração de cenários com o auxílio de um SIG, em específico o TransCAD e as análises de sensibilidade de acordo com os critérios analisados.

4. Modelagem para Avaliar a Instalação de DL's no Contexto de Divinópolis

Neste capítulo será descrito os resultados obtidos nas etapas apresentadas na figura 9, iniciando-se pelos resultados da análise de potencial demanda para instalação de DL's no contexto de Divinópolis. Em sequência, descreve-se a construção, os cálculos e aplicações do método AHP, como foram realizadas as gerações dos cenários com base no modelo, as análises de sensibilidade do mesmo e a discussão dos resultados encontrados.

4.1. Considerações sobre a Região Urbana de Divinópolis

Divinópolis é uma cidade média, localizada no centro-oeste de Minas Gerais, sendo considerada a cidade mais importante desta região (ESTEVES; NOGUEIRA, 2013). As principais atividades que movem a economia do município estão relacionadas com os setores siderúrgico/metalúrgico e de confecção e vestuário, além de ter papel estratégico na logística da região (SILVA et al., 2018). Além disso, Divinópolis também é reconhecida como cidade universitária, onde diversas instituições de ensino, como CEFET (Centro Federal de Educação Tecnológica), UNIFENAS (Universidade Federal de Alfenas), UFSJ (Universidade Federal de São João del-Rei), Rede Pitágoras, entre outras; desenvolvem atividades acadêmicas, bem como proporcionam a realização de eventos que contribuem para o crescimento econômico da cidade (PREFEITURA DE DIVINÓPOLIS, 2021).

De acordo com dados do IBGE (2020), a área territorial da cidade é de aproximadamente 708 km² e a população estimada no ano de 2020 foi de pouco mais de 240 mil habitantes. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) no último censo realizado em 2010 pelo IBGE foi de 0,764, um valor 11% maior do que o do censo feito em 2000. O PIB per capita do município no ano de 2018 foi de 27,4 mil reais, onde os números que representam este indicador estão em constante crescimento, evidenciando o desenvolvimento econômico da cidade nos últimos anos, conforme pode ser observado no gráfico 9 logo abaixo.

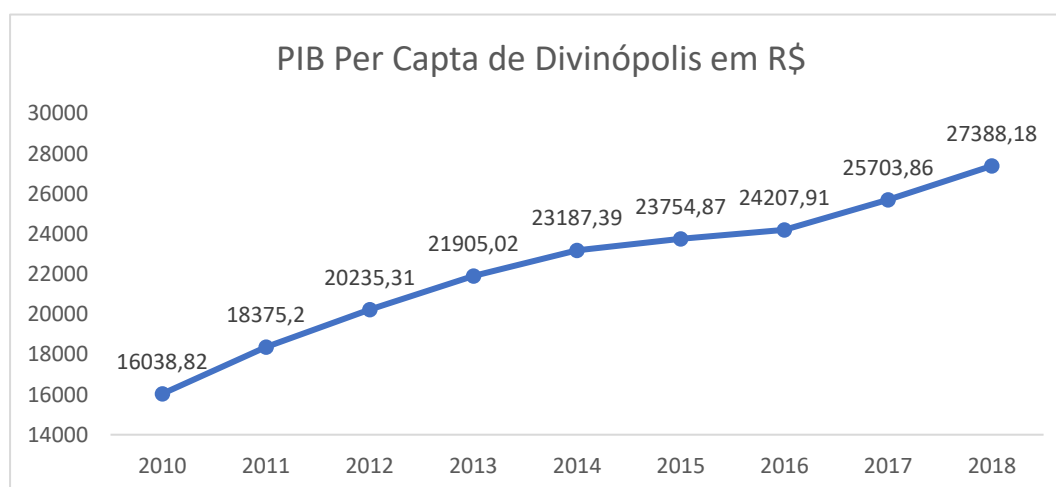


Gráfico 9. PIB Per Capta de Divinópolis.
Fonte: IBGE (2020).

Segundo Esteves e Nogueira (2013), Divinópolis também faz parte de uma ampla malha rodoferroviária federal, interligando estados como Rio de Janeiro, São Paulo, Mato Grosso e Espírito Santo (BR-262, BR-494, BR-381) às rodovias de acesso ao município; e estadual, por meio da MG-050, rodovia esta que passou por reformas nos últimos dois anos para melhor atender as interações de transporte e logística que acontecem entre a capital mineira e a cidade.

Para conhecer as características dos consumidores de *e-commerce* divinopolitano, quais são suas preferências e exigências em relação a fazer compras pela internet, bem como sua disposição em aceitar ou não os DL's como alternativa de entrega, foi realizada uma análise de potencial de demanda, onde os resultados serão apresentados no próximo tópico.

4.2. Análise Potencial de Demanda de um DL em Divinópolis

4.2.1. Cálculo do tamanho amostral

Para realizar a análise potencial de demanda para a instalação de um DL em Divinópolis e verificar o comportamento e a disponibilidade do consumidor de *e-commerce* em utilizar o dispositivo como forma de entrega, foi realizado um questionário com 21 perguntas (vide anexo 1) pertinentes ao assunto, que consiste na 1ª etapa descrita na seção 3.4. O tamanho da amostra foi calculado de acordo com Agranonik (2011), onde a fórmula utilizada é descrita pela equação sete.

$$n = \frac{p(1-p)Z^2N}{\varepsilon^2(N-2)+Z^2p(1-p)} \quad (7)$$

Onde:

n: tamanho da amostra;

p: proporção esperada;

Z: valor da distribuição normal para determinado nível de confiança;

N: tamanho da população;

ε : margem de erro.

O valor de N foi considerado o valor estimado da população de Divinópolis para o ano de 2020, segundo dados do IBGE. A proporção esperada foi de 50%, uma vez que não existem prevalência ou incidência esperada em estudos anteriores sobre o assunto (AGRANONIK, 2011). O nível de confiança escolhido foi de 95%, onde os valores de Z são tabelados conforme a tabela 8. Já a tabela 9 apresenta os números utilizados para a realização do cálculo amostral do presente trabalho.

Tabela 8 Valores da distribuição normal Z de acordo com os níveis de confiança.

	Nível de Confiança (%)		
	90	95	99
Z	1,645	1,96	2,575

Fonte: Agranonik (2011).

Tabela 9. Parâmetros para o cálculo amostral.

Parâmetro	Valor
N	240.408 pessoas
Z	1,96
p	0,50 (50%)
ϵ	0,05 (5%)

Fonte: Autor.

Utilizando os valores da tabela 9 aplicados a equação 7, chegou-se a um tamanho amostral de 383,54, arredondados para 384 respostas necessárias para o estudo. Os resultados do questionário são apresentados na próxima seção.

4.2.2. Resultados do Questionário

O questionário foi construído através da plataforma Google Forms, onde as perguntas foram divididas em três seções. De acordo com as respostas dos entrevistados em determinadas questões, os mesmos eram direcionados ou não às perguntas das seções seguintes. A distribuição dos formulários aconteceu de maneira remota por meio de e-mails e redes sociais, para que as regras de distanciamento social causadas pela pandemia do COVID-19 fossem respeitadas.

A primeira seção foi composta de perguntas simples para desenhar o perfil dos entrevistados. O total de questionários respondidos foi de 388, um número pouco maior que o mínimo necessário para que a amostra representasse a população, como visto no tópico anterior. De acordo com os resultados obtidos, 58% das pessoas que responderam são do sexo feminino e 42% do sexo masculino. A faixa etária dos entrevistados pode ser observada no gráfico 10, onde pode-se notar que grande parcela da amostra é composta por jovens-adultos. Essa questão pode ser atribuída pelo fato de que o formulário foi divulgado em plataformas *online* que tem como grande parte de usuários um público mais jovem (NEVES et al., 2018).

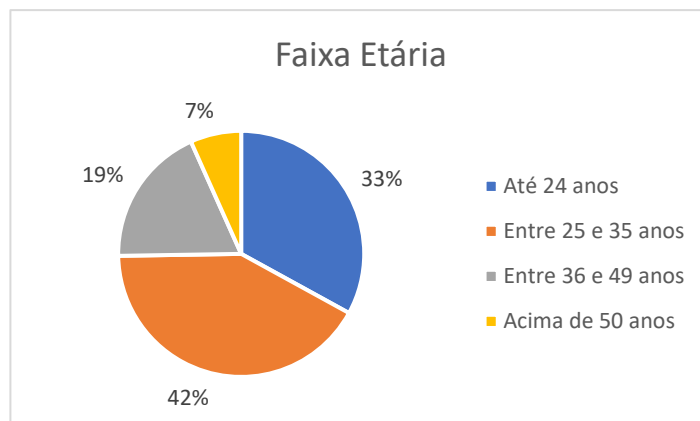


Gráfico 10. Faixa etária da amostra.

Fonte: Autor.

Os gráficos 11 e 12 mostram informações que complementam o perfil dos entrevistados, onde nota-se uma grande quantidade de estudantes e pessoas que frequentaram, ou ainda frequentam, o ensino superior. Era esperado que os resultados demonstrassem esse viés, uma vez que Divinópolis é considerada uma cidade universitária e abriga estudantes de diversas regiões (SILVA et al., 2018). Além disso, pode-se observar um número expressivo (18,8%) de pessoas autônomas que responderam à pesquisa, uma vez que muitos que residem na cidade trabalham no ramo de confecção e vestuário por conta própria (PREFEITURA DE DIVINÓPOLIS, 2021).

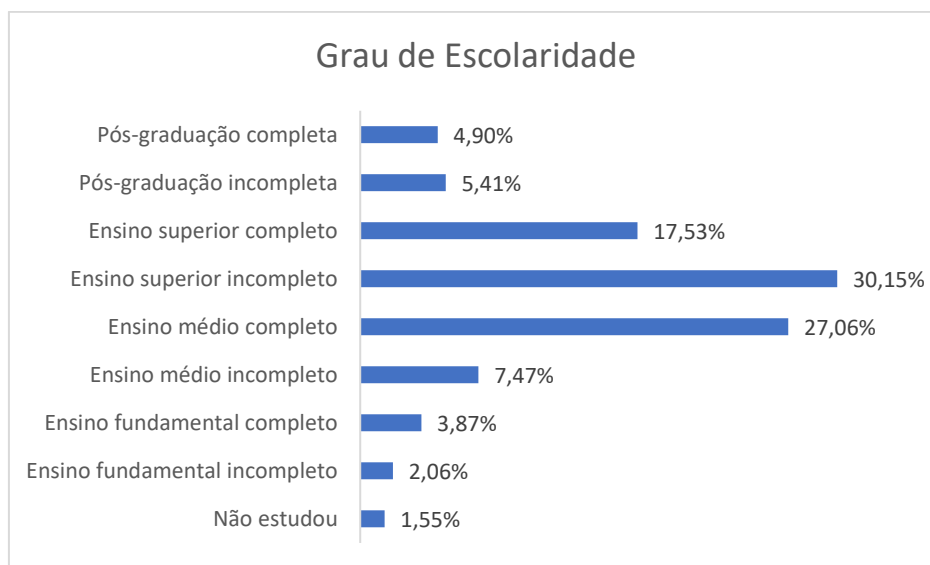


Gráfico 11. Grau de escolaridade.
Fonte: Autor.

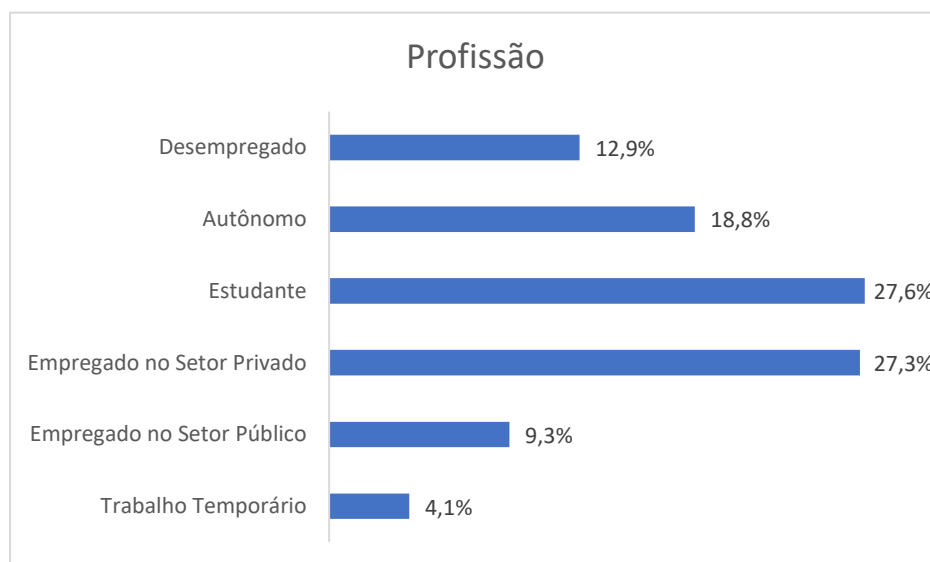


Gráfico 12. Profissão.
Fonte: Autor.

A última pergunta da primeira seção mostrou que 98,5% (382 respostas) dos entrevistados fazem ou já fizeram compras pela internet. Essa questão foi decisiva para que a pesquisa continuasse para a seção seguinte ou terminasse ali. Caso o entrevistado respondesse que sim ele era direcionado a seção 2, que tem perguntas referentes ao público consumidor do *e-commerce*.

O gráfico 13 complementa as informações sobre o perfil dos consumidores avaliando sua renda média mensal, onde nota-se que a maioria dos respondentes tem renda inferior a R\$2.090,00 e que quando se observa o gráfico 14, evidencia-se o fato de que a parcela da população que possui menor renda também faz uso do comércio eletrônico com determinada frequência, mesmo que a média dos valores investidos na aquisição de bens e serviços por meio do *e-commerce* sejam menores, como mostra o gráfico 15.

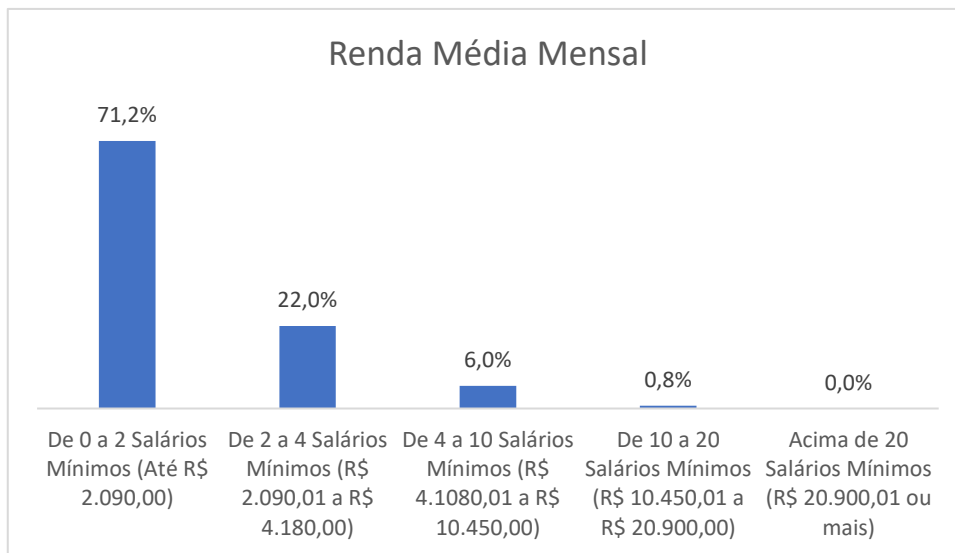


Gráfico 13. Renda Média Mensal
Fonte: Autor.

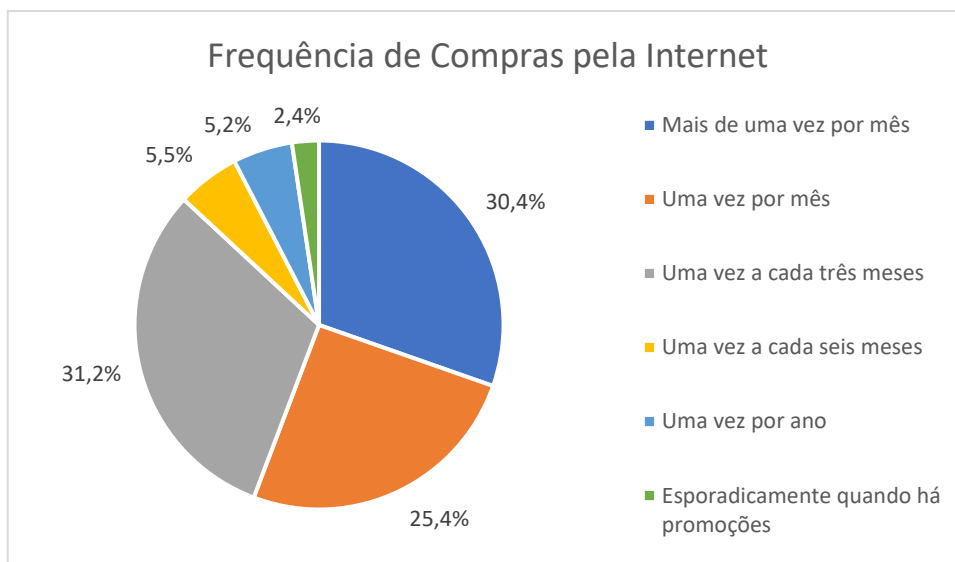


Gráfico 14. Frequência de Compras pela Internet
Fonte: Autor.

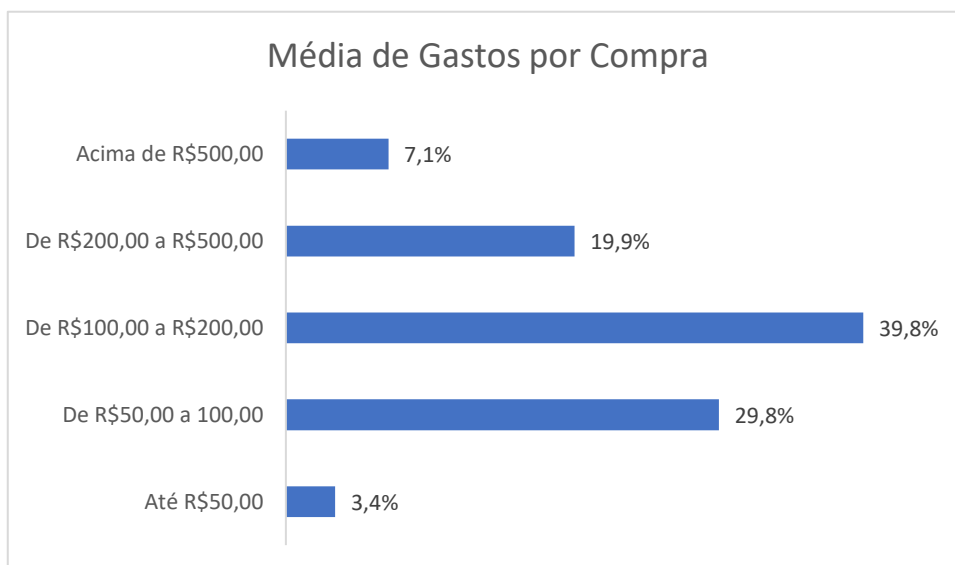


Gráfico 15. Média de Gastos por Compra
Fonte: Autor.

O gráfico 16 mostra os tipos de produtos que são mais consumidos pelo comércio eletrônico. É válido observar que os produtos que possuem as maiores avaliações, são geralmente produtos de baixo peso e volume, como roupas, calçados, telefones, notebooks, etc; o que facilitaria a retirada dos mesmos nos DL's, visto que as pessoas não precisariam necessariamente de um carro ou algum veículo motorizado para transportá-los para suas residências.



Gráfico 16. Tipos de produtos mais procurados por consumidores do *e-commerce*.
Fonte: Autor.

Já o gráfico 17 mostra o quanto os clientes estão dispostos a pagar no frete de seus produtos. Nota-se que quanto maior o valor do frete, menor é a probabilidade de aceitação por parte do consumidor em efetivar suas compras.

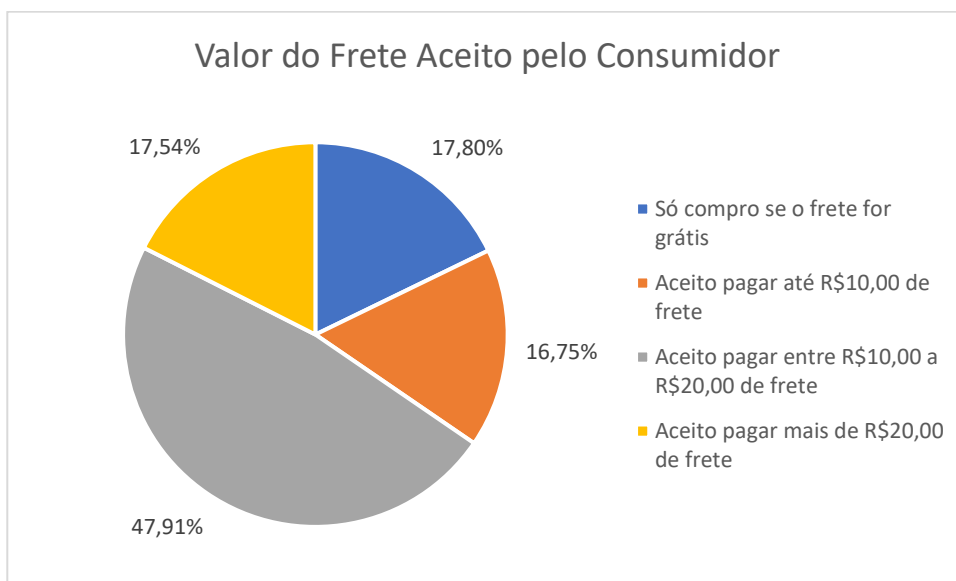


Gráfico 17. Tipos de produtos mais procurados por consumidores do *e-commerce*.
Fonte: Autor.

Por conseguinte, foi questionado aos entrevistados sobre a possibilidade de haver alguma pessoa em sua residência caso o mesmo estivesse ausente e impossibilitado de receber o seu produto nos horários convencionais de entrega. O resultado dessa pergunta foi que 42,7% dos respondentes disseram que não, o que seria um fator crucial para o aumento das entregas mal sucedidas, além de evidenciar um problema que pode ser amenizado com a presença de um DL para realizar entregas na última milha.

Já na última pergunta da segunda seção do questionário foi possível perceber que 76,4% dos consumidores de comércio eletrônico estão dispostos a utilizar um DL como alternativa de entrega, logo a terceira e última seção foi respondida por apenas esse público alvo. Vale ressaltar que no questionário haviam explicações resumidas sobre o que é um DL e quais são suas funções.

Fazendo uma análise de correlação das duas questões citadas anteriormente com o auxílio do *software* Minitab, encontrou-se como resposta um valor de -0,242 de correlação de Person, indicando que esta é inversa (por ser negativa) e desprezível (por estar entre o intervalo de 0 a -0,3 (MIOT, 2018)). Portanto não se pode afirmar, a priori, que as pessoas que não possuem alguém para receber seus produtos em sua ausência estão dispostas a utilizar o DL como opção de entrega.

A terceira seção se inicia com uma pergunta sobre quais fatores os entrevistados julgam mais importantes para a utilização de um DL, onde eles poderiam marcar mais de uma opção de resposta. Os resultados podem ser observados no gráfico 18. Observa-se que as duas últimas alternativas (proximidade ao trabalho e as universidades) apareceram na alternativa “Outro” do questionário, com isso é possível levantar a hipótese de que se ambas opções estivessem disponíveis no questionário, os resultados poderiam ser diferentes, logo não é possível afirmar que ambas devem ser descartadas por apresentar características de *outliers*.

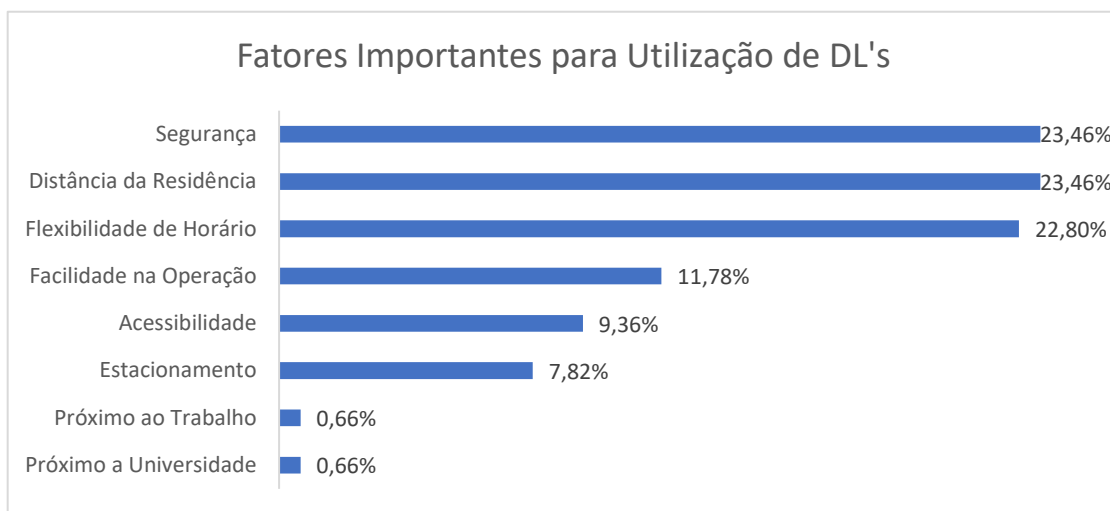


Gráfico 18. Fatores de importância para utilização de DL pela ótica do consumidor.
Fonte: Autor.

Em sequência, os entrevistados responderam sobre o local de preferência para a retirada de produtos. As alternativas foram disponibilizadas aos respondentes com base na literatura (IWAN, ET AL., 2016; ALVES et al., 2019; DEUTSCH & GOLANY, 2018; VAN DUIN et al., 2020), onde os autores citam como exemplo de locais que já fazem ou podem fazer esse tipo de serviço. Dentre as alternativas preferidas pelos consumidores, supermercados, shoppings, estabelecimentos privados, farmácias e bancos apresentaram 80% de frequência acumulada, como pode ser observado no gráfico 19.

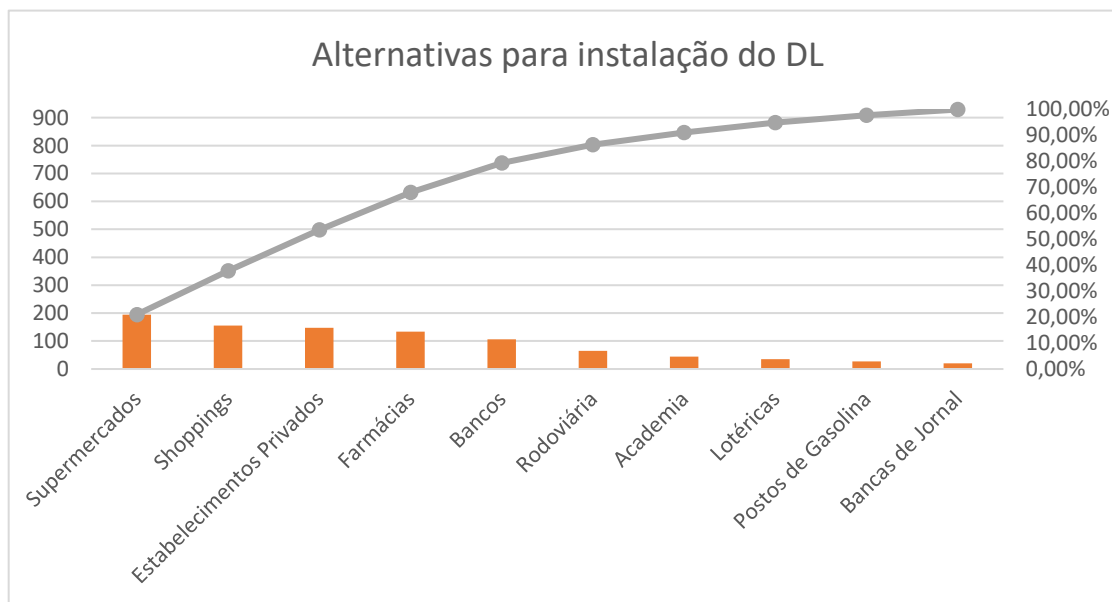


Gráfico 19. Alternativas para instalação do DL.
Fonte: Autor.

O gráfico 20 mostra a preferência dos consumidores em relação ao meio de transporte a ser utilizado pelos mesmos para retirada de produtos. Já o gráfico 21 apresenta os tipos de produtos que os consumidores não gostariam de retirar em um DL. Logo, percebe-se que produtos pesados e volumosos são tipos de produtos que as pessoas não gostariam de receber, uma vez que, se observado no gráfico 20, 38% das

peças responderam que gostariam de retirá-los a pé, e produtos desse tipo dificultariam a locomoção do consumidor para sua residência.

Entretanto, para que uma pessoa pudesse retirar seu produto e ir a pé para sua casa seria necessário que o DL se encontrasse próximo da mesma para facilitar a adesão do consumidor a este tipo de serviço e fazer com que ele não precise de utilizar uma alternativa motorizada para se deslocar até o dispositivo.

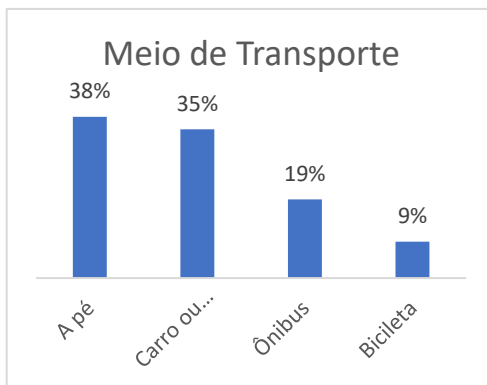


Gráfico 20. Meio de transporte para retirada de produtos
Fonte: Autor.

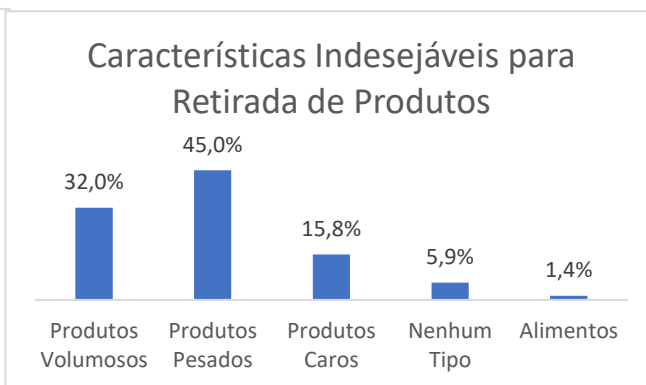


Gráfico 21. Características indesejáveis para retirada de produtos
Fonte: Autor.

Em sequência, os entrevistados opinaram sobre o horário que seria mais interessante para retirada de produtos. Nota-se no gráfico 22 a prevalência pelo horário de 18:00 às 20:00, já que este atenderia a parte da população que trabalha em horário comercial integral e não possuem ninguém em casa para receber seus produtos. Além disso, as alternativas mais pontuadas no gráfico 18 são estabelecimentos que usualmente funcionam após as 18:00, como shoppings, farmácias, supermercados, etc.

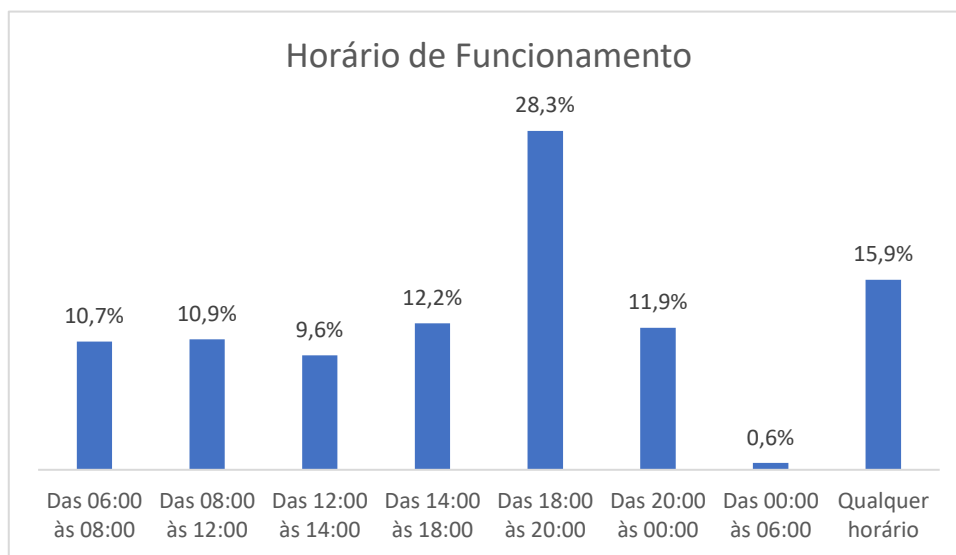


Gráfico 22. Horário de funcionamento preferido pelos consumidores
Fonte: Autor.

O meio de comunicação que os entrevistados apontaram como mais adequado para serem avisados de que sua mercadoria está disponível para retirada nos DL foi o e-mail (38%). O WhatsApp também foi uma alternativa bem pontuada (33%), e que apesar de ser um aplicativo para conversas usuais e informais, o aplicativo se destacou

como ferramenta de comunicação no setor de vendas em 2020, apontando um crescimento de 84,7% em relação ao ano anterior (SOUZA, 2021). Telefonemas e SMS foram as menores avaliações, 22% e 13% respectivamente, evidenciando a preferência por ferramentas que são utilizadas através da internet.

Por fim, a última pergunta era “quanto você estaria disposto a pagar por este tipo de serviço?”, onde nota-se que a maioria das respostas (56,8%) apontam o desconto no frete como fator crucial para que os consumidores optem por receber seus produtos em um DL. Uma parcela não gostaria de pagar por este serviço (14,4%), e em contrapartida nota-se que boa parte do público estaria disposto a pagar R\$10,00 ou mais para receber seus produtos neste dispositivo, como pode ser observado no gráfico 23. Além disso, podemos concluir que o consumidor de *e-commerce* divinopolitano não está disposto a pagar R\$40,00 ou mais pelo frete dos produtos, visto que não houve nenhuma resposta para esta alternativa.

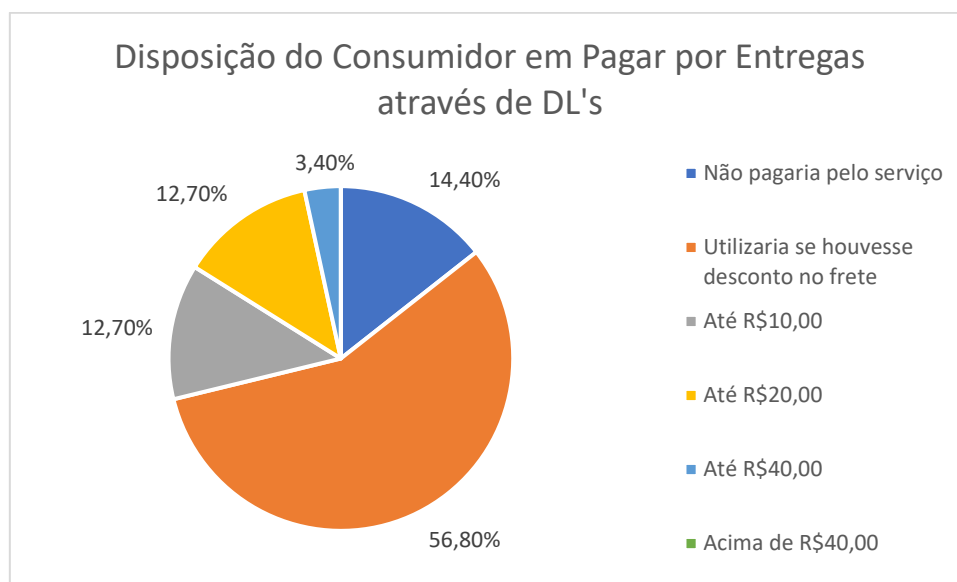


Gráfico 23. Disposição do consumidor em pagar por entregas através de DL's.
Fonte: Autor.

4.3. Aplicação do Método AHP

Diante dos resultados encontrados na análise potencial de demanda, pode-se observar algumas questões que envolvem as exigências dos consumidores sobre compras online, logo, o modelo multicritério que será apresentado nesta seção tem como objetivo avaliar estas questões e elencar quais são os fatores mais relevantes para os consumidores locais utilizarem os DL's como alternativa de entrega.

4.3.1. Estrutura Hierárquica e Premissas para Avaliação dos Critérios

Iniciando a construção do método AHP, foi desenvolvido a estrutura hierárquica do problema em questão: encontrar a melhor alternativa para localização de um DL, como pode ser observado na figura 11. Os critérios selecionados para avaliação foram distribuídos em critérios de nível 1 e critérios de nível 2 (ou subcritérios).

Os critérios foram escolhidos de acordo com os fatores que influenciam a decisão de um consumidor em optar por utilizar o DL como uma opção para coleta de

produtos encontrados na literatura. O primeiro critério de nível 1, “horário de funcionamento” foi escalado para a estrutura hierárquica, uma vez que os estabelecimentos que possuem horários mais flexíveis, por exemplo, são mais atrativos para consumidores que desejam retirar seus produtos fora do horário tradicional do comércio, logo torna-se um importante fator de decisão (ALVES et al., 2019). Além disso, o gráfico 22 reforça a relevância deste critério, onde nota-se a preferência do consumidor divinopolitano em retirar seus produtos em um horário noturno.

Já o segundo critério de nível 1, “distância” é medido por meio de quatro subcritérios, são eles: vias principais, regiões residenciais, centros comerciais e ponto de ônibus. A literatura indica que quanto mais próximo o DL estiver das residências dos consumidores, mais fácil será a aceitação do cliente em receber os produtos por este meio de entrega, além de que, distâncias menores proporcionam ao consumidor buscar seus produtos a pé, reduzindo a emissão de gases poluentes por meio de veículos automotores e promovendo assim uma alternativa mais sustentável de entrega (ARNOLD et al., 2018). As distâncias de vias principais que dão acesso aos veículos, tanto a regiões residenciais, quanto aos centros comerciais (regiões onde há grande concentração de comércio e deslocamento de pessoas) também influenciam no critério de nível 1 “distância”, uma vez que as pessoas são condicionadas a frequentar estas regiões para executar atividades que são presentes no seu dia-a-dia (MELLO, 2015).

Por fim, a distância que o DL se encontra de pontos de ônibus também é um subcritério que foi selecionado para mensurar o critério de nível 1: “distância”, já que um trajeto curto entre os dois pontos seria ideal para que o consumidor que tem o hábito de andar de ônibus pudesse carregar suas encomendas sem precisar de percorrer longas distâncias até chegar ao ponto de embarque (IWAN; KIJEWSKA; LEMKE, 2016). Os dados observados no gráfico 20 confirmam que há demanda tanto para clientes que desejam ir a pé ou de ônibus até o DL, quanto para aqueles que querem ir de veículos motorizados.

O terceiro critério de nível 1, “infraestrutura”, tem como propósito avaliar dois subcritérios: “estacionamento” e “espaço físico”. O primeiro subcritério busca atender a parcela de consumidores que se interessam pela retirada de pacotes no DL e desejam buscar seus produtos de carro ou motocicleta. Para que o estabelecimento atenda a este público com mais conforto, seria ideal vagas de estacionamento de modo que a retirada de produtos pudesse ser feita com mais agilidade e praticidade (DEUTSCH & GOLANY, 2018). Aliado a isto, é ideal que o estabelecimento disponha de um espaço físico que seja suficiente para as instalações do DL e para que o atendimento a um maior fluxo de pessoas seja proporcionado de forma satisfatória.

O quarto e último critério de nível 1, “segurança” é um dos fatores apontados pela literatura como decisivo para que o consumidor escolha receber seus produtos em um DL (TSAI; TIWASING, 2021). É ideal que o estabelecimento que faça este serviço de entregas seja distante de zonas que possuem alto índice de ocorrências criminais para

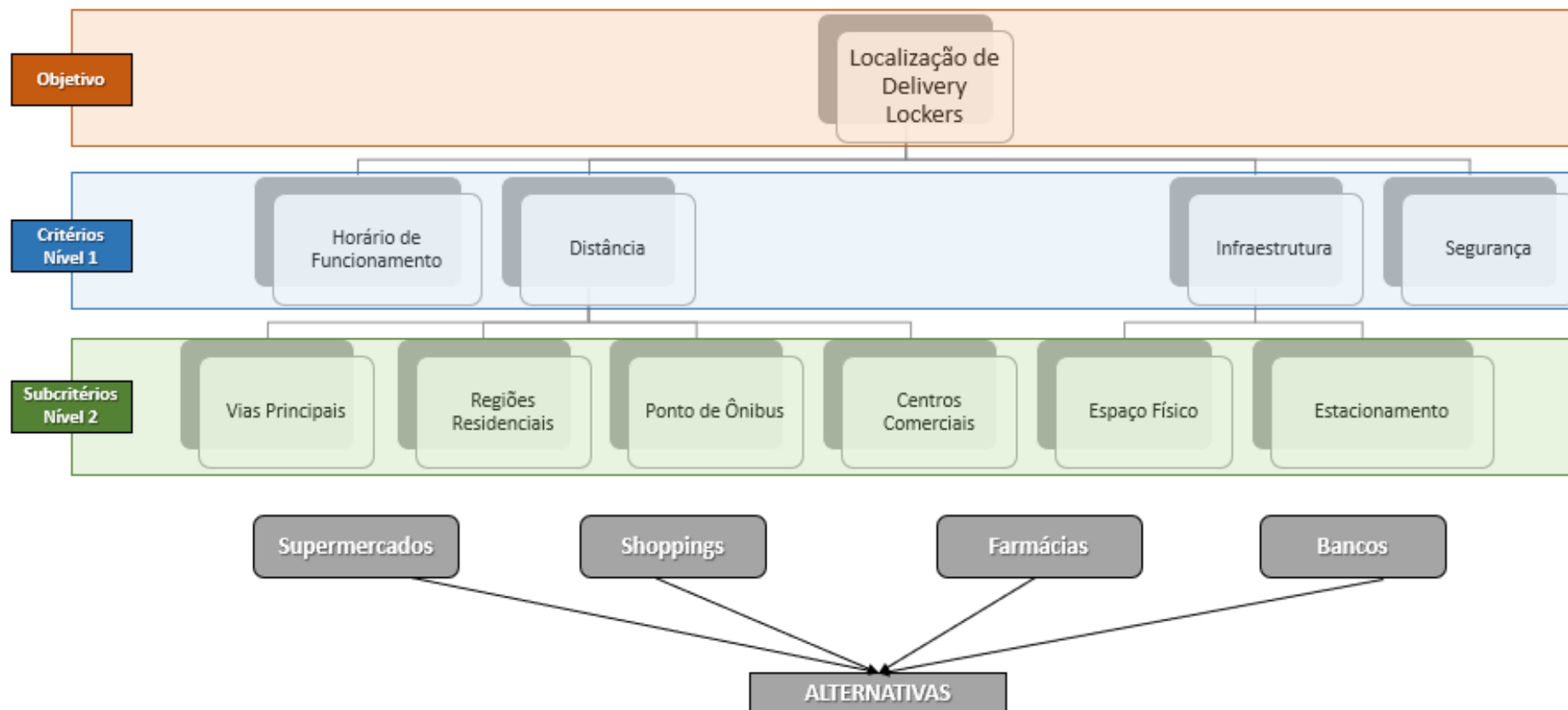


Figura 11. Estrutura hierárquica do problema.
Fonte: Autor.

que os consumidores se sintam à vontade em retirar seus produtos (sejam eles de alto valor agregado ou não) de maneira segura e livres de situações que ofereçam algum tipo de risco a eles.

Por fim, as alternativas escaladas para satisfazerem o objetivo do problema foram os estabelecimentos apontados como lugares de preferências do consumidor observadas no gráfico 19 da seção anterior: supermercados, shoppings, farmácias e bancos. Os estabelecimentos privados foram descartados, uma vez que os mesmos geralmente se encontram nos centros comerciais e este índice já será mensurado no critério “distância”, além de que, estes comércios usualmente funcionam no horário tradicional diurno, fazendo com que a demanda por locais que estejam abertos no período da noite não possa ser atendida.

4.3.2. Matrizes de Comparação e Cálculo do Autovetor

O passo seguinte para a construção do modelo AHP, conforme proposto por Saaty (1994) é a construção das matrizes de comparação par a par (vide tabela 2). Encontra-se em Costa e Belderrain (2009) o passo a passo para a construção matemática do AHP de forma simples e aplicada.

Como indicado pela literatura, o método de grupo focal sugere a escolha de seis a dez pessoas para avaliarem determinadas situações (DIAS E LIEBSCHER, 2000). Logo, para esta etapa, foram entrevistadas oito pessoas residentes de Divinópolis que já haviam respondido a análise potencial de demanda. Eles foram escolhidos dentre as pessoas que afirmaram estar dispostas a utilizar os DL's como alternativas de entrega, selecionando respondentes de faixa etária, classe social e com hábitos de consumo distintos entre eles para que o modelo pudesse representar os diferentes tipos de consumidores do *e-commerce* da cidade.

Eles avaliaram individualmente os critérios apresentados na estrutura hierárquica vista na seção anterior e por fim, foi calculado a média geométrica de suas avaliações para construir a avaliação global do modelo. A tabela 10 é um exemplo de uma das matrizes de comparação geradas nesta etapa.

Vale lembrar que as avaliações e coleta de dados com o grupo de pessoas que aceitaram participar desta etapa da pesquisa foi feita de forma virtual e segura, respeitando as diretrizes do isolamento social ocasionado pela pandemia do COVID-19.

Tabela 10. Matriz de comparação par a par dos critérios de nível 1.

	Horário de Funcionamento	Distância	Infraestrutura	Segurança
Horário de Funcionamento	1	1,262	5,041	0,844
Distância	0,79	1	5,340	0,678
Infraestrutura	0,20	0,187	1	0,178
Segurança	1,19	1,476	5,604	1

Fonte: Autor.

Feito isso, para dar continuidade ao processo de construção do modelo, as matrizes de comparação foram normalizadas de acordo com a equação 1 (seção 3.2),

para que o cálculo dos pesos pudesse ser realizado. O resultado da normalização da matriz apresentada na tabela anterior, pode ser conferido na tabela 11 logo abaixo.

Tabela 11. Matriz de comparação par a par de critérios de nível 1 normalizada.

	Horário de Funcionamento	Distância	Infraestrutura	Segurança
Horário de Funcionamento	0,315	0,322	0,297	0,313
Distância	0,250	0,255	0,314	0,251
Infraestrutura	0,062	0,048	0,059	0,066
Segurança	0,373	0,376	0,330	0,370
SOMA	1	1	1	1

Fonte: Autor.

Com as matrizes de comparação par a par normalizadas, seguimos para o cálculo do autovetor ou vetor de Eigen. Para isto é necessário retirar a média de cada linha da matriz representada pela tabela 10, onde os pesos dos critérios são ranqueados de acordo com sua importância para o problema proposto. Portanto, os resultados deste procedimento podem ser observados na tabela 12, onde o critério de maior peso foi o critério “Segurança”, de acordo com a opinião dos avaliadores.

Tabela 12. Autovetor e peso dos critérios de nível 1.

Critérios	Pesos	Prioridade
Horário de Funcionamento	0,311	2º Mais Importante
Distância	0,267	3º Mais Importante
Infraestrutura	0,059	4º Mais Importante
Segurança	0,362	1º Mais Importante

Fonte: Autor.

Os critérios “Infraestrutura” e “Distância” são critérios de nível 1 que foram representados com base em critérios de nível 2, portanto a classificação dos pesos destes critérios também foi uma etapa importante para avaliar quais deles são os mais relevantes, segundo as opiniões dos entrevistados. Os resultados podem ser observados nas tabelas 13 e 14, respectivamente.

Tabela 13. Autovetor e peso dos critérios de nível 2 – Distância.

Critérios	Pesos	Prioridade
Vias Principais	0,207	3º Mais Importante
Regiões Residenciais	0,426	1º Mais Importante
Centros Comerciais	0,259	2º Mais Importante
Ponto de Ônibus	0,108	4º Mais Importante

Fonte: Autor.

Tabela 14. Autovetor e peso dos critérios de nível 2 – Infraestrutura.

Critérios	Pesos	Prioridade
Estacionamento	0,371	2º Mais Importante
Espaço Físico	0,629	1º Mais Importante

Fonte: Autor.

Para finalizar esta etapa foi necessário verificar a consistência das avaliações por meio do cálculo do índice de consistência (CI) representado pelas equações 3 e 4. Para todas as etapas do modelo, tanto nos critérios de nível 1, quanto para os de nível 2, os resultados do CI apontaram que existe consistência nas avaliações dos entrevistados, uma vez que o RC de todos os casos foi menor que 0,1, como pode ser observado na tabela 15.

Tabela 15. Cálculo do índice de consistência.

	λ max	IC	RC
Crítérios (Nv 1)	4,016	0,005	0,005
Distância (Nv 2)	4,015	0,005	0,005
Infraestrutura (Nv 2)	2	0	0

Fonte: Autor.

É importante ressaltar que o cálculo do índice de consistência também foi realizado nas avaliações de cada um dos oito entrevistados para garantir que, tanto as respostas individuais, quanto a avaliação coletiva, estariam dentro dos parâmetros corretos. A figura 12 ilustra novamente a estrutura hierárquica do modelo, entretanto com a indicação dos pesos calculados para todos critérios elencados.

O próximo tópico apresenta a normalização dos critérios perante as alternativas escolhidas na avaliação do modelo, uma vez que é importante transformar as opiniões verbais dos entrevistados em valores numéricos de modo a realizar as comparações dos critérios e das alternativas propostas pelo método AHP.

4.3.3. Normalização e Cálculo do Desempenho das Alternativas

As alternativas elencadas para a instalação dos DL foram todas as farmácias, bancos, shoppings, supermercados e hipermercados da cidade, totalizando 131 opções a serem avaliadas pelo modelo (vide anexo 2). Elas foram elencadas através dos resultados encontrados no gráfico 19, onde estes quatro tipos de estabelecimentos apontados pelos entrevistados na análise potencial de demanda são os preferidos para as possíveis localização dos DL's.

A etapa de normalização e cálculo do desempenho das mesmas foi realizada com o auxílio das equações 5 e 6 apresentadas na seção 2.4.4., para medições quantitativas, conforme foi descrito. Já para casos de julgamentos qualitativos, utilizou-se escalas comparativas que respeitassem as individualidades de cada critério descrito na estrutura hierárquica do modelo.

Iniciando pelo critério de nível 1, “Infraestrutura”, onde este foi calculado através de dois outros critérios: “Estacionamento” e “Espaço Físico”. O subcritério “Estacionamento” foi mensurado de acordo com a escala observada na tabela 16, onde o tamanho do estacionamento foi classificado de acordo com seu porte para cada uma das 131 alternativas.

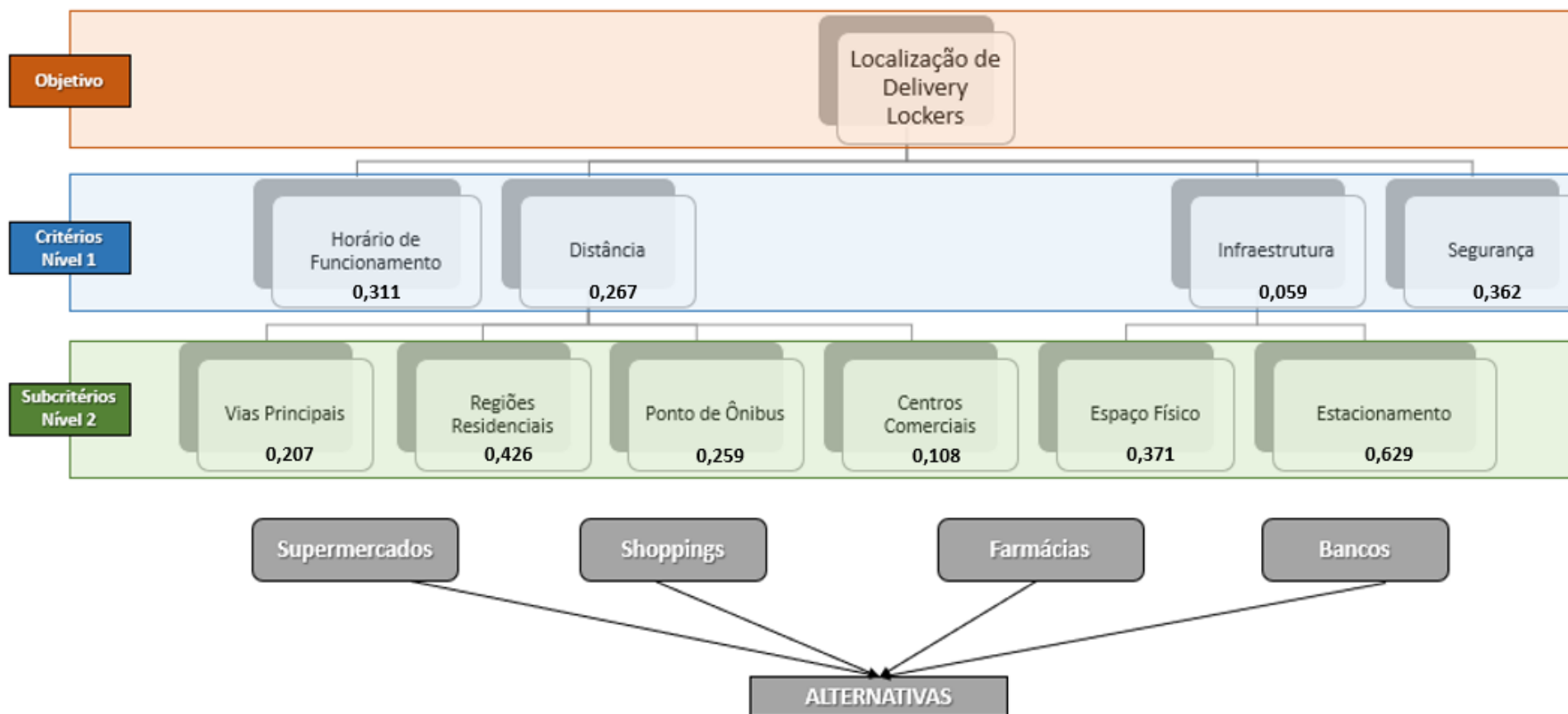


Figura 12. Estrutura hierárquica com os pesos calculados.
Fonte: Autor.

Tabela 16. Escala de normalização do critério “Estacionamento”

Escala (Estacionamento)	
Possui (Grande)	1
Possui (Médio/Pequeno)	0,7
Não Possui	0,3

Fonte: Autor.

Já para o subcritério “Espaço Físico” foi utilizada a escala comparativa ilustrada pela tabela 17, onde o espaço físico foi pontuado de acordo com o tipo de cada estabelecimento. Os maiores receberam maior pontuação, uma vez que estes têm a capacidade de abrigar DL’s de maiores tamanhos, caso necessário, e bem como oferecer um maior conforto para os clientes na hora da retirada de produtos.

Tabela 17. Escala de normalização do critério “Espaço Físico”

Escala (Espaço Físico)	
Hipermercados	1
Shoppings	1
Supermercados e mercados	0,8
Farmácias (redes maiores)	0,6
Bancos	0,4
Farmácias (Pequenas/de Bairro)	0,3

Fonte: Autor.

Para as duas escalas vistas anteriormente, não foi necessário a utilização das equações lineares de normalização dos valores de desempenho das alternativas, uma vez que estes já estão em conformidade com o problema segundo os próprios valores presentes em cada uma das escalas. Além disso, nota-se que ambos os casos são de maximização para contribuição da alternativa para o problema, ou seja, quanto maior o valor avaliado pela escala, melhor pontuada será a alternativa neste quesito.

Seguindo para o critério de nível 1 “Distância”, critério este que é mensurado por meio de outros quatro subcritérios, conforme observado na figura 11 e 12. O primeiro deles, “Vias Principais” foi calculado obtendo-se a menor distância entre cada alternativa com a via principal mais próxima. De acordo com Mello (2015), Divinópolis possui cinco vias principais que ligam as regiões residenciais às regiões centrais da cidade, são elas: Rua Goiás, Rua Pernambuco, Avenida Getúlio Vargas, Avenida Paraná e Avenida JK. As distâncias foram obtidas com o auxílio de um *software* de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), o TransCAD. A figura 13 ilustra o mapa da cidade, bem como as alternativas (estrelas vermelhas) e as vias principais destacadas em vermelho.

Uma vez que, quanto menor é a distância da alternativa para a via principal mais próxima, maior é a pontuação de desempenho que esta terá em função deste critério, pode-se dizer que sua função é de minimização. Os parâmetros utilizados para função de normalização foi de valor ótimo (X_a) zero e valor máximo (X_b) 7326,9 metros, a maior distância encontrada. Além disso, é válido destacar que a distância obtida pelo SIG foi calculada por meio da rede de fluxo de veículos, já que este critério tem como

objetivo avaliar o quão próximo estão as alternativas das vias que proporcionam um melhor fluxo de veículos da cidade.

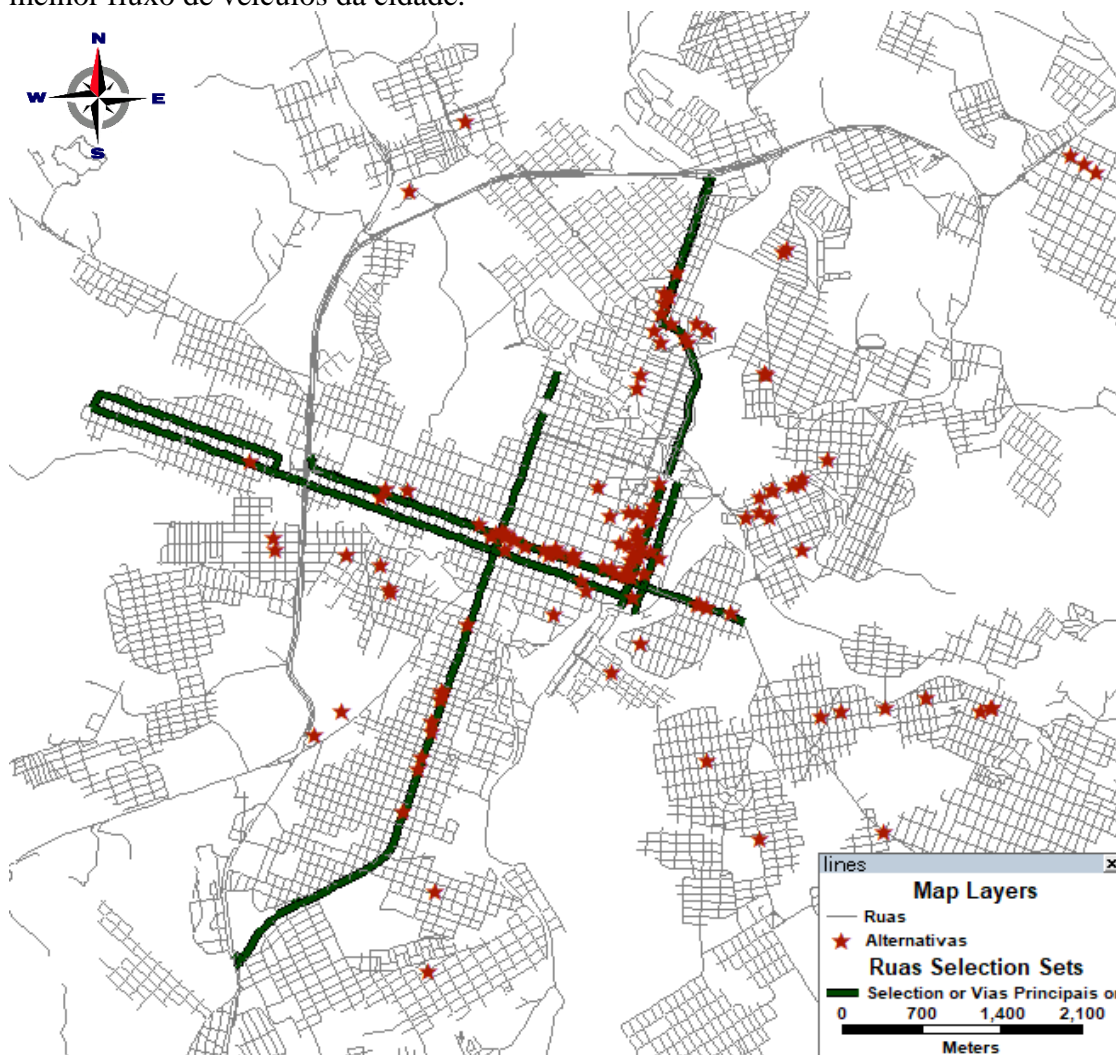


Figura 13. Vias principais de Divinópolis.
Fonte: Autor.

Por conseguinte, foi calculado o desempenho de cada alternativa à luz do critério “Regiões Residenciais”. Para isto, foi necessário identificar quais são as regiões que possuem maior densidade demográfica da cidade. De acordo com os dados do último censo do IBGE os setores censitários que tem a maior concentração de população da cidade podem ser observados na figura 14, onde as regiões mais escuras são as mais habitadas. Logo, estas informações foram inseridas no *software* SIG, que teve como função calcular as distâncias de cada alternativa até as interseções de todas as ruas que compreendem as regiões mais populosas, e por fim, retirou-se a média entre elas pra representar o desempenho de cada alternativa em função deste critério.

Pode-se dizer que a função deste critério é de minimização, já que quanto menor é a distância das alternativas até as regiões residenciais, melhor é para o desempenho da mesma. Como parâmetros para função de normalização deste caso, X_a recebeu zero como valor ótimo, e X_b 11.516,15 metros, que foi a maior distância encontrada. Destaca-se que a rede utilizada para o cálculo das distâncias foi a rede de ruas utilizada

por pedestres, já que aqui busca-se pela menor distância de caminhada entre as alternativas e as regiões.

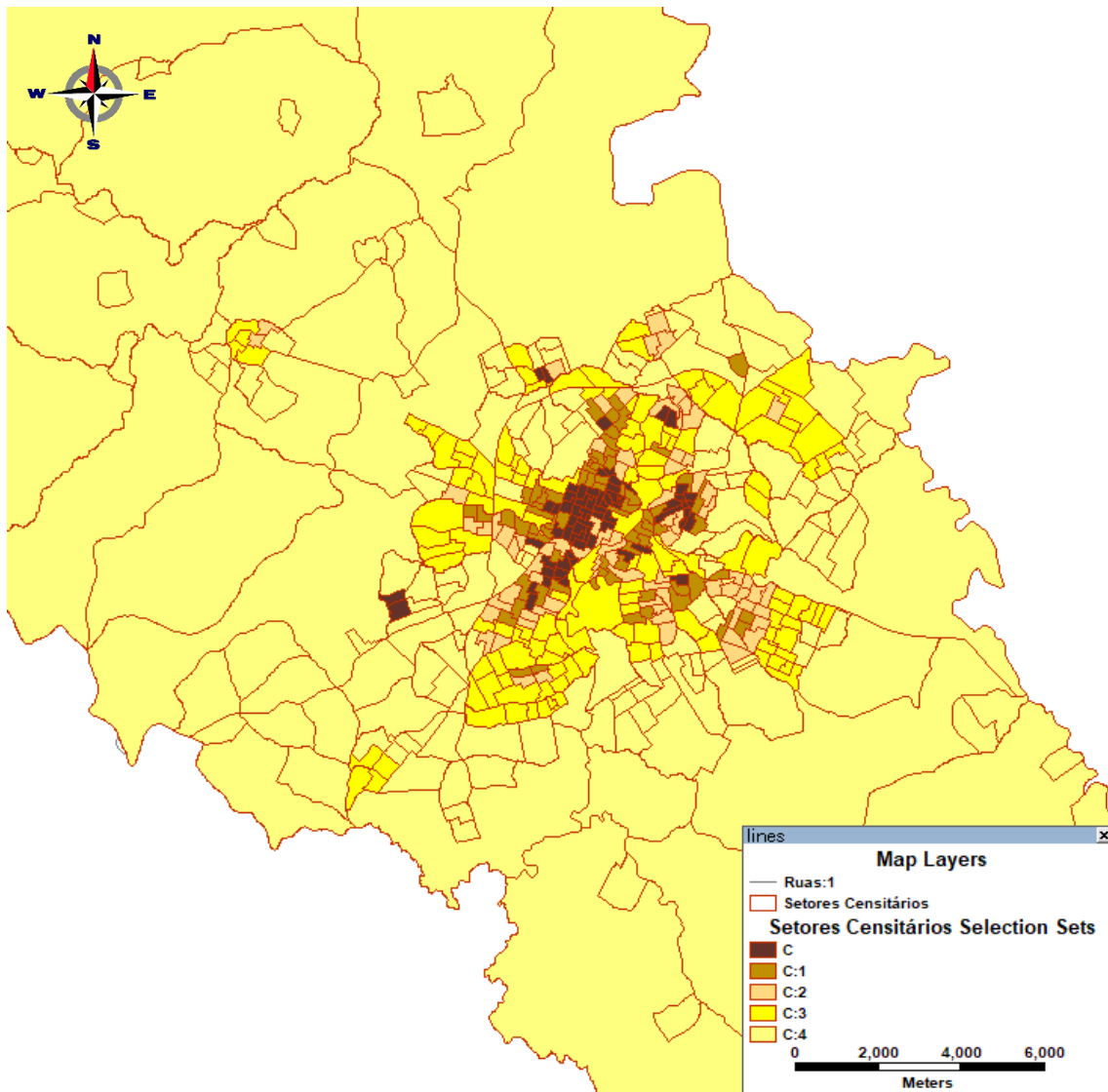


Figura 14. Densidade demográfica por setor censitário de Divinópolis - TransCAD.
Fonte: Autor.

O próximo critério, “Ponto de Ônibus”, também teve seu desempenho calculado com auxílio do SIG TransCAD. Para este caso foi retirada a menor distância das alternativas (pontos vermelhos) ao ponto de ônibus mais próximos (pontos azuis). Este critério é mais um critério de minimização, uma vez que quanto menor é a distância de caminhada da alternativa que supostamente será instalada o DL com o ponto de ônibus mais próximo, melhor classificada ela será de acordo com o objetivo principal.

A figura 15 ilustra o mapa utilizado para o cálculo de distâncias do critério “Ponto de Ônibus”, onde os parâmetros da função de normalização adotados foi de zero para X_a e de 1.304,38 metros para X_b , que foi a maior distância encontrada.

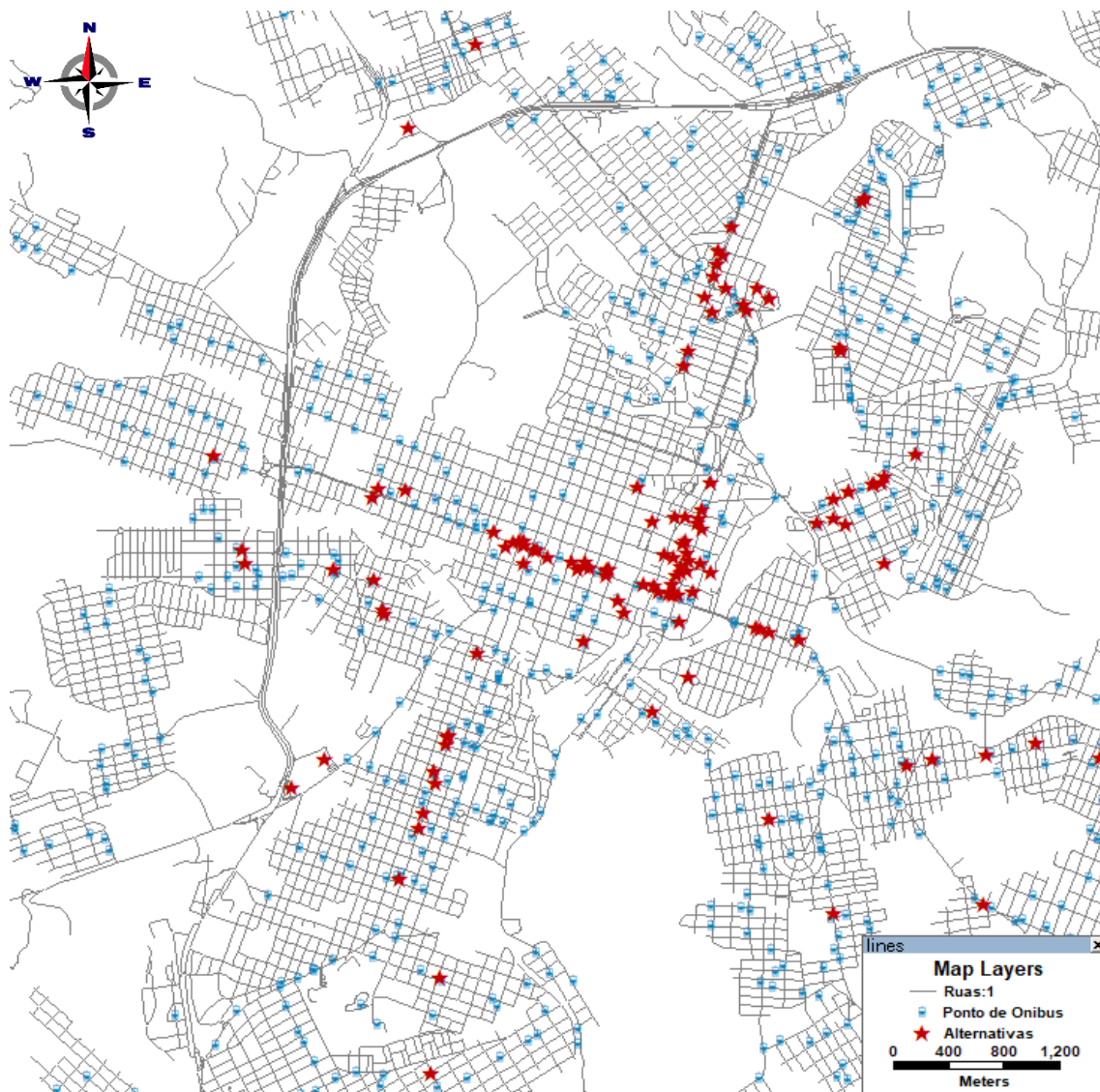


Figura 15. Pontos de ônibus de Divinópolis.
Fonte: Autor.

O quarto e último critério de nível 2 considerado para calcular o critério “Distância” é denominado “Centros Comerciais”. De acordo com Mello (2015), Divinópolis possui algumas regiões diferentes da região central que tem uma concentração de estabelecimentos comerciais, universidades, bancos e demais prestadores de serviços que atendem a população nos mesmos segmentos que a região central. Os três maiores centros comerciais além do centro, são representados na figura 16 pelas áreas amarela, roxa e azul.

Para o cálculo de desempenho das alternativas perante a este critério, foram selecionadas as interseções das ruas que compõe os centros comerciais e a região central (verde) e calculado a média da distância entre elas e cada alternativa. Da mesma forma que o critério “Regiões Residenciais”, este critério pode ser considerado de minimização, uma vez que é interessante que as alternativas estejam o mais próximo possível destas regiões. Portanto a função de normalização teve como parâmetro ótimo zero (X_a) e o limite como 11.428,04 (X_b), que no caso, foi a maior média de distâncias

encontrada. As distâncias foram coletadas na rede de caminhada de pedestres, visto que o melhor cenário para este critério é o quando o cliente pode retirar suas encomendas no DL a pé.

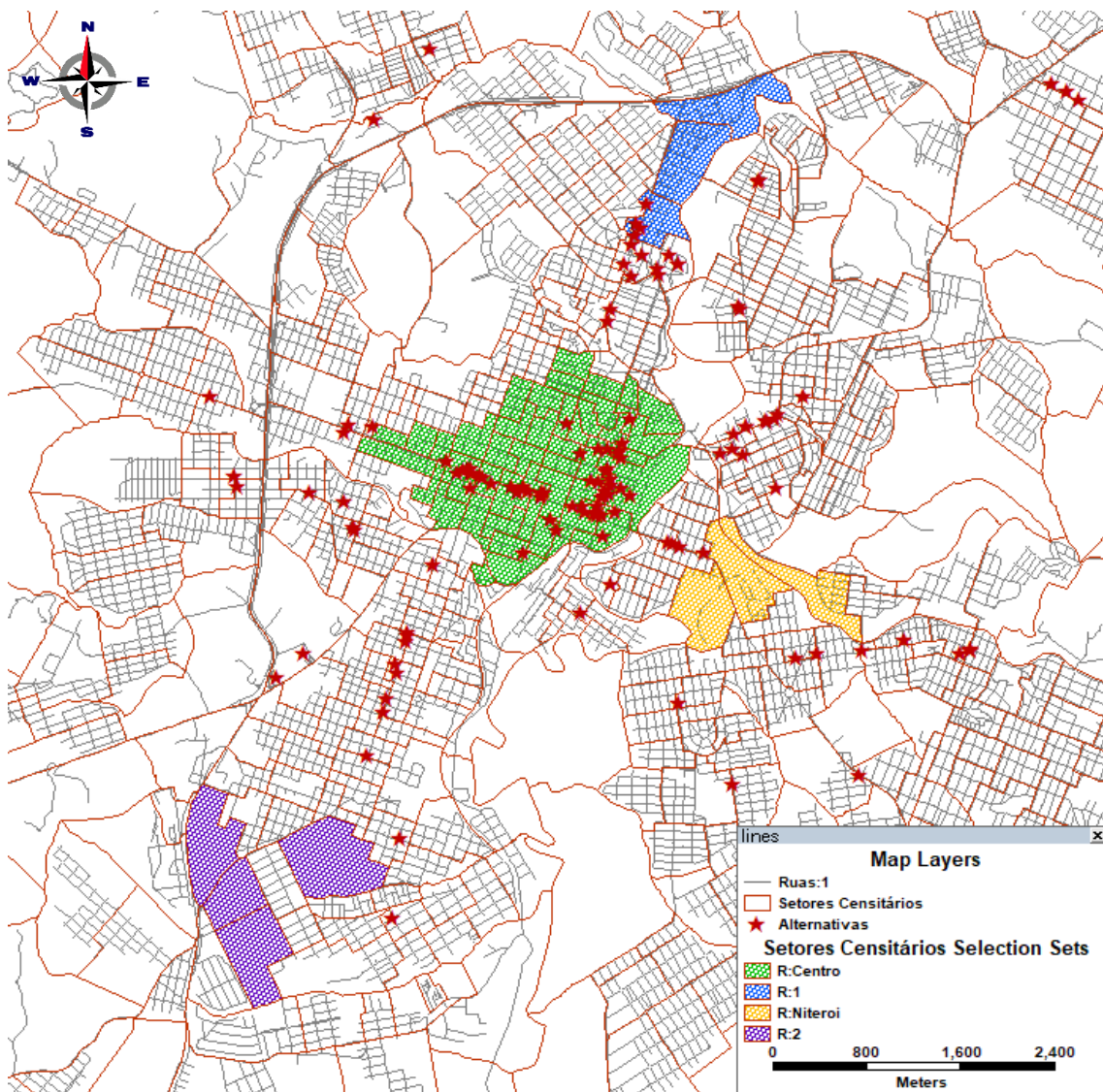


Figura 16. Centros comerciais de Divinópolis.
Fonte: Autor.

Já o critério de nível 1, “Horário de Funcionamento”, teve o desempenho das alternativas classificado de acordo com a tabela 18, onde os horários de funcionamento reais dos estabelecimentos foram relacionados com os valores da tabela, destacando-se positivamente aqueles que tem maior amplitude e flexibilidade.

Os valores escolhidos para esta avaliação foram de baixa variação para que as alternativas que não funcionem em um horário mais amplo fossem prejudicadas no resultado final do modelo. Além disso, o menor valor foi definido como 0,5 e não 0, garantindo assim que o modelo não exclua as alternativas que funcionem meio período do dia. Logo, pode-se afirmar que este é um critério de maximização, uma vez que quanto mais tempo o local fica aberto, melhor pontuado no modelo ele será.

Tabela 18. Escala de normalização do critério “Horário de Funcionamento.”

Escala (Horário de Funcionamento)	
24 horas	1
06:00 - 22:00	0,9
07:00 - 21:00	0,8
08:00 - 22:00	0,7
08:00 - 18:00	0,6
Meio Período (Diurno)	0,5

Fonte: Autor.

Por fim, o critério “Segurança” também foi mensurado com o auxílio do SIG, uma vez que é ideal que as alternativas fiquem o mais distante possível das zonas que apresentam maior incidência de crimes na cidade. Segundo informações fornecidas pela Polícia Civil, são elas: São João de Deus, Nações, Porto Velho, Candidés e Itacolomi. Na figura 17, pode-se observar as zonas marcadas em vermelho, que representam estas regiões.

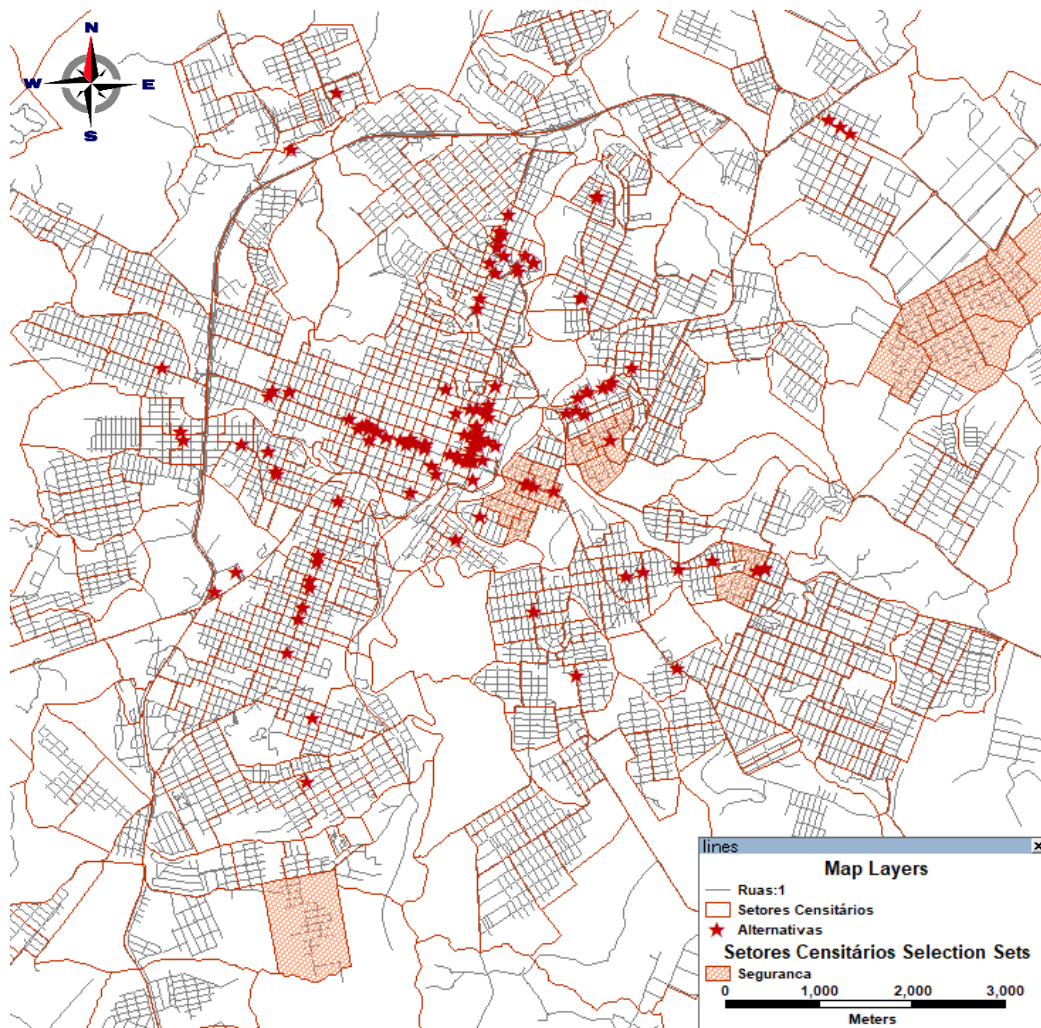


Figura 17. Regiões com maior incidência de crimes em Divinópolis.

Fonte: Autor.

Portanto, este critério pode ser considerado de maximização, ou seja, quanto maior a distância das alternativas para estas regiões, melhor pontuada ela será. O modo como os valores das distâncias foi obtido foi o mesmo dos critérios “Regiões Residenciais” e “Centros Comerciais”, calculou-se a média das distâncias das interseções de cada região para cada uma das 131 alternativas. A função de normalização teve como parâmetro ótimo 15096,45 (X_b), que foi a maior distância encontrada, e zero como menor valor (X_a), para aquelas que se encontram dentro destas regiões.

A tabela 19, resume como todos os critérios e subcritérios foram mensurados para o cálculo do desempenho de cada alternativa, seja por meio da função de normalização de minimização ou de maximização, ou apenas pelas escalas no caso dos critérios “Horário de Funcionamento”, “Espaço Físico” e “Estacionamento”.

Tabela 19. Resumo dos cálculos de desempenho e normalização das alternativas.

Critério	Função de Normalização	Xa	Xb
Horário de Funcionamento	Maximização	-	-
Vias Principais	Minimização	0	7326,49
Regiões Residenciais	Minimização	0	11516,15
Ponto de Ônibus	Minimização	0	1304,38
Centros Comerciais	Minimização	0	11428,04
Espaço Físico	Maximização	-	-
Estacionamento	Maximização	-	-
Segurança	Maximização	0	15096,45

Fonte: Autor.

Depois de todos os desempenhos das alternativas calculados perante a cada um dos critérios da estrutura hierárquica, deve-se então ranqueá-las de forma a avaliar quais foram aquelas que melhor satisfizeram o problema proposto.

4.3.4. Ranqueamento das Alternativas

Tendo os desempenhos das alternativas calculados e normalizados, bem como os pesos dos critérios definidos, basta multiplicar as matrizes que representam ambos os valores para se obter o ranking final que classifica as mesmas de acordo com o principal problema, que no caso é: quais são as alternativas mais adequadas para a instalação de DL's no contexto de Divinópolis.

A tabela 20 apresenta os valores encontrados para cada uma das 131 alternativas, ordenadas de acordo com sua contribuição para o objetivo do modelo. Segundo Morganti et al., (2014), para cada 100 mil habitantes de uma cidade é ideal que haja 5 estações de coleta e entrega, sejam elas automáticas (no caso, os DL's) ou não. Logo, como Divinópolis possui cerca de 240 mil habitantes, são necessários 12 DL's para que o serviço possa atender toda a população da cidade. A figura 18 destaca em verde as 12 primeiras alternativas elencadas pelo método AHP no mapa de Divinópolis.

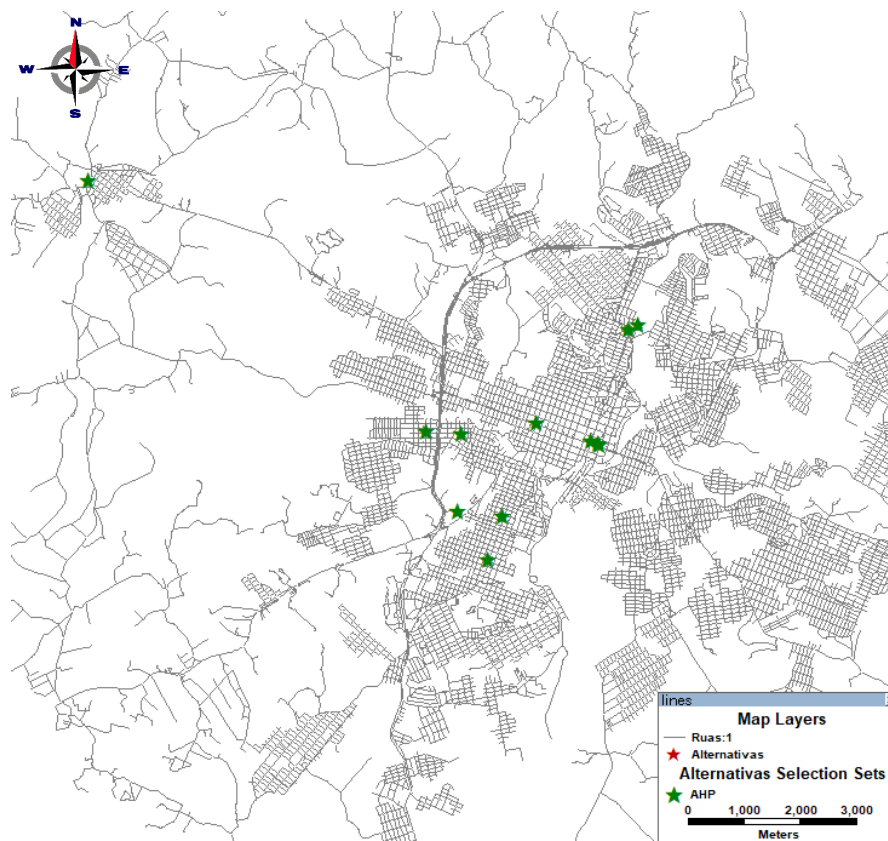


Figura 18. Alternativas selecionadas pelo método AHP.

Fonte: Autor.

Sabendo que o modelo aponta algumas alternativas próximas umas das outras, bem como com o intuito de avaliar a sensibilidade e a possibilidade de estudar outras combinações de alternativas que também satisfazem o problema, a próxima seção tem como objetivo gerar diferentes cenários para testar o comportamento dos resultados e analisar as competências das demais opções.

Tabela 20. Ranqueamento das alternativas pelo método AHP.

Rank	Altern.	Contr.	Rank	Altern.	Contr.	Rank	Altern.	Contr.	Rank	Altern.	Contr.
1	4	0,682	34	63	0,614	67	115	0,589	100	69	0,552
2	14	0,676	35	10	0,614	68	119	0,589	101	72	0,551
3	25	0,676	36	70	0,613	69	99	0,585	102	85	0,550
4	131	0,673	37	84	0,610	70	40	0,585	103	80	0,550
5	130	0,667	38	54	0,610	71	127	0,584	104	77	0,548
6	18	0,649	39	41	0,610	72	32	0,583	105	102	0,544
7	78	0,648	40	8	0,609	73	6	0,582	106	66	0,544
8	81	0,648	41	57	0,606	74	125	0,582	107	60	0,542
9	104	0,648	42	83	0,606	75	22	0,581	108	122	0,540
10	93	0,643	43	38	0,605	76	120	0,580	109	1	0,540
11	21	0,643	44	2	0,605	77	129	0,579	110	56	0,540
12	42	0,642	45	3	0,605	78	51	0,578	111	96	0,539
13	82	0,640	46	27	0,605	79	113	0,577	112	50	0,538
14	30	0,640	47	106	0,604	80	116	0,576	113	16	0,537
15	95	0,639	48	5	0,604	81	128	0,576	114	65	0,537
16	49	0,638	49	44	0,603	82	59	0,576	115	109	0,535
17	28	0,638	50	33	0,602	83	52	0,575	116	75	0,534
18	90	0,637	51	23	0,602	84	101	0,574	117	68	0,533
19	35	0,636	52	124	0,602	85	117	0,574	118	43	0,531
20	92	0,633	53	7	0,602	86	48	0,573	119	123	0,528
21	45	0,627	54	20	0,601	87	86	0,573	120	88	0,527
22	79	0,627	55	13	0,601	88	126	0,572	121	61	0,525
23	97	0,627	56	39	0,600	89	87	0,571	122	64	0,516
24	29	0,626	57	34	0,600	90	46	0,571	123	114	0,509
25	108	0,625	58	121	0,599	91	19	0,569	124	71	0,506
26	36	0,623	59	15	0,599	92	37	0,568	125	58	0,501
27	105	0,622	60	24	0,598	93	100	0,566	126	73	0,500
28	103	0,621	61	112	0,598	94	74	0,566	127	98	0,483
29	89	0,620	62	91	0,596	95	31	0,564	128	53	0,480
30	26	0,619	63	118	0,593	96	11	0,563	129	9	0,469
31	47	0,618	64	111	0,592	97	76	0,563	130	110	0,458
32	17	0,618	65	62	0,590	98	12	0,563	131	67	0,428
33	55	0,615	66	94	0,590	99	107	0,561			

Fonte: Autor.

4.4. Geração de Cenários

Foram gerados 29 cenários a partir do modelo multicritério construído com a intenção de analisar o comportamento da escolha das melhores alternativas perante a alteração dos diferentes critérios presentes na estrutura hierárquica. Os parâmetros que foram alterados, bem como o objetivo para cada alteração se encontram descritos pela tabela 22.

Tendo em vista que a utilização de DL's permite com que os próprios clientes retirem seus produtos de maneira prática e por conta própria nos estabelecimentos em que eles estão instalados, é ideal que estas pessoas possam ir a pé para realizar esse processo, tornando-se uma alternativa mais viável em termos logísticos e ambientais (ALVES et al., 2019). De acordo com Arnold et al., (2018), quanto maior a distância que o cliente irá caminhar, maior é a probabilidade do mesmo em se locomover por meio de um veículo motorizado, como mostra as informações da tabela 21.

Tabela 21. Probabilidade de se usar alternativas motorizadas para retirada de pacotes.

Distância	Probabilidade
0-200m	10%
200-500m	30%
500-1000m	50%
1000m+	70%

Fonte: Adaptado de Arnold et al., (2018).

O primeiro critério a ser avaliado foi o critério “Regiões Residenciais”, onde os parâmetros da função de normalização foram alterados de acordo com as informações vistas nas tabelas 21 e 22. Os resultados dos cinco primeiros cenários podem ser observados na tabela 23. Nota-se que quanto maior é a importância dada para as alternativas que são próximas das regiões em que se têm maior concentração da população, menor é a colocação da alternativa 78 no ranking, uma vez que ela se trata de uma farmácia que fica mais distante das regiões centrais da cidade, no caso as regiões mais habitadas.

Por outro lado, alternativas como a 82 e a 30 ganham destaque e ocupam a posição do décimo segundo lugar, onde ambas têm a mesma contribuição para o objetivo do problema, já que elas se encontram mais próximas das regiões mais populosas. A figura 19 mostra as alternativas 82 e 30 (um supermercado e uma farmácia, respectivamente) ilustradas em azul, onde pode-se observar que elas estão próximas das regiões destacadas, bem como a alternativa 78 ilustrada em vermelho, evidenciando ser uma opção que deixa de ser importante se avaliado a distância dos estabelecimentos com as regiões residenciais.

MODELAGEM PARA AVALIAR A INSTALAÇÃO DE UM PCE NO CONTEXTO DE DIVINÓPOLIS

Tabela 22. Objetivos para cada cenário gerado.

Critério	Subcritérios	Cenários	Parâmetros	Objetivo das Alterações
<i>Distância</i>	Regiões Residenciais	1	0-200m	Alteração nos parâmetros de distância da função de normalização do critério "Regiões Residenciais" com o intuito de avaliar alternativas que satisfazem esse quesito, mesmo para maiores distâncias entre as regiões mais populosas da cidade e os estabelecimentos analisados para alocação de DL's
		2	200-500m	
		3	500-1000m	
		4	1000-1500m	
		5	1500-2000m	
	Centros Comerciais	6	0-200m	Alteração nos parâmetros de distância da função de normalização do critério "Centros Comerciais" com o intuito de avaliar alternativas que satisfazem esse quesito, mesmo para maiores distâncias entre os centros comerciais da cidade e os estabelecimentos analisados para alocação de DL's
		7	200-500m	
		8	500-1000m	
		9	1000-1500m	
		10	1500-2000m	
	Vias Principais	11	0-200m	Alteração nos parâmetros de distância da função de normalização do critério "Vias Principais" com o intuito de avaliar alternativas que satisfazem esse quesito, mesmo para maiores distâncias entre as principais vias da cidade e os estabelecimentos analisados para alocação de DL's
		12	200-500m	
		13	500-1000m	
		14	1000-1500m	
		15	1500-2000m	
	Ponto de Ônibus	16	0-200m	Alteração nos parâmetros de distância da função de normalização do critério "Ponto de Ônibus" com o intuito de avaliar alternativas que satisfazem esse quesito, mesmo para maiores distâncias entre os pontos de embarque e desembarque de passageiros e os estabelecimentos analisados para alocação de DL's
		17	200-500m	
		18	500-1000m	
<i>Infraestrutura</i>	Espaço Físico	19	Pesos Invertidos	Inversão dos pesos dos critérios "Espaço Físico" e "Estacionamento" com o intuito de dar mais importância ao primeiro subcritério e verificar se as alternativas escolhidas pelo AHP satisfazem as exigências dos clientes que ainda desejam retirar seus produtos com veículo próprio
		Estacionamento	20	0,3
	21		0,5	
<i>Horário de Funcionamento</i>	-	22	Alteração na Escala	Ajuste na escala de avaliação do critério "Horário de Funcionamento" com o intuito de verificar se as alternativas que funcionam em horários diurnos satisfazem as exigências dos consumidores
		23	Alteração na Escala	
<i>Segurança</i>	-	24	0-200m	Alteração nos parâmetros de distância da função de normalização do critério "Segurança" com o intuito de avaliar quais são as alternativas que estão mais distantes das zonas de perigo e satisfazem as outras variáveis do modelo
		25	200-500m	
		26	500-1000m	
		27	1000-1500m	
		28	1500-2000m	
		29	2000-3000m	

Fonte: Autor.

Tabela 23. Cenários gerados pelo critério “Regiões Residenciais”.

Cenário	1	2	3	4	5
Ranking	0-200m	200-500m	500-1000m	1000-1500m	1500-2000m
1	4	4	4	4	4
2	14	14	14	14	14
3	25	25	25	25	25
4	131	131	131	131	131
5	130	130	130	130	130
6	18	18	18	18	18
7	81	81	104	104	104
8	104	104	81	81	81
9	78	78	21	21	21
10	93	93	93	93	42
11	21	21	42	42	93
12	42	42	78	82	30
13	82	82	82	30	90
14	30	30	30	49	82
15	95	49	49	90	49
16	49	95	28	28	28
17	28	28	95	95	95
18	90	90	90	35	35
19	35	35	35	78	92
20	92	92	92	92	78
21	45	45	45	45	79
22	79	79	79	79	45
23	97	29	29	29	29
24	29	97	97	108	36

Fonte: Autor.

Já para os cinco cenários seguintes avaliou-se o comportamento das alternativas perante as alterações dos parâmetros da função de normalização do critério “Centros Comerciais” de acordo também, com as informações dispostas nas tabelas 21 e 22. Os resultados do ranking podem ser conferidos na tabela 24.

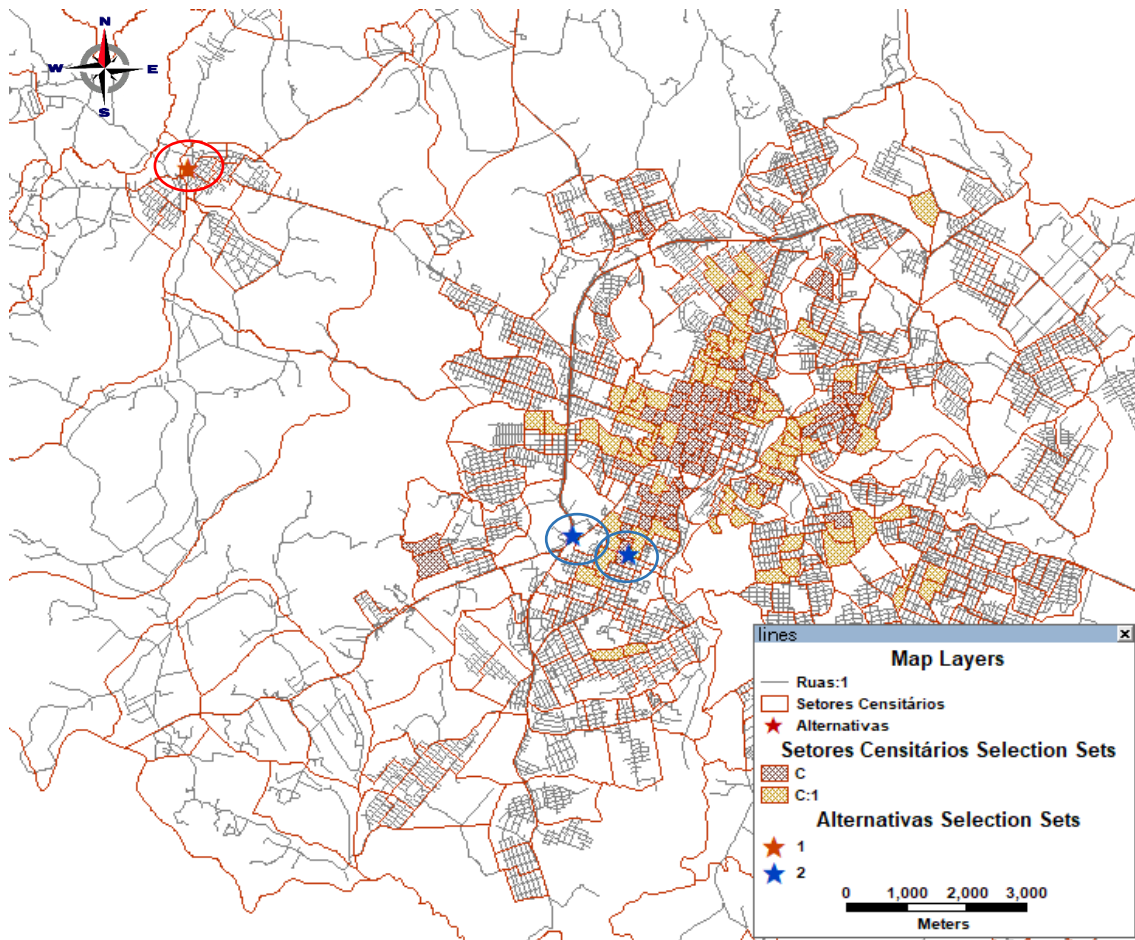


Figura 19. Alternativas avaliadas nos cenários 1 a 5.
Fonte: Autor.

Novamente pode-se notar que a alternativa 78 perde posição no ranking à medida que os valores de distância das alternativas para com as regiões denominadas centros comerciais tornam-se mais importantes. Além disso, apesar das alterações dos parâmetros, tanto nos cinco primeiros cenários, quanto cinco cenários seguintes, as alternativas que fazem parte das 12 primeiras selecionadas ainda se mantêm como preferidas pelo método, evidenciando o fato de que elas representam de maneira satisfatória ambos os critérios “Regiões Residenciais” e “Centros Comerciais”.

Tabela 24. Cenários gerados pelo critério “Centros Comerciais”.

Cenário	6	7	8	9	10
Ranking	0-200m	200-500m	500-1000m	1000-1500m	1500-2000m
1	4	4	4	4	4
2	14	14	14	14	14
3	25	25	25	25	25
4	131	131	131	131	131
5	130	130	130	130	130
6	18	18	18	18	18
7	81	81	81	104	104
8	104	104	104	81	81
9	78	78	78	21	21
10	93	21	21	93	93
11	21	93	93	42	42
12	42	42	42	78	82
13	82	82	82	82	30
14	30	30	30	30	49
15	95	49	49	49	90
16	49	95	95	28	28
17	28	28	28	95	78
18	90	90	90	90	95
19	35	35	35	35	35
20	92	92	92	92	92
21	45	45	45	45	45
22	79	79	79	79	79
23	97	97	29	29	29
24	29	29	97	97	97

Fonte: Autor.

Os próximos cenários foram gerados a partir da alteração dos parâmetros da função de normalização do critério “Vias Principais”. A tabela 25 mostra os resultados obtidos deste procedimento.

É importante ressaltar que as distâncias do critério “Vias Principais” foram calculadas com base na rede de circulação de veículos, ou seja, as alternativas mais pontuadas satisfazem o problema no sentido de clientes que preferem se deslocar até os DL’s através de veículos particulares ou transporte público.

Tabela 25. Cenários gerados pelo critério “Vias Principais”.

Cenário	11	12	13	14	15
Ranking	0-200m	200-500m	500-1000m	1000-1500m	1500-2000m
1	4	4	4	4	4
2	14	14	14	14	14
3	25	25	25	25	25
4	131	131	131	131	131
5	130	130	130	130	130
6	18	18	18	18	18
7	81	104	104	104	104
8	104	81	81	81	81
9	78	78	21	21	21
10	21	21	93	93	93
11	93	93	42	42	30
12	42	42	78	30	42
13	82	82	30	95	95
14	30	30	82	49	49
15	95	95	95	82	28
16	49	49	49	28	82
17	28	28	28	90	90
18	90	90	90	35	35
19	35	35	35	78	92
20	92	92	92	92	78
21	45	45	45	45	45
22	79	79	79	79	79
23	97	97	97	29	29
24	29	29	29	97	97

Fonte: Autor.

Apesar do fato de que este critério visa atender a demanda de clientes que prefere utilizar veículos para a retirada de produtos, nota-se que as alternativas colocadas do primeiro ao oitavo lugar ainda não tiveram suas colocações alteradas, portanto pode-se afirmar que elas satisfazem também este critério por estarem bem próximas às vias consideradas como principais de Divinópolis, segundo Mello (2015).

Novamente a alternativa 78 perde colocações à medida que a distância das vias para as alternativas aumenta, entretanto percebe-se que alternativas como a 30, 95 e 49 (destacadas em azuis na figura 20) vão ganhando colocações, uma vez que elas estão localizadas exatamente nas vias principais da cidade, reduzindo possíveis desvios e facilitando o acesso de veículos a estas ruas. Além disso, a alternativa 42 (destacada em vermelho, junto com a alternativa 78) também tende a perder posições no ranking, já que ela está um tanto quanto distante das vias que são avaliadas nestes cenários (destacadas de preto).

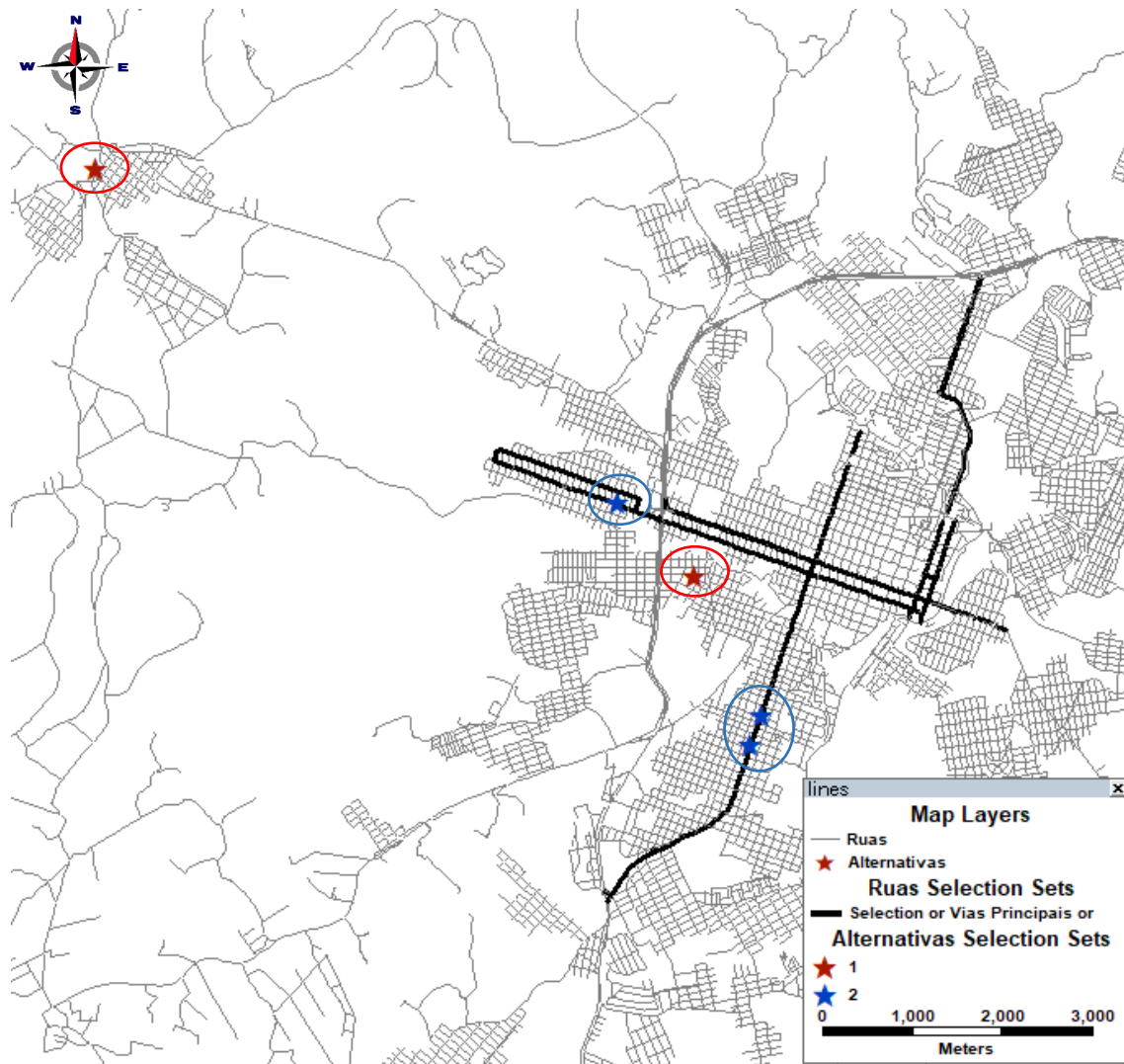


Figura 20. Alternativas avaliadas nos cenários 11 a 15.
Fonte: Autor.

Para finalizar os cenários que envolvem avaliar o critério “Distância”, foram geradas três outras opções onde o critério “Ponto de Ônibus” teve seus parâmetros alterados de acordo com as tabelas 21 e 21, entretanto foram consideradas distâncias até mil metros, uma vez que o uso de veículos particulares não é considerado para casos de pessoas que utilizam o transporte público para se locomover. Os resultados podem ser observados na tabela 26.

Observa-se que quanto maior a distância, mais necessárias se tornam as alternativas 95 e 49, já que ambas são localizadas nas vias principais da cidade, vias estas que possuem uma alta concentração de pontos de ônibus que abrangem a maioria das linhas disponíveis pela viação responsável pelo transporte público de Divinópolis. Isto facilitaria para que moradores de diferentes regiões retirassem seus produtos sem precisar de caminhar longas distâncias até os pontos dos ônibus que os mesmos devem utilizar para se locomoverem até suas residências.

Em contrapartida, a alternativa 81 perde um pouco de sua importância, uma vez que sua localização é um pouco afastada das vias que dispõem de uma maior quantidade de pontos de ônibus.

Discutindo então os cenários que buscam alterações no critério “Distância” do modelo AHP construído, pode-se dizer que as alternativas 4, 14, 25, 131, 130, 18, 104, 21 e 42 são opções que satisfazem este requisito, uma vez que todas elas estavam 100% presentes nas 12 primeiras colocações do ranking em todos os dezoito cenários avaliados. Já a utilização das alternativas 78, 42 e 81 pode ser repensada caso o desejo seja atender aos consumidores que usam transporte público para sua locomoção.

Tabela 26. Cenários gerados pelo critério “Ponto de Ônibus”.

Cenário	16	17	18
Ranking	0-200m	200-500m	500-1000m
1	4	4	4
2	14	14	131
3	25	25	14
4	131	131	25
5	130	130	130
6	18	18	18
7	104	104	104
8	81	81	21
9	78	78	42
10	21	21	95
11	93	93	93
12	42	42	49
13	30	30	30
14	95	95	81
15	49	49	35
16	82	28	28
17	28	35	97
18	90	90	90
19	35	82	92
20	92	92	29
21	97	97	108
22	79	79	89
23	45	45	79
24	29	29	45

Fonte: Autor.

Avaliando agora o critério “Infraestrutura”, que tem como subcritérios “Estacionamento” e “Espaço Físico”, foi gerado um cenário onde os pesos de ambos os subcritérios foram invertidos, com o intuito de testar o comportamento dos resultados em caso de redução do peso deste último critério. Além disso, outros dois cenários foram gerados para verificar se com o aumento do peso do critério “Estacionamento” as

alternativas escolhidas pelo AHP ainda seriam preferidas em relação as demais. Os resultados podem ser observados na tabela 27.

Quando comparado os resultados do cenário 19 com o resultado encontrado pelo método AHP inicial, nota-se que as alternativas presentes em ambos os casos são as mesmas, porém em uma ordem diferente. Isso se dá pelo fato de que, apesar de algumas das alternativas escaladas ainda não oferecerem estacionamento, o peso do critério “Infraestrutura” é de 5,9%, pouco significativo se comparado aos demais. Entretanto, o cenário 20 e 21 mostram os resultados para caso este critério tenha um peso de 30% e 50%, respectivamente, onde pode-se observar a preferência pelas alternativas que possuem maiores estacionamentos.

Tabela 27. Cenários gerados pelo critério “Infraestrutura”.

Cenário	AHP	19	20	21
Ranking	0,059	Invertido	0,3	0,5
1	4	4	131	131
2	14	131	130	130
3	25	14	81	81
4	131	25	104	104
5	130	130	82	82
6	18	18	90	90
7	78	78	105	105
8	81	81	89	89
9	104	104	84	84
10	93	21	83	83
11	21	42	94	94
12	42	93	99	99
13	82	82	93	93
14	30	30	18	92
15	95	49	92	18
16	49	28	4	91
17	28	90	91	27
18	90	35	14	86
19	35	92	25	87
20	92	95	27	24
21	45	45	24	100
22	79	79	86	77
23	97	29	95	85
24	29	36	87	4

Fonte: Autor.

É interessante notar que alternativas antes preferidas, tanto pelo método AHP, quanto pelos cenários gerados pelas alterações do critério “Distância”, como a 4, 14 e 25, perdem suas colocações à medida que o critério “Estacionamento” tem maior influência sobre o modelo. Mesmo que estas sejam alternativas consideradas como as mais adequadas até então, elas podem perder sua importância para caso o perfil do consumidor seja de pessoas que tem maior costume circular com veículo próprio pela

cidade e desejam por locais que possam guardá-los para realizarem suas atividades rotineiras. Nota-se também a prevalência pelas alternativas 130 e 131 e que são os grandes shoppings da cidade, os quais oferecem um grande estacionamento e espaço físico de sobra para instalação de DL's.

A figura 21 apresenta as 12 alternativas encontradas nos cenários 20 e 21 vistos anteriormente, mostrando que as opções são concentradas próximas das vias principais da cidade, fazendo com que este cenário seja uma possível opção para caso a demanda a ser atendida seja a de clientes que preferem retirar seus produtos de carro.

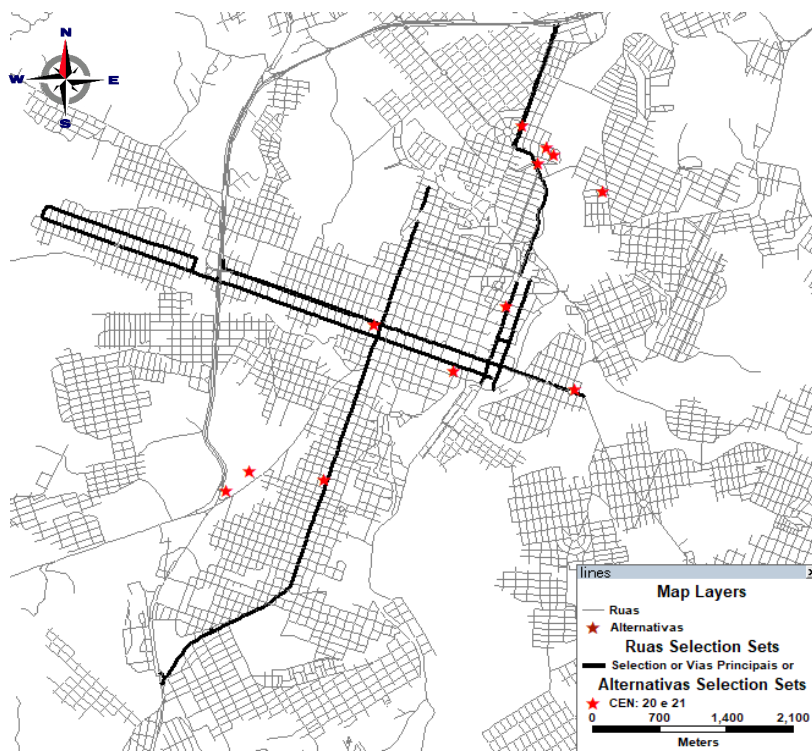


Figura 21. Alternativas avaliadas nos cenários 20 e 21.
Fonte: Autor.

Os próximos cenários analisados tiveram como base a alteração da escala de normalização do critério “Horário de Funcionamento”, onde os cenários 22 e 23 consistem em dar uma maior importância aos estabelecimentos que funcionam apenas na parte do dia para testar o comportamento dos resultados. Os parâmetros utilizados para esta etapa estão descritos na tabela 28.

Tabela 28. Parâmetros para os cenários 22 e 23

Horário	AHP	22	23
24 horas	1	1	1
06:00 - 22:00	0,9	0,9	0,9
07:00 - 21:00	0,8	0,8	0,9
08:00 - 22:00	0,7	0,8	0,9
08:00 - 18:00	0,6	0,7	0,8
Meio Período (Diurno)	0,5	0,6	0,7

Fonte: Autor.

Os resultados obtidos com os novos cenários estão descritos na tabela 29. Nota-se que as alternativas antes preferencialmente classificadas como as mais pontuadas (4, 14, 25, 130, 131) nos cenários 22 e 23 têm uma queda no ranking, sendo substituídas por alternativas como a 81, 104 e 93, que já estavam antes presentes nas doze primeiras colocações e subiram para os primeiros lugares.

Tabela 29. Cenários gerados pelo critério “Horário de Funcionamento”.

Cenário	AHP	22	23
Ranking	-	-	-
1	4	4	81
2	14	81	104
3	25	104	93
4	131	14	82
5	130	25	95
6	18	93	90
7	78	131	92
8	81	82	97
9	104	95	108
10	93	90	105
11	21	130	103
12	42	92	89
13	82	97	4
14	30	108	18
15	95	105	78
16	49	103	14
17	28	89	25
18	90	18	21
19	35	78	131
20	92	21	42
21	45	42	84
22	79	84	30
23	97	30	49
24	29	49	28

Fonte: Autor.

É válido destacar que no cenário 23, absolutamente todas as alternativas são supermercados ou hipermercados de horário de funcionamento, tanto no período diurno, quanto no período noturno. Logo, pode-se concluir que caso não existisse diferenciação de peso para as alternativas que tem um horário de funcionamento mais estendido, os avaliadores do modelo iriam optar preferencialmente por retirar seus produtos em DL's que estivessem instalados nestes estabelecimentos.

A figura 22 ilustra as alternativas escolhidas pelo cenário 23, onde pode-se perceber que elas estão espalhadas nas regiões centrais, que são as regiões próximas de centros comerciais (com exceção da região destaca em amarelo, pois esta está próxima a uma das regiões elencadas como regiões não-seguras), fazendo com que este cenário apresente bons resultados caso se deseja atender um público que frequenta estas

localidades a pé, tanto durante o dia, quanto no período da noite. Entretanto, algumas alternativas não dispõem de estacionamentos, dificultado para clientes que desejam retirar seus produtos utilizando um veículo motorizado.

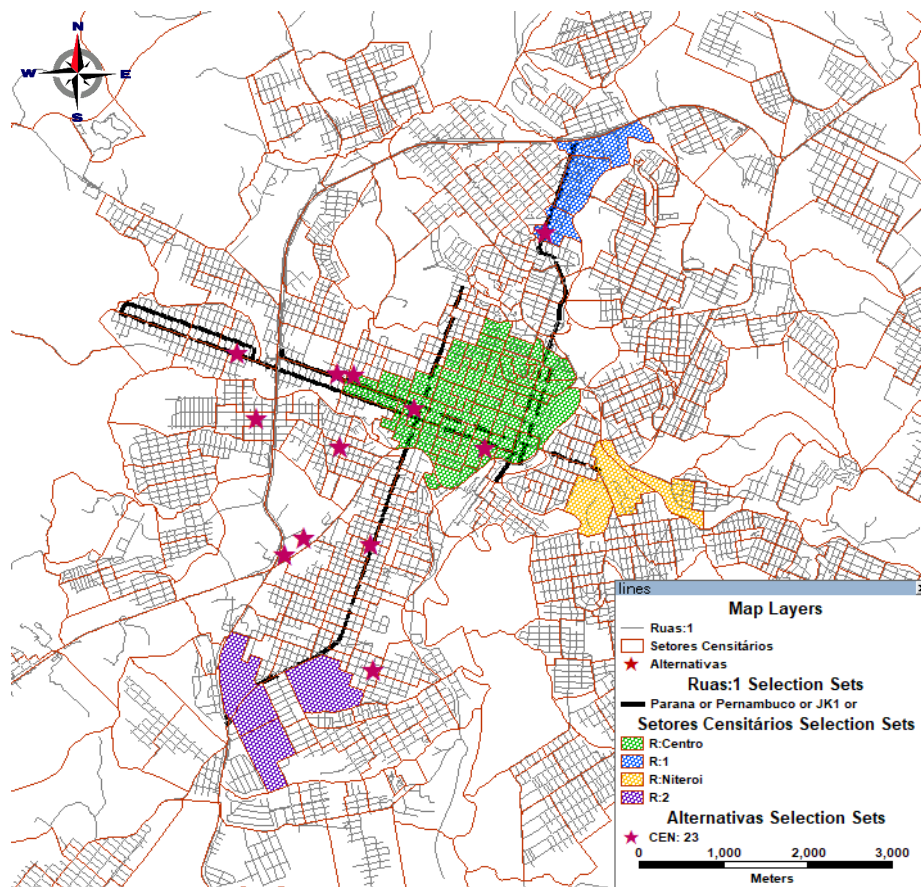


Figura 22. Alternativas avaliadas nos cenários 22 e 23.

Fonte: Autor.

Os próximos cenários foram avaliados de acordo com alterações feitas nos parâmetros da função de normalização do critério “Segurança”, utilizando o mesmo princípio das informações encontradas na tabelas 21 e 22, com o objetivo de avaliar o comportamento do ranking caso as piores avaliações para este critério não sejam apenas próximas de zero e sim valores um pouco maiores que ainda irão garantir que os estabelecimentos estejam distantes das zonas consideradas perigosas em termos de criminalidade, pensando em distâncias aceitáveis para que os clientes possam retirar seus produtos a pé e ainda se sentirem seguros em realizar essa operação.

Como o critério “Segurança” é o critério que possui o maior peso do modelo (36,2%), a alternativa 78, por exemplo, que foi um estabelecimento que perdeu posições nos cenários anteriores por não ter tido um bom desempenho nos demais critérios, aparece como a favorita em todos os novos cenários (24 a 29), onde os resultados podem ser observados na tabela 30. Isso se dá pelo fato de que esta alternativa, assim como a 62, obtiveram as distâncias mais elevadas das zonas consideradas perigosas.

Outras alternativas que apareceram como boas opções tanto no ranking do método AHP, quanto em outros cenários, também tiveram um destaque positivo nos

cenários 24 a 29, como as alternativas 93, 95, 81, 21 e 42, por exemplo, que além de satisfazerem as exigências do critério “Segurança”, também tiveram boas pontuações nos demais cenários anteriores.

Tabela 30. Cenários gerados pela alteração de parâmetros do critério “Segurança”.

Cenário	24	25	26	27	28	29
Ranking	0-200m	200-500m	500-1000m	1000-1500m	1500-2000m	3000m
1	78	78	78	78	78	78
2	62	62	62	62	62	62
3	46	46	46	46	93	93
4	106	106	106	93	95	95
5	86	86	93	106	46	82
6	93	93	95	95	106	97
7	95	95	86	97	82	106
8	97	97	97	82	97	46
9	82	82	82	86	86	81
10	69	69	69	81	81	86
11	81	81	81	69	21	21
12	42	21	21	21	42	42
13	21	42	42	42	69	30
14	30	30	30	30	30	69
15	51	28	28	28	28	28
16	108	108	108	108	108	104
17	28	51	51	92	104	108
18	59	59	92	49	49	49
19	92	92	49	104	92	92
20	57	49	104	51	51	35
21	49	57	59	57	57	57
22	104	104	57	59	35	103
23	35	35	35	35	59	51
24	103	103	103	103	103	59

Fonte: Autor.

Quando se observa as doze alternativas ranqueadas no cenário 29 na figura 23, nota-se que a tendência das mesmas é se encontrarem dispostas na parte norte/oeste da cidade, distanciando das zonas demarcadas em vermelho, porém, escolhendo aquelas que se encaixam melhor ao objetivo do problema, mesmo quando a distância de segurança é reduzida. Entretanto isso não quer dizer que são as opções mais adequadas para satisfazer o objetivo proposto, uma vez que muitas delas estão fora das zonas centrais e centros comerciais, bem como distantes do acesso para as vias principais da cidade.

Depois de alterar os parâmetros de todos os critérios para a geração de cenários, o próximo passo foi verificar quais as alternativas que mais apareceram em todos eles, sejam nas 12 primeiras colocações (no caso a quantidade de DL’s necessária para atender a população de Divinópolis), ou seja nas demais posições do ranking.

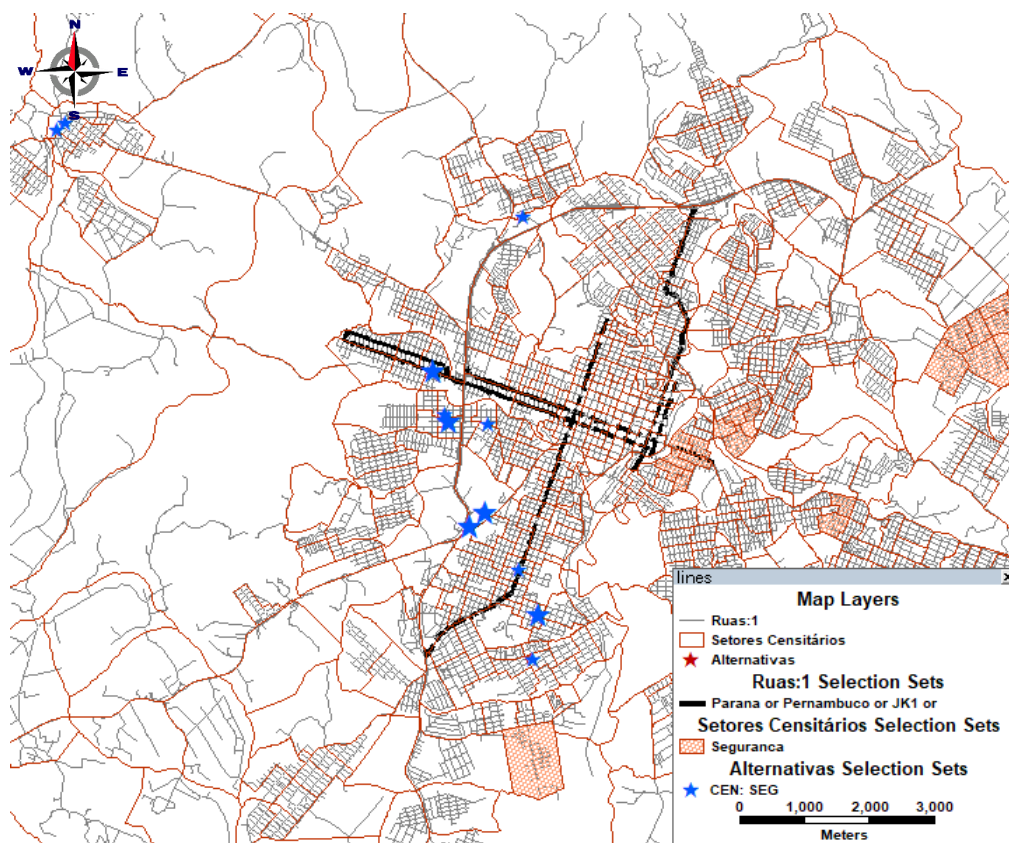


Figura 23. Alternativas avaliadas nos cenários 24 a 29.

Fonte: Autor.

Avaliando todos os 29 cenários, a primeira análise teve o intuito de verificar quantas vezes cada alternativa das 131 apareceram nas 12 primeiras colocações do ranking (os resultados podem ser observados na tabela 31). Logo, nota-se que as 12 alternativas que mais estiveram presentes nestas posições foram exatamente as 12 apontadas como melhores pelo método AHP, porém ranqueadas em ordem diferente. O mapa com a distribuição destas alternativas, portanto, é o mesmo mapa ilustrado pela figura 18, na seção 4.3.4. Além disso, verificou-se que apenas 24 alternativas apareceram nas 12 primeiras colocações, como mostra a tabela 31.

Por conseguinte, foi verificado também quantas vezes cada uma das 131 alternativas apareceram nas posições 13 a 24 do ranking geral. A tabela 32 mostra os resultados desta análise, onde percebe-se que as 12 primeiras alternativas são diferentes das apontadas na tabela anterior. Enfatiza-se que, apesar de elas não terem sido as alternativas preferidas pelo método, ainda sim são boas opções para solucionarem o problema proposto.

Por fim, observa-se que alternativas como a 90, 92, 95 e 97, se tratam de hipermercados ou supermercados, que são estabelecimentos que se tornam preferenciais quando se deseja atender melhor os critérios “Segurança” e “Horário de Funcionamento”, que são os critérios de maior peso no modelo (primeiro e segundo mais importantes, respectivamente) conforme visto nas tabelas 28 e 29.

Tabela 31. Avaliação de cenários - doze primeiros lugares.

Ranking	Altern.	Qntd.	%	Ranking	Altern.	Qntd.	%
1	104	23	79,31%	13	82	5	17,24%
2	130	23	79,31%	14	30	4	13,79%
3	131	23	79,31%	15	90	3	10,34%
4	4	21	72,41%	16	95	2	6,90%
5	81	21	72,41%	17	49	2	6,90%
6	93	21	72,41%	18	89	2	6,90%
7	14	21	72,41%	19	84	2	6,90%
8	25	21	72,41%	20	105	2	6,90%
9	18	20	68,97%	21	83	2	6,90%
10	21	20	68,97%	22	94	2	6,90%
11	42	20	68,97%	23	99	2	6,90%
12	78	13	44,83%	24	92	1	3,45%

Fonte: Autor.

Tabela 32. Avaliação de cenários - doze segundos lugares.

Ranking	Altern.	Qntd.	%	Ranking	Altern.	Qntd.	%
1	92	22	75,86%	19	93	2	6,90%
2	90	20	68,97%	20	24	2	6,90%
3	95	20	68,97%	21	27	2	6,90%
4	28	20	68,97%	22	86	2	6,90%
5	29	20	68,97%	23	87	2	6,90%
6	35	20	68,97%	24	91	2	6,90%
7	45	20	68,97%	25	14	1	3,45%
8	79	20	68,97%	26	25	1	3,45%
9	49	19	65,52%	27	21	1	3,45%
10	97	18	62,07%	28	42	1	3,45%
11	30	17	58,62%	29	84	1	3,45%
12	82	16	55,17%	30	105	1	3,45%
13	78	7	24,14%	31	26	1	3,45%
14	18	3	10,34%	32	36	1	3,45%
15	89	3	10,34%	33	77	1	3,45%
16	108	3	10,34%	34	85	1	3,45%
17	4	2	6,90%	35	100	1	3,45%
18	81	2	6,90%	36	103	1	3,45%

Fonte: Autor.

A figura 24 ilustra a disposição das 12 alternativas apontadas na tabela 32 como as mais presentes nas colocações 13 a 24 do modelo, evidenciando uma maior concentração de estabelecimentos nas partes sul e oeste da cidade, bem como próximas ou inseridas nas regiões centrais.

Como a maior quantidade de cenários gerados envolveu o critério “Distância” (o terceiro critério de maior importância), estas doze alternativas não tiveram tanto destaque nos resultados da tabela 31. Porém é válido reforçar que o método AHP é um

método de auxílio à tomada de decisões, logo as alternativas encontradas na figura 24 também seriam possíveis lugares para instalação de DL's, visto que elas conseguem atender ao objetivo proposto e ainda assim estarem dispostas próximas as regiões mais populosas, bem como das vias principais e do centro de Divinópolis.

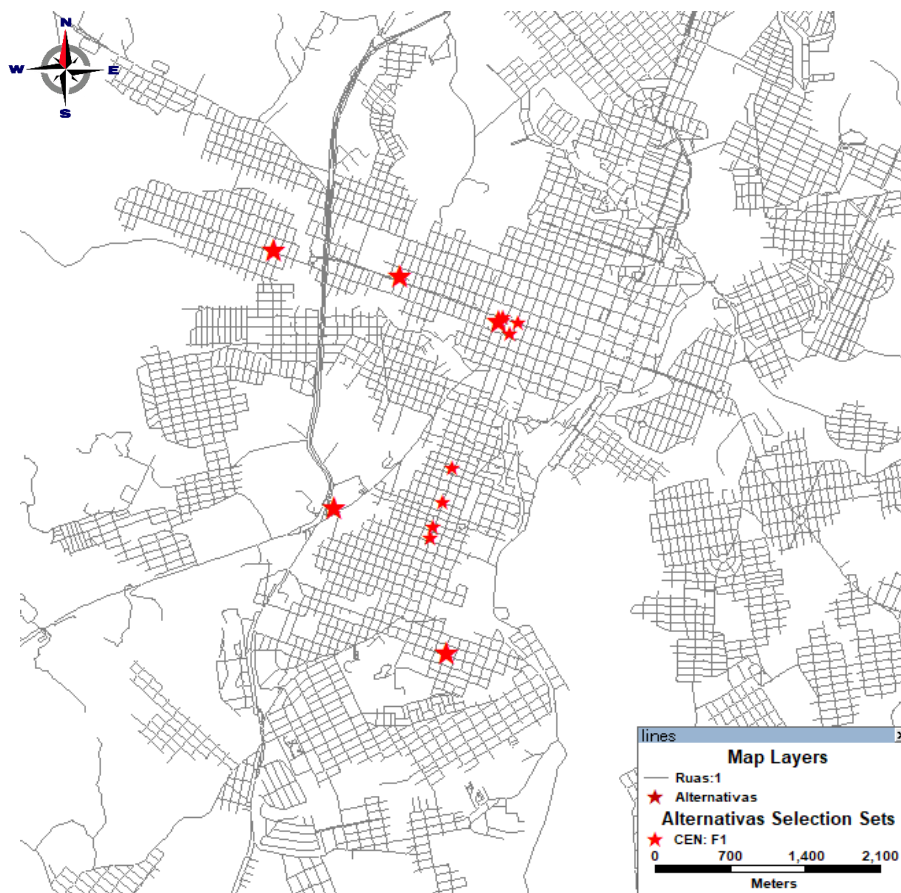


Figura 24. Alternativas escolhidas pelas análises da tabela 32.

Fonte: Autor.

Em última instância, foram ranqueadas as alternativas de acordo com a quantidade de vezes que cada uma delas apareceram nas 24 primeiras posições. Logo foram encontradas 42 alternativas, conforme as informações dispostas na tabela 33.

Nota-se que nenhuma alternativa que representa os bancos da cidade apareceu nas primeiras posições do ranking do modelo. Pode-se dizer que isto se dá pela ausência de estacionamentos destes locais, bem como espaço físico quando se comparado aos demais estabelecimentos. Em complemento, o critério “Horário de Funcionamento” tem muita influência para que isto tenha ocorrido, uma vez que outros possíveis locais possuem maior flexibilidade no horário, ganhando posições em relação aos bancos neste quesito.

A figura 25 apresenta as primeiras doze alternativas ranqueadas na tabela 33 no mapa de Divinópolis. É possível perceber que há uma grande concentração das mesmas na parte central e sul da cidade, fazendo com que esta combinação de alternativas seja ideal para atender aos critérios “regiões residenciais”, “centros comerciais” e “segurança” de maneira satisfatória.

Tabela 33. Avaliação de cenários – total de aparição de todas as alternativas.

Ranking	Altern.	Qntd.	%	Ranking	Altern.	Qntd.	%
1	92	23	79,31%	22	79	20	68,97%
2	90	23	79,31%	23	78	20	68,97%
3	18	23	79,31%	24	97	18	62,07%
4	4	23	79,31%	25	89	5	17,24%
5	81	23	79,31%	26	108	3	10,34%
6	93	23	79,31%	27	84	3	10,34%
7	104	23	79,31%	28	105	3	10,34%
8	130	23	79,31%	29	24	2	6,90%
9	131	23	79,31%	30	27	2	6,90%
10	95	22	75,86%	31	86	2	6,90%
11	14	22	75,86%	32	87	2	6,90%
12	25	22	75,86%	33	91	2	6,90%
13	49	21	72,41%	34	83	2	6,90%
14	30	21	72,41%	35	94	2	6,90%
15	82	21	72,41%	36	99	2	6,90%
16	21	21	72,41%	37	26	1	3,45%
17	42	21	72,41%	38	36	1	3,45%
18	28	20	68,97%	39	77	1	3,45%
19	29	20	68,97%	40	85	1	3,45%
20	35	20	68,97%	41	100	1	3,45%
21	45	20	68,97%	42	103	1	3,45%

Fonte: Autor.

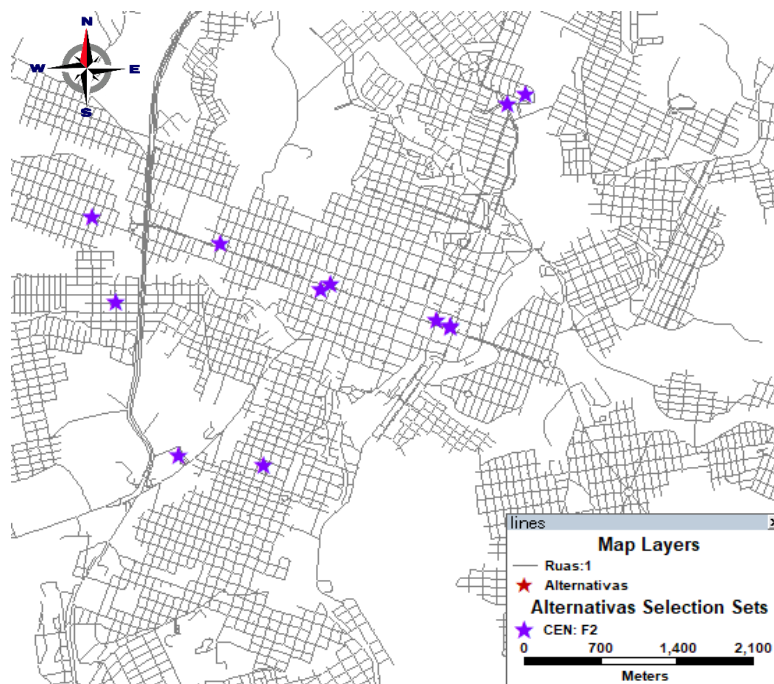


Figura 25. Alternativas escolhidas pelas análises da tabela 33.

Fonte: Autor.

4.5. Discussão e Resultados

Com o intuito de discutir os resultados dos cenários vistos no capítulo anterior, bem como avaliar a escolha das alternativas perante as alterações dos pesos dos critérios de nível 1 elencados no modelo, foi realizada uma análise de sensibilidade com as 12 alternativas apontadas pelo AHP como que melhor satisfazem o objetivo proposto, de acordo com a opinião dos 8 avaliadores (vide tabela 20).

O primeiro critério analisado foi o critério “Horário de Funcionamento”, onde os resultados podem ser observados no gráfico 24. A reta destacada em vermelho representa o peso desse critério encontrado nos resultados do AHP (31,41%). Podemos observar que à medida que este critério ganha importância, a tendência do modelo é optar pelas alternativas 4, 14 e 25, que são estabelecimentos que funcionam 24 horas e foram destaque no ranking dos diversos cenários gerados, além de serem as três alternativas que ocupam os primeiros lugares no ranking do AHP (vide tabela 20).

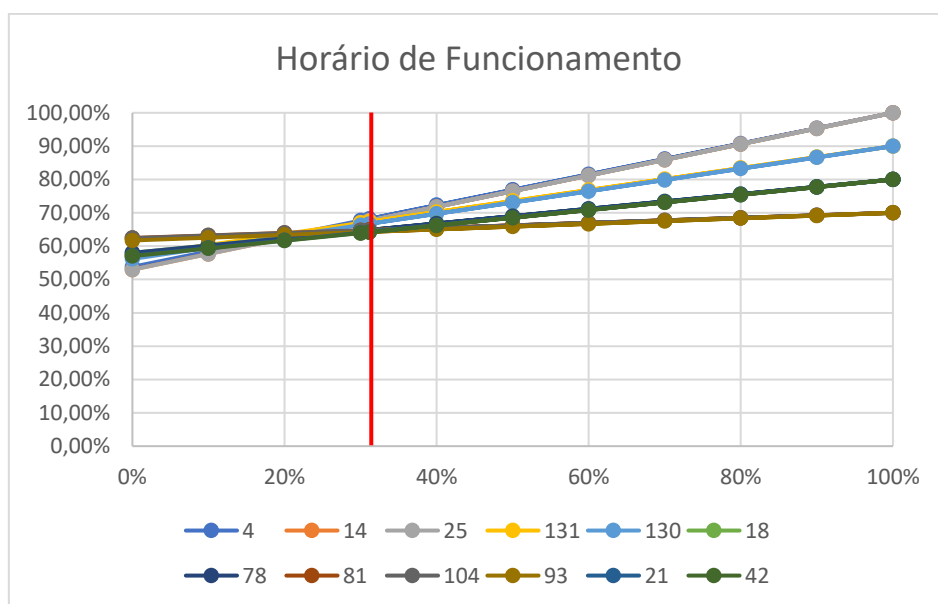


Gráfico 24. Análise de sensibilidade - critério "Horário de Funcionamento".
Fonte: Autor.

Em contrapartida, as alternativas 81, 104 e 93 que apresentam uma menor contribuição se comparadas as primeiras colocações do ranking não têm uma queda expressiva, pelo contrário, todas as alternativas têm valores crescentes de desempenho à medida que este critério toma importância, ou seja, pode-se afirmar que elas são boas escolhas caso se queira atender a clientes que têm preferência por locais que oferecem uma maior flexibilidade de horário.

O segundo critério avaliado pela análise de sensibilidade foi o critério “Distância”, de peso 26,74%. O gráfico 25 ilustra as informações deste procedimento. À medida que o peso deste critério ganha importância, prevalece a escolha pela alternativa 4, bem como as demais, confirmando que todas elas satisfazem bem este critério (com exceção da alternativa 78).

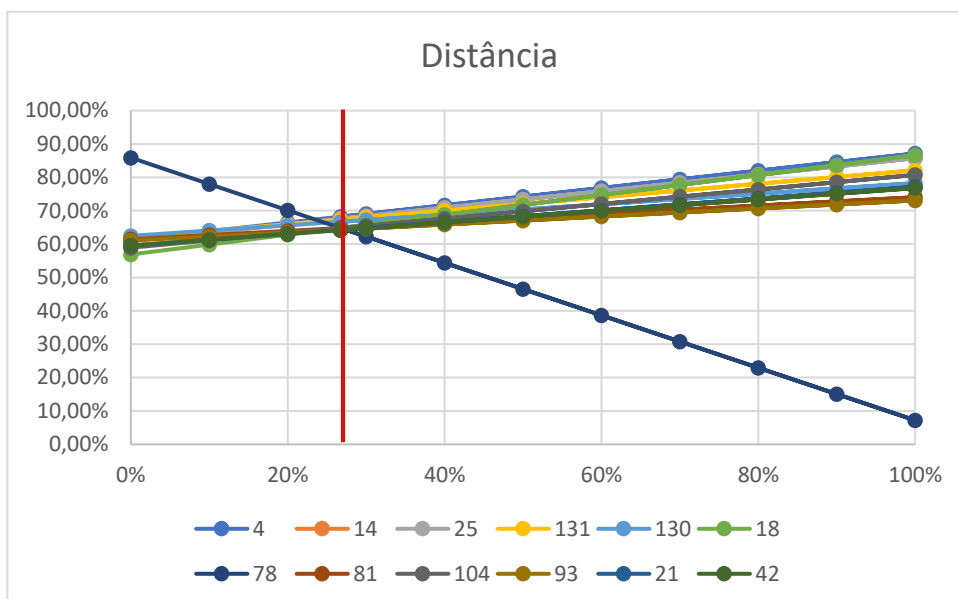


Gráfico 25. Análise de sensibilidade - critério "Distância".

Fonte: Autor.

Entretanto, percebe-se que a alternativa 78 tem uma queda brusca quando o peso do critério “Distância” aumenta. Isso acontece justamente por este estabelecimento ser o mais distante das regiões centrais e residenciais da cidade. Apesar de esta característica não ser favorável para a escolha da alternativa 78, ela ainda é a mais pontuada no critério “segurança”, permanecendo assim no top 12 do ranking do AHP. Caso deseje-se optar por estabelecimentos que estejam localizados mais próximo das regiões centrais da cidade, sugere-se a escolha de outra alternativa que possam satisfazer bem este critério e os demais, como as alternativas 82, 30 ou 95, por exemplo.

O terceiro critério analisado, foi o critério “Infraestrutura” (vide gráfico 26). As alternativas que têm maior ganho à medida que o peso deste critério aumenta são shoppings e supermercados, que dispõem de um grande espaço físico, bem como grandes estacionamentos.

Como o peso deste critério é pouco expressivo para o modelo (5,88%), a escolha por alternativas que satisfazem melhor às exigências dos consumidores não é muito evidente. Entretanto, caso ele se torne um critério de maior importância, percebe-se a queda de estabelecimentos como farmácias pequenas que não possuem estacionamentos (caso das alternativas 42, 21 e 7) bem como as alternativas que são farmácias de porte médio (4, 18 e 25) e nota-se a preferência por estabelecimentos maiores, como supermercados, hipermercados e shoppings.

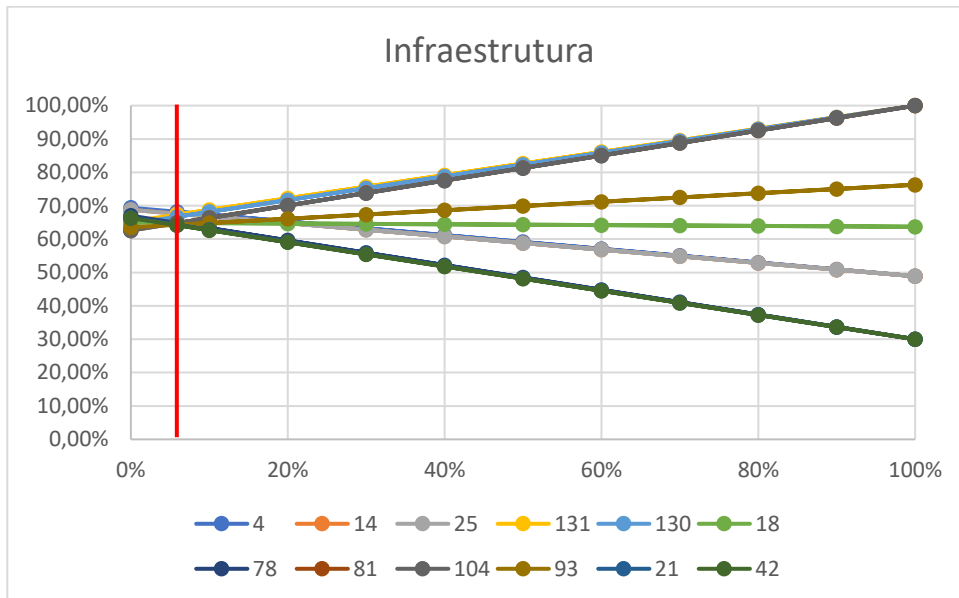


Gráfico 26. Análise de sensibilidade - critério "Infraestrutura".
Fonte: Autor.

O quarto e último critério avaliado foi o critério “Segurança”, onde os resultados da análise de sensibilidade podem ser observados no gráfico 27. Este critério, apesar de ser o de maior importância para o modelo AHP (36,24% de peso), apresenta crescimento apenas da alternativa 78 à medida que sua importância cresce, por se tratar de uma farmácia que é localizada bem distante das regiões centrais, bem como das regiões que possuem alto índice de criminalidade, como visto anteriormente nos mapas.

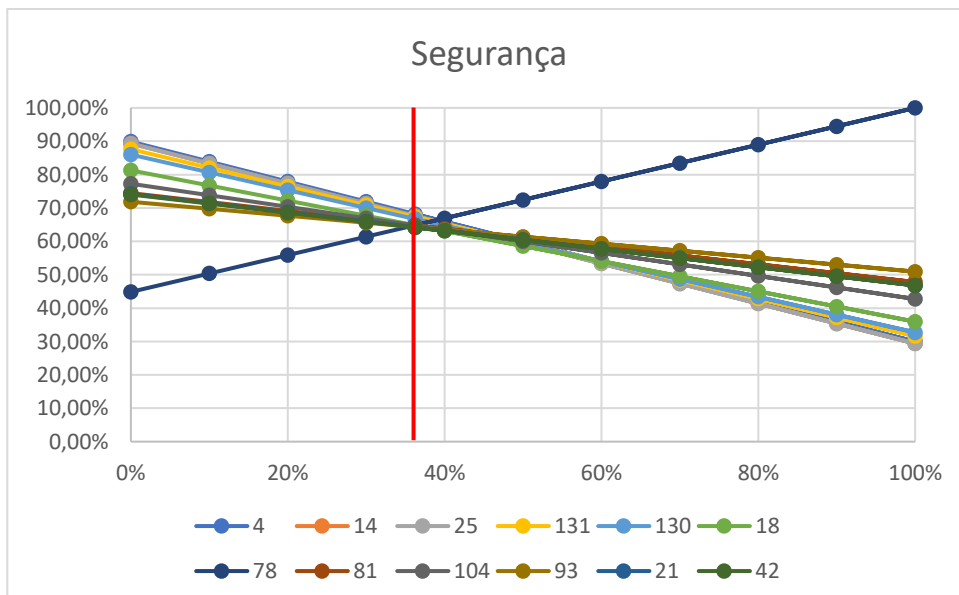


Gráfico 27. Análise de sensibilidade - critério "Segurança".
Fonte: Autor.

As demais alternativas (com exceção da 78) obtiveram baixo desempenho ao crescimento da importância deste critério por estarem mais próximas das regiões não

desejadas (norte e leste da cidade). Porém, é válido destacar que os critérios “Horário de Funcionamento” e “Distância” fazem com que elas ainda sejam preferidas às demais, uma vez que seus pesos são tão expressivos quanto o do critério “Segurança”.

Analisando o quadro 4, onde um resumo das informações obtidas na geração de cenários está disposto, podemos destacar primeiramente como ponto positivo a presença das alternativas 30 e 82, que são destaques em cenários que foram avaliadas as distâncias dos estabelecimentos em relação às regiões mais populosas e aos centros comerciais da cidade. Respectivamente se tratam de uma farmácia e supermercado que estão localizados no centro da cidade, e que apesar de não estarem nas 12 primeiras colocações apontadas pelo AHP, são boas escolhas caso se deseje optar por outros estabelecimentos. Já a alternativa 78, uma pequena farmácia localizada em um bairro mais afastado na região oeste da cidade, teve uma queda brusca quando se dá mais importância por estabelecimentos mais próximos das regiões analisadas, podendo ser uma alternativa, que apesar de bem pontuada pelo AHP, pode ser substituída por essas duas outras opções que satisfazem melhor estes critérios.

Observando os resultados encontrados nos cenários que envolvem as distâncias das alternativas às vias principais de Divinópolis, destaca-se como ponto positivo novamente as alternativas 30 e 82, além da alternativa 95 (supermercado), que apesar de estar na 15ª colocação do AHP, apresentou um crescimento no ranking quando se aumenta a importância deste critério. Por outro lado, além da alternativa 78, o estabelecimento 42 (farmácia) que ocupava a 12ª colocação do ranking caiu algumas posições, devido a distância do local às vias principais, entretanto ela ainda é uma boa alternativa nos cenários avaliados em outros critérios.

Critério	Subcritérios	Cenários	Destaques Positivos	Destaques Negativos
Distância	Regiões Residenciais	1 a 5	30, 82	78
	Centros Comerciais	6 a 10	30, 82	78
	Vias Principais	11 a 15	30, 95, 49	78, 42
	Ponto de Ônibus	16 a 18	49, 95	81
Infraestrutura	Espaço Físico	19 a 21	130, 131	4, 14 e 25
	Estacionamento			
Horário de Funcionamento	-	22 e 23	81, 104 e 93	4, 14, 25, 130 e 131
Segurança	-	24 a 29	78, 93, 95, 81, 21 e 42	130 e 131

Quadro 4. Resultados da Geração de Cenários.

Fonte: Autor.

Em relação aos cenários do critério “ponto de ônibus” nota-se destaque novamente das alternativas 49 e 95, porém a alternativa 81 (farmácia) perde seis

colocações no ranking, uma vez que esta é localizada em uma região com baixa concentração de pontos de embarque e desembarque de transporte público, mas ainda assim é uma boa alternativa para a instalação de um DL, visto que ela apresentou bons resultados nos demais cenários e não caiu tantas posições quando se observado outros estabelecimentos.

Já os cenários de análise do critério “infraestrutura” mostram que os grandes shoppings da cidade (130 e 131) subiram para as duas primeiras colocações por se tratarem de locais grandes e que contém os maiores estacionamentos dentre todas as alternativas avaliadas. Porém as alternativas que ocupavam as primeiras colocações segundo o AHP (4, 14 e 25) perdem algumas colocações uma vez que estes estabelecimentos se tratam de pequenas farmácias. Porém, estas três alternativas possuíram ótimas avaliações em outros quesitos, além de que este critério é o que tem menor peso no modelo, logo não necessariamente devem ser descartadas.

Nos cenários do critério “horário de funcionamento” foi dado maior importância aos estabelecimentos que funcionam durante o dia em busca de atender uma demanda que prefere retirar seus produtos durante este período. Como pontos positivos destaca-se as alternativas 81, 93 e 104, que são supermercados que foram bem avaliados pelo AHP (as três estão entre as 12 primeiras avaliadas pelo modelo multicritério) e ganharam posições nestes cenários. As alternativas destacadas como pontos negativos, segundo o quadro 4, perderam algumas posições, entretanto encontram-se nas 24 primeiras colocações para estes cenários, mostrando serem boas alternativas para atender a este critério.

Por fim, nos cenários do critério “segurança” nota-se como destaque alternativas que estão nas 24 primeiras colocações pelo AHP e ganharam algumas posições à medida que a importância deste critério aumenta ao longo dos cenários gerados. Apesar disso, as alternativas 130 e 131 perderam muitas posições por se tratarem dos dois shoppings da cidade que são localizados na parte nordeste de Divinópolis, que são próximas das regiões mais perigosas consideradas pelo modelo. Conclui-se que o critério “segurança” é o critério de maior peso e por isso as alternativas próximas a estas regiões apresentaram uma queda nas colocações do ranking, entretanto não se deve descartar a utilização destes dois locais para instalações de DL’s, pois além dos shoppings serem ambientes seguros, estão perto de centros comerciais e regiões populosas da cidade, que foram duas questões que também tiveram pesos relevantes na construção do modelo.

As doze alternativas apontadas pelo AHP nas primeiras colocações tiveram resultados positivos nos diversos cenários gerados, com exceção da alternativa 78 que é muito distante das zonas centrais de Divinópolis. Ainda assim, caso se deseje estudar outras localidades para instalação de DL’s que possam atender a critérios específicos ou para o caso de substituição de algum dos locais destacados como pontos negativos, sugere-se considerar as opções encontradas nas tabelas 31, 32 e 33, que foram alternativas que apresentaram boas colocações nos diferentes cenários propostos.

5. Conclusões

Conforme proposto pelos objetivos do trabalho, a primeira etapa consistiu em realizar uma análise potencial de demanda para verificar a disponibilidade da adesão do serviço de entrega através de DL's no contexto de Divinópolis. Os resultados mostraram que a maioria dos consumidores da cidade que foram entrevistados (76,4%) estariam dispostos a utilizar esta alternativa como método de entrega de seus bens adquiridos pela internet.

Apesar de iniciativas para instalação de armários de entregas por meio de empresas brasileiras de transporte surgirem nos últimos anos, como exemplo a dos Correios, vista na seção 2.3.2., ainda há um certo bloqueio dos consumidores em relação a esta prática, que pode ser atribuído pela falta de conhecimento dos mesmos em relação a este sistema de entregas, o que dificulta a difusão da informação sobre este assunto e conseqüentemente cria barreiras entre as empresas transportadoras e os consumidores (KIM, 2020).

Contudo, entendendo sobre as funcionalidades e os benefícios que os DL's podem gerar, tanto para os clientes, quanto para as empresas transportadoras, alguns aspectos foram destacados pelos consumidores como relevantes quando se deseja implementar este serviço de entregas em ambientes urbanos, como o horário de funcionamento dos estabelecimentos, que preferencialmente devem atender em horários noturnos para suprir uma demanda de pessoas que são incapazes de retirar seus produtos durante o dia, seja por compromissos pessoais ou por estarem em horário de trabalho. Além disso, a segurança e a distância dos locais também foram características apontadas como fatores relevantes para a escolha dos estabelecimentos que abrigariam os DL's.

Outra característica que se deve atentar por parte das empresas é o valor do fretado, uma vez que os clientes que responderam que estariam dispostos a utilizar este serviço concluíram que não pagariam altos valores para retirar seus produtos por conta própria, preferindo assim escolher o sistema padrão de entregas, que pode ser falho em diversos aspectos.

Avaliando os resultados encontrados pelo modelo AHP, algumas informações contidas na análise potencial de demanda foram corroboradas, como os critérios mais relevantes apontados pelo método que apareceram nas preferências dos clientes (vide gráfico 18). Além disso, destaca-se a preferência por estabelecimentos que sejam supermercados ou hipermercados e farmácias, que usualmente são locais que funcionam a noite e são lugares de comum e fácil acesso da população. Os bancos, apesar de apontados pelos consumidores como estabelecimentos prioritários para instalação de DL's, não foram bem pontuados no modelo construído, entretanto isso não significa que estes são opções que devem ser descartadas. Para o contexto de Divinópolis, outras alternativas que satisfizeram melhor o objetivo foram preferidas pelo modelo, apesar disso, os bancos não necessariamente devem ser descartados para contextos diferentes do analisado.

Como visto na literatura, o número ideal de DL's é dimensionado de acordo com a população do ambiente que está sob análise (um DL para cada vinte mil habitantes, de acordo com Morganti et al., (2014)). Logo, para o caso de Divinópolis foram avaliadas

12 opções em todos os cenários e diante da combinação de alternativas propostas pelo método AHP, nota-se que há preferência por aquelas que se encontram em regiões centrais ou próximas a centros comerciais menores, que geralmente são localidades que as pessoas têm o costume de frequentar no seu dia-a-dia. Os cenários gerados também confirmaram que as doze alternativas escolhidas pelo método foram destaques positivos em diferentes ocasiões, bem como apontaram outras combinações, como a vista na figura 24, que também seria uma proposta que agradaria as opiniões dos entrevistados.

Como visto nos resultados da análise potencial de demanda, algumas pessoas disseram que utilizariam seus veículos próprios para retirada de seus produtos, caso necessário. Logo, percebe-se na análise de sensibilidade que alternativas que não dispõem de estacionamento ou a infraestrutura necessária para atender esta demanda, perdem preferência ao dar maior importância para este critério. Portanto, o modelo pode ser utilizado para apontar alternativas que podem agradar aqueles que desejam ir com seus veículos particulares até os estabelecimentos, quanto àqueles que podem ir a pé ou por meio de transporte público.

Por fim, sabendo que os DL's são alternativas que podem minimizar problemas provenientes do TUC, conclui-se que sua utilização pode ser melhor difundida no Brasil, tanto em cidades de porte intermediário, que no caso, foi o alvo deste estudo, quanto nas demais, uma vez que a população se mostra aberta a esta possibilidade quando a mesma toma conhecimento, tanto da existência destes dispositivos e de como eles funcionam, quanto dos benefícios que os consumidores podem obter através de sua utilização.

5.1. Recomendações

Apesar de um número expressivo de pessoas que se mostraram dispostas em utilizar os DL's, é importante entender que existe uma parcela que não demonstrou interesse em aderir essa prática. Sugere-se investigar quais são os motivos para que isto aconteça, bem como avaliar métodos que possam conscientizar a população para a existência de práticas de entregas de produtos provenientes do comércio eletrônico que sejam diferentes do modelo padrão que conhecemos.

É importante salientar que muitos respondentes do questionário foram estudantes e jovens-adultos de Divinópolis. Para avaliações futuras sugere-se buscar maior diversidade entre os perfis dos entrevistados, dando espaço para pessoas que façam compras online e que não se encaixam nestas características. Quanto aos 8 consumidores que realizaram as avaliações do AHP, sugere-se buscar avaliações de perfis parecidos para verificar quais são os critérios de maior influência para cada faixa etária ou classe social, por exemplo, uma vez que com respondentes diferentes, os pesos dos critérios do modelo também seriam diferentes. Além disso, sugere-se avaliar a instalação de DL's para outras cidades de porte médio afim de confirmar e discutir as questões levantadas nessa pesquisa em outros contextos.

Vale ressaltar também que os bancos, estabelecimentos que não tiveram destaque no AHP nem nos 29 cenários gerados, não devem ser descartados uma vez que a literatura os aponta como possíveis locais para instalação de DL's. Entretanto deve-se avaliar suas características positivas e direcionar esta aplicação para um público alvo

que gostaria de utilizar esses locais como forma de receber seus produtos comprados online.

Além disso, sugere-se avaliar a possibilidade de se utilizar outras alternativas de entregas B2C que são mais sustentáveis, como as exemplificadas no quadro 2, combinadas ou não com os DL's, para se obter um melhor desempenho e minimizar os problemas provenientes das entregas em cenários de última milha.

REFERÊNCIAS

- AGRANONIK, M. V. N. H. Cálculo de tamanho de amostra: proporções. **Clinical & Biomedical Research**, v. 31, n. 3, p. 382–388, 2011.
- ALVES, A. DE A.; BRITO, J. V. DA S. IMPACTOS DO NOVO CORONA VÍRUS / COVID-19 NO MERCADO DE E-COMMERCE NO BRASIL | Alves | Revista Innovare - ISSN 2175-8247. 2020.
- ALVES, R. et al. Agent-based simulation model for evaluating urban freight policy to e-commerce. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 15, p. 1–19, 2019.
- ALYOUBI, A. A. E-commerce in Developing Countries and how to Develop them during the Introduction of Modern Systems. **Procedia Computer Science**, v. 65, n. Iccmit, p. 479–483, 2015.
- ARNOLD, F. et al. Simulation of B2C e-commerce distribution in Antwerp using cargo bikes and delivery points. **European Transport Research Review**, v. 10, n. 1, 2018.
- AZA, A.; RICCIOLI, F.; DI IACOVO, F. Optimising payment for environmental services schemes by integrating strategies: The case of the Atlantic Forest, Brazil. **Forest Policy and Economics**, v. 125, n. July 2019, p. 102410, 2021.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5º ed. [s.l: s.n.].
- BANA; COSTA. Concepção de uma ‘boa’ alternativa de ligação ferro viária ao porto de Lisboa: um a aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão e à negociação. **CESUR**, v. 1, 1993.
- BARBIERI, A. C.; LIMA, J. P. Métodos de análise multicritério aplicados a transportes: uma revisão sistemática. **XXX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, n. i, p. 12, 2016.
- BELCHIOR CRUVINEL, I. Marketing Digital Em Tempos De Pandemia Digital Marketing in Pandemic Times. **Gestão & Tecnologia Faculdade Delta**, v. 1, n. 30, p. 54–57, 2020.
- BELLINGIERI, J. C. Cidades Protomédias: Proposta De Uma Nova Categoria Na Classificação Das Cidades Na Literatura Geográfica. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 15, n. 2, p. 154–170, 2018.
- BERGEN, M. VAN. **Albert Heijn Pick Up Point in Heemstede vanaf 1 november in gebruik**. Disponível em: <<https://cutt.ly/PkUJ1OZ>>.
- BERTRAND, J.; FRANSOO, J. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, p. 241–264, 2002.
- CARDENAS, I. D. ET AL. THE E-COMMERCE PARCEL DELIVERY MARKET AND THE IMPLICATIONS OF HOME B2C DELIVERIES VS PICK-UP POINTS. **International Journal of Transport Economics**, v. 44, n. 2, 2017.
- CARLA LINHARES; CLARISSA GUSSEM; JOSÉ RIBAS. O Método Fuzzy Ahp Aplicado À Análise De Riscos De Usinas Hidrelétricas Em Fase De Construção. **Fuzzy**

Analytic Hierarchy Process, p. 1–408, 2017.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. et al. Capítulo 9 – Processos: Uma Abordagem da Engenharia para a Gestão de Operações. **Metodologia De Pesquisa Em Engenharia De Produção**, p. 199–216, 2012.

CHAN, F. T. S. et al. Global supplier selection: A fuzzy-AHP approach. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 14, p. 3825–3857, 2008.

CORREIOS. **Locker dos Correios facilita a entrega de encomendas no Paranoá**. Disponível em: <<https://www.correios.com.br/noticias/locker-dos-correios-facilita-a-entrega-de-encomendas-no-paranoa>>.

COSTA, T. C. DA; BELDERRAIN, M. C. N. Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio a decisão. **Anais do XV ENCITA, ITA**, n. March, p. 19–22, 2009.

CSISZÁR, C. et al. Urban public charging station locating method for electric vehicles based on land use approach. **Journal of Transport Geography**, v. 74, n. October 2018, p. 173–180, 2019.

D. TSAMBOULAS, G. S. YIOTIS, AND K. D. P. USE OF MULTICRITERIA METHODS FOR ASSESSMENT OF TRANSPORT PROJECTS. **Urban Transportation Division**, v. 125, n. October, p. 407–414, 1999.

DEUTSCH, Y.; GOLANY, B. A parcel locker network as a solution to the logistics last mile problem. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 1–2, p. 251–261, 2018.

DIAS, A.; LIEBSCHER, S. GRUPO FOCAL: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. **Informação & Sociedade: Estudos**, v. 10, n. 2, p. 1–12, 2000.

DISTRIFOOD. **AH opent verde variant pick up point**. Disponível em: <<https://cutt.ly/XkUS1Lu>>.

DIVINÓPOLIS, P. DE. **Divinópolis: A Cidade**. Disponível em: <<https://www.divinopolis.mg.gov.br/portal/servicos/1002/a-cidade/>>.

DOBROSELSKYI, M.; MADLENÁK, R.; LAITKEP, D. Analysis of return logistics in e-commerce companies on the example of the Slovak Republic. **Transportation Research Procedia**, v. 55, n. 2019, p. 318–325, 2021.

DUARTE, A. B. S. Grupo Focal Online E Offline Como Técnica de Coleta de Dados. **Ciência da Informação**, n. April, p. 81–95, 2007.

E-BIT. E-bit 42^a edição | 2020. 2020.

E, T. et al. City Logistics: network modelling and intelligent transport systems. **Oxford: Elsevier Science Publishing Company**, 2001.

EBIT | NIELSEN. Webshoppers 44^a edição. 2021.

EDWIN HINLOOPEN, PETER NIJKAMP, P. R. Qualitative discrete multiple criteria choice models in regional planning. **Regional Science and Urban Economics**, v. 13, 1983.

ELSAYED, M.; MOHAMED, M. The impact of airspace regulations on unmanned

aerial vehicles in last-mile operation. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 87, p. 102480, 2020.

EMARKETER. **A Brief Overview of the Global Ecommerce Market**. Disponível em: <<https://www.emarketer.com/content/global-ecommerce-forecast-2021>>. Acesso em: 27 out. 2020.

ESCURSELL, S.; LLORACH-MASSANA, P.; RONCERO, M. B. Sustainability in e-commerce packaging: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 280, p. 124314, 2021.

ESTEVEVES, M. A. V.; NOGUEIRA, M. A proliferação e a consolidação de condomínios fechados : um estudo de caso em uma cidade média - Divinópolis (MG). v. 9, p. 23–39, 2013.

FARHATE, A. et al. Multicriteria selection model of moroccan industrial zones. **International Journal of Applied Engineering Research**, v. 12, n. 11, p. 2772–2780, 2017.

FAUGERE, L.; MONTREUIL, B. Hyperconnected City Logistics: Smart Lockers Terminals & Last Mile Delivery Networks. **Proceedings of the 3rd International Physical Internet Conference**, n. June, p. Vol. 29, 2016.

FLORA, M. DE O. Análise do Transporte Urbano de Carga em Cidades Médias Brasileiras : o exemplo da cidade de Juiz de Fora. **Dissertação de Mestrado**, p. 176, 2019.

FRAZÃO, T. D. C. et al. Multicriteria decision analysis (MCDA) in health care: A systematic review of the main characteristics and methodological steps. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, v. 18, n. 1, p. 1–16, 2018.

FREIRE, ET. A. A multiple criteria decision making system for setting priorities. **World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering**, 2018.

GATTA, V. et al. Sustainable urban freight transport adopting public transport-based crowdshipping for B2C deliveries. **European Transport Research Review**, v. 11, n. 1, 2019.

GERI, F., SACCHELLI, S., BERNETTI, I., & CIOLLI, M. Urban-Rural Bioenergy Planning as a Strategy for the Sustainable Development of Inner Areas: A GIS-Based Method to Chance the Forest Chain. **International conference on Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions**, p. 539–550, 2017.

GRABENSCHWEIGER, J. et al. The vehicle routing problem with heterogeneous locker boxes. **Central European Journal of Operations Research**, v. 29, n. 1, p. 113–142, 2021.

GUIMARÃES, J. G. DE A. Cidades Inteligentes: Proposta de um Modelo Brasileiro Multi- Ranking de Classificação. p. 278, 2018.

IBGE. **Uso de Internet, Televisão e Celular no Brasil**. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/20787-uso-de-internet-televisao-e-celular-no-brasil.html>>.

IBGE. **IBGE - Divinópolis**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/divinopolis.html>>.

- IGNAT, B.; CHANKOV, S. Do e-commerce customers change their preferred last-mile delivery based on its sustainability impact? **International Journal of Logistics Management**, v. 31, n. 3, p. 521–548, 2020.
- IWAN, S.; KIJEWKA, K.; LEMKE, J. Analysis of Parcel Lockers' Efficiency as the Last Mile Delivery Solution - The Results of the Research in Poland. **Transportation Research Procedia**, v. 12, n. June 2015, p. 644–655, 2016.
- JAYALAKSHMI, M. International Journal of Exclusive Global Research - Vol 6 Issue 4 April. v. 6, n. 4, p. 1–9, 2020.
- JÍLKOVÁ, P.; KRÁLOVÁ, P. Digital Consumer Behaviour and eCommerce Trends during the COVID-19 Crisis. **International Advances in Economic Research**, v. 27, n. 1, p. 83–85, 2021.
- KEDIA, A.; KUSUMASTUTI, D.; NICHOLSON, A. Acceptability of collection and delivery points from consumers' perspective: A qualitative case study of Christchurch city. **Case Studies on Transport Policy**, v. 5, n. 4, p. 587–595, 2017.
- KEGEL, L.; HAHMANN, M.; LEHNER, W. Generating what-if scenarios for time series data. **ACM International Conference Proceeding Series**, v. Part F1286, 2017.
- KIM, R. Y. The Impact of COVID-19 on Consumers: Preparing for Digital Sales. **IEEE Engineering Management Review**, v. 48, n. 3, p. 212–218, 2020.
- LACHAPELLE, U. et al. Parcel locker systems in a car dominant city: Location, characterisation and potential impacts on city planning and consumer travel access. **Journal of Transport Geography**, v. 71, n. June, p. 1–14, 2018.
- LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. **Applied Soft Computing Journal**, v. 21, p. 194–209, 2014.
- MACHADO, M. H.; LIMA, J. P. Avaliação Multicritério da Acessibilidade de Pessoas com Mobilidade Reduzida: Um Estudo na Região Central de Itajubá (MG). **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 368–382, 2015.
- MACIOSZEK, E. First and last mile delivery - problems and issues. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, v. 631, p. 147–154, 2018.
- MARTORELLI, M.; COSTA, A.; SÁ, A. A inclusão do transporte de cargas no sistema nacional de mobilidade urbana. **Revista LOGS: Logística e Operações Globais Sustentáveis**, v. 1, 2019.
- MELLO, N. C. DA S. DIVINÓPOLIS : uma cidade média na região Perimetropolitana de Belo Horizonte-MG. 2015.
- MIOT, H. A. Correlation analysis in clinical and experimental studies. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 17, n. 4, p. 275–279, 2018.
- MONTECINOS. Transport carriers' cooperation on the last-mile delivery in urban areas. **Transportation**, p. 1–31, 2020.
- MOREIRA, T. Os Avanços E Desafios Do E-Commerce Na Economia. **Centro Universitário Municipal de Franca**, p. 1–53, 2019.
- MORGANTI, E. et al. The Impact of E-commerce on Final Deliveries: Alternative

- Parcel Delivery Services in France and Germany. **Transportation Research Procedia**, v. 4, n. 0, p. 178–190, 2014.
- MOROZ, M.; POLKOWSKI, Z. The Last Mile Issue and Urban Logistics: choosing parcel machines in the contexto of the ecological atitudes of the Y generation consumers purchasing online. **Transportation Research Procedia**, v. 16, p. 278–293, 2016.
- MYAGMARTSEREN, P.; BUYANDELGER, M.; ANDERS BRANDT, S. Implications of a Spatial Multicriteria Decision Analysis for Urban Development in Ulaanbaatar, Mongolia. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2017, 2017.
- NEVES, B. B. et al. Social capital and Internet use in an age-comparative perspective with a focus on later life. **PLoS ONE**, v. 13, n. 2, p. 1–27, 2018.
- NØRSTEBØ, V. et al. Identifying Suitable Bioeconomic Cluster Sites—Combining GIS-MCDA and Operational Research Methods. **Environmental Modeling and Assessment**, v. 25, n. 5, p. 689–703, 2020.
- NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: estratégia, operação e avaliação**Rio de Janeiro, 2001.
- OLIVEIRA, C. M. ET AL. Sustentabilidade na última milha da distribuição postal em áreas urbanas mediante adoção de triciclos elétricos. **Transportes**, v. 26, n. 3, p. 1–11, 2018a.
- OLIVEIRA, C. M. ET AL. **Alternativas Sustentáveis Para Veículos Utilizados Na Última Milha Do Transporte Urbano De Carga: Uma Revisão Bibliográfica Sistemática**Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, 2018b.
- OLIVEIRA, J. C. P. DE et al. O Questionário, o Formulário e a Entrevista como Instrumentos de Coleta de Dados: Vantagens e Desvantagens do seu uso na Pesquisa de Campo em Ciências Humanas. **III Congresso Nacional de Educação**, n. 83, p. 1–13, 2016.
- OLIVEIRA, L. K. DE. **Modelagem para avaliar a viabilidade da implantação de um sistema de distribuição de pequenas encomendas dentro dos conceitos de City Logistics**Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- OLIVEIRA, L. K. DE et al. Analysis of the potential demand of automated delivery stations for e-commerce deliveries in Belo Horizonte, Brazil. **Research in Transportation Economics**, v. 65, p. 34–43, 2017.
- OLIVEIRA, L. K. DE et al. Potencial da Instalação de Pick-Up Points como Alternativa à Entrega Domiciliar em Agências da Caixa Econômica Federal: Um Estudo para Belo Horizonte. p. 2224–2235, 2018.
- PEREIRA, C.; ALVES, R.; OLIVEIRA, L. K. Análise de demanda potencial para pontos de coleta e entrega em São João del-Rei. **33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET**, n. 2001, p. 2186–2194, 2019.
- PEREIRA, C. S. S. Urbanização , mundialização do comércio e do consumo nas cidades médias brasileiras : algumas reflexões. **REGIT**, v. 12, p. 149–165, 2019.
- RANGEL GALINARI, OSMAR CERVIERI JUNIOR, JOB RODRIGUES TEIXEIRA JUNIOR, E. L. R. Comércio eletrônico , tecnologias móveis e mídias sociais no Brasil.

p. 135–180, 2015.

RODRIGUES, F. J.; VASCONCELOS, T. F. DE; CONDE, J. L. O CRESCIMENTO DO E-COMMERCE EM 2020 E AS EXPECTATIVAS PARA O SETOR NO CENÁRIO PÓS-PANDEMIA. p. 18–32, 2020.

ROY, B. Méthodologie multicritère d'aide à la décision. **Economica**, 1985.

SAATY, T. L. How To Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. **INFORMS Journal on Applied Analytics**, 1994.

SAATY, T. L. **Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks**. Pittsburgh: RWS Publications, 2005.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. Hierarchical analysis of behavior in competition: Prediction in chess. **Behavioral Science**, v. 25, n. 3, p. 180–191, 1980.

SCHARLIG, A. **Décider sur plusieurs critères: panorama de l'aide à la décision multicritère**. [s.l.] PPUR presses polytechniques, 1985.

SILVA, J. V. S. DA. Avaliação Da Viabilidade Dos Pick-Up Points Sob O Enfoque Da Logística Urbana. p. 1–146, 2018.

SILVA, G. F. **A Influência do Número de Habitantes de uma Cidade na Propensão à Seleção e Compra de Produtos Pela Internet** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, , 2016.

SILVA, R. et al. Association for Information Systems Transformação Digital em Pequenos Negócios no Pós-Covid: Análise de novo Modelo de Negócios Transformação Digital de Pequenos Negócios no Pós-Covid: Análise de novo Modelo de Negócios. 2021.

SILVA, V. G. M. et al. Controle de estoque: um estudo sobre a eficiência da gestão de estoque numa distribuidora atacadista em Divinópolis, MG Stock control: a study on stock management efficiency in a wholesale distributor in Divinópolis-MG. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 5, p. 1–16, 2018.

SOARES, B. A.; AMORIM, M. G. DA S. E-Commerce No Brasil: Um Estudo De Campo Da Região Sudeste-Cenário De 2021 E Os Impactos Da Pandemia. 2021.

SOFIA, W.; RODRIGUES, L. a Importância Do E-Commerce E Das Plataformas Digitais Para As Pmes Uma Reflexão À Luz Do Contexto Do Covid-19. **A importância do E-Commerce e das Plataformas Digitais para as PMEs: Uma reflexão à luz do contexto do COVID-19**, 2021.

SOUZA, C. **Cinco dicas de especialistas para usar o Whatsapp nos negócios**. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbes-tech/2021/03/5-dicas-de-especialistas-para-usar-o-whatsapp-nos-negocios/>>. Acesso em: 12 mar. 2021.

SOUZA, C. DE O. ET AL. Solutions for last mile deliveries. **Urbe**, v. 12, p. 1–16, 2020.

SZAFRANKO, E. Localisation of waste thermal treatment plant with multi-criteria analysys. **Journal of Ecological Engineering**, v. 18, n. 3, p. 187–194, 2017.

SZIDAROVSKY, F., GERSHON, M. E., & DUCKSTEIN, L. Techniques for

multiobjective decision making in systems management. Title. **Elsevier Science Limited**, 1986.

TANIGUCHI, E. Concepts of city logistics for sustainable and liveable cities. **Procedia-social and behavioral sciences**, v. 151, p. 310–317, 2014.

TEIXEIRA, T. **Comércio eletrônico-Conforme o Marco Civil da Internet e a regulamentação do e-commerce no Brasil**. [s.l: s.n.].

TOLEDO, P. E. R. DE. O comércio eletrônico sob a ótica geográfica. **Geosul**, v. 35, p. 352–376, 2020.

TSAI, Y. TE; TIWASING, P. Customers' intention to adopt smart lockers in last-mile delivery service: A multi-theory perspective. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 61, n. January, p. 102514, 2021.

TWIKLE DIGITAL COMMERCE. **Hoewel de consument veruit de voorkeur geeft aan thuisbezorging, blijven supermarkten doorgaan met zelfstandige afhaalpunten. Zelfs al lijken die nauwelijks iets op te leveren. Opheffen dan maar?** Disponível em: <<https://cutt.ly/nkUZDep>>.

VAN DUIN, J. et al. Improving home delivery efficiency by using principles of address intelligence for B2C deliveries. **The 9th International Conference on City Logistics**, 2015.

VAN DUIN, J. H. R. et al. From home delivery to parcel lockers: A case study in Amsterdam. **Transportation Research Procedia**, v. 46, n. 2019, p. 37–44, 2020.

VARGAS, R. V. Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process - AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. **PMI Global Congress 2010 - North America**, p. 1–22, 2010.

VIEIRA, G. L. S. Integração Da Cadeia De Suprimentos No E-Commerce: Um Estudo De Casos a Partir De Pequenas E Médias Empresas No Brasil. **Gestão.Org**, v. 18, n. 1, p. 116–135, 2020.

VIU-ROIG, M.; ALVAREZ-PALAU, E. J. The impact of E-Commerce-related last-mile logistics on cities: A systematic literature review. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 16, 2020.

WIGATI, S. S. et al. Bibliometric Analysis for Site Selection Problems Using Geographic Information Systems, Multi-Criteria Decision Analysis and Fuzzy Method. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1351, n. 1, 2019.

WISSEM, E.; AHMED, F.; MOUNIR, B. Multicriteria method for a site selection of a new hospital in Sfax. **2011 4th International Conference on Logistics, LOGISTIQUA'2011**, p. 32–37, 2011.

XIAO, F. EFMCDM: Evidential Fuzzy Multicriteria Decision Making Based on Belief Entropy. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 28, n. 7, p. 1477–1491, 2020.

XU, X. et al. Data-driven decision and analytics of collection and delivery point location problems for online retailers. **Omega (United Kingdom)**, v. 100, n. xxxx, p. 102280, 2021.

YAGMUR. Multi-criteria evaluation and priority analysis for localization equipment in a thermal power plant using the AHP (analytic hierarchy process). **Energy**, v. 94, p.

476–482, 2016.

YUAN, J. et al. Investment risk assessment of coal-fired power plants in countries along the Belt and Road initiative based on ANP-Entropy-TODIM method. **Energy**, v. 176, p. 623–640, 2019.

YUEN, K. F. et al. An investigation of customers' intention to use self-collection services for last-mile delivery. **Transport Policy**, v. 66, n. September 2017, p. 1–8, 2018.

ZHANG, L. et al. Simulation-based Assessment of Cargo Bicycle and Pick-up Point in Urban Parcel Delivery. **Procedia Computer Science**, v. 130, p. 18–25, 2018.

ANEXOS

Anexo 1 – Questionário

Seção 1	
<i>Direcionada a todos os tipos de consumidor</i>	
1 – Qual gênero você se identifica?	
<input type="checkbox"/> Masculino	
<input type="checkbox"/> Feminino	
<input type="checkbox"/> Outro:	
2 – Qual sua faixa etária?	
<input type="checkbox"/> Até 24 anos	
<input type="checkbox"/> Entre 25 e 35 anos	
<input type="checkbox"/> Entre 36 e 49 anos	
<input type="checkbox"/> Acima de 50 anos	
3 – Qual seu grau de escolaridade?	
<input type="checkbox"/> Não estudou	
<input type="checkbox"/> Ensino fundamental incompleto	
<input type="checkbox"/> Ensino fundamental completo	
<input type="checkbox"/> Ensino médio incompleto	
<input type="checkbox"/> Ensino médio completo	
<input type="checkbox"/> Ensino superior incompleto	
<input type="checkbox"/> Ensino superior completo	
<input type="checkbox"/> Pós-graduação incompleta	
<input type="checkbox"/> Pós-graduação completa	
4 – Qual sua profissão?	
<input type="checkbox"/> Desempregado	
<input type="checkbox"/> Autônomo	
<input type="checkbox"/> Estudante	
<input type="checkbox"/> Empregado no setor privado	
<input type="checkbox"/> Empregado no setor público	
<input type="checkbox"/> Trabalho temporário	
5 – Qual cidade você reside?	
6 – Qual bairro você reside?	
7 – Você faz ou já fez compra pela internet?	
<input type="checkbox"/> Sim	
<input type="checkbox"/> Não	
Seção 2	
<i>Direcionada a consumidores do comércio eletrônico</i>	
8 - Com que frequência você faz compras pela internet?	
<input type="checkbox"/> Mais de uma vez por mês	
<input type="checkbox"/> Uma vez por mês	
<input type="checkbox"/> Uma vez a cada três meses	
<input type="checkbox"/> Uma vez a cada seis meses	

<input type="checkbox"/> Uma vez por ano
<input type="checkbox"/> Outro:
9 - Qual tipo de produto você costuma comprar ou já comprou pela internet?
<input type="checkbox"/> Cosméticos/Perfumaria/Farmácia
<input type="checkbox"/> Eletrônicos/Telefonia/Produtos de Informática
<input type="checkbox"/> Eletrodomésticos
<input type="checkbox"/> Livros/CD's/DVD's
<input type="checkbox"/> Moda/Vestuário
<input type="checkbox"/> Decoração
<input type="checkbox"/> Alimentação
<input type="checkbox"/> Outro:
10 - Qual é sua renda média mensal?
<input type="checkbox"/> De 0 a 2 Salários Mínimos (Até R\$ 2.090,00)
<input type="checkbox"/> De 2 a 4 Salários Mínimos (R\$ 2.090,01 a R\$ 4.180,00)
<input type="checkbox"/> De 4 a 10 Salários Mínimos (R\$ 4.1080,01 a R\$ 10.450,00)
<input type="checkbox"/> De 10 a 20 Salários Mínimos (R\$ 10.450,01 a R\$ 20.900,00)
<input type="checkbox"/> Acima de 20 Salários Mínimos (R\$ 20.900,01 ou mais)
11 - Qual é sua média de gastos por compra incluindo o valor do frete?
<input type="checkbox"/> Até R\$50,00
<input type="checkbox"/> De R\$50,00 a 100,00
<input type="checkbox"/> De R\$100,00 a R\$200,00
<input type="checkbox"/> De R\$200,00 a R\$500,00
<input type="checkbox"/> Acima de R\$500,00
12 - Em relação ao frete:
<input type="checkbox"/> Só compro se o frete for grátis
<input type="checkbox"/> Aceito pagar até R\$10,00 de frete
<input type="checkbox"/> Aceito pagar entre R\$10,00 a R\$20,00 de frete
<input type="checkbox"/> Aceito pagar mais de R\$20,00 de frete
13 - Sua residência dispõe de porteiros ou familiares que podem receber os produtos durante sua ausência?
<input type="checkbox"/> Sim
<input type="checkbox"/> Não
14 - Você estaria disposto a usar um ponto de coleta e entrega para receber seus produtos adquiridos pela internet? *Pontos de entrega são estações localizadas em ambientes de comum acesso da população, como shoppings, farmácias, supermercados e outros; para que as pessoas possam retirar seus produtos adquiridos via internet por conta própria.
<input type="checkbox"/> Sim
<input type="checkbox"/> Não
Seção 3
<i>Direcionadas a consumidores do comércio eletrônico que estão dispostas a utilizar um DL como alternativa de entrega de seus produtos</i>
15 - Para você, quais são os fatores mais importantes para a utilização de um ponto de entrega?
<input type="checkbox"/> Distância da residência
<input type="checkbox"/> Segurança
<input type="checkbox"/> Acessibilidade

<input type="checkbox"/> Estacionamento
<input type="checkbox"/> Flexibilidade de horário
<input type="checkbox"/> Facilidade da operação
<input type="checkbox"/> Outro:
<input type="checkbox"/> 16 - Onde você gostaria de retirar sua encomenda?
<input type="checkbox"/> Bancas de jornal
<input type="checkbox"/> Shoppings
<input type="checkbox"/> Estabelecimentos privados
<input type="checkbox"/> Bancos
<input type="checkbox"/> Postos de gasolina
<input type="checkbox"/> Lotéricas
<input type="checkbox"/> Supermercados
<input type="checkbox"/> Farmácias
<input type="checkbox"/> Rodoviária
<input type="checkbox"/> Academia
17 - Como você iria retirar sua encomenda?
<input type="checkbox"/> A pé
<input type="checkbox"/> De bicicleta
<input type="checkbox"/> De ônibus
<input type="checkbox"/> De carro ou motocicleta
18 - Qual é o horário ideal de funcionamento do ponto de entrega para retirada de seus produtos?
<input type="checkbox"/> Das 06:00 às 08:00
<input type="checkbox"/> Das 08:00 às 12:00
<input type="checkbox"/> Das 12:00 às 14:00
<input type="checkbox"/> Das 14:00 às 18:00
<input type="checkbox"/> Das 18:00 às 20:00
<input type="checkbox"/> Das 20:00 às 00:00
<input type="checkbox"/> Das 00:00 às 06:00
<input type="checkbox"/> Qualquer horário
19 - Como você gostaria de ser avisado que sua mercadoria está disponível para retirada?
<input type="checkbox"/> E-mail
<input type="checkbox"/> SMS
<input type="checkbox"/> Whatsapp
<input type="checkbox"/> Telefonema
<input type="checkbox"/> Outro:
20 - Que tipo de produto você NÃO gostaria de receber em um ponto de entrega?
<input type="checkbox"/> Produtos volumosos
<input type="checkbox"/> Produtos pesados
<input type="checkbox"/> Produtos caros
<input type="checkbox"/> Outro:
21 - Quanto você estaria disposto a pagar por esse tipo de serviço?
<input type="checkbox"/> Não pagaria pelo serviço
<input type="checkbox"/> Utilizaria se houvesse desconto no frete
<input type="checkbox"/> Até R\$10,00
<input type="checkbox"/> Até R\$20,00
<input type="checkbox"/> Até R\$40,00

() Acima de R\$40,00

Anexo 2 – Alternativas

n	Estabelecimento	Tipo
1	Farmácia Homeopática Passiflora	Farmácia
2	Farmácias Pague Menos	Farmácia
3	Farmácia Divinópolis - Manipulação	Farmácia
4	Drogasil 1	Farmácia
5	Drogaria Americana Divinópolis	Farmácia
6	Droga Rede Bom Pastor	Farmácia
7	Divifar Farmácia e Drogaria	Farmácia
8	Drogaria Poupa Minas	Farmácia
9	Drogaria Nações Divinópolis	Farmácia
10	Farmácia 1º de Junho Ltda	Farmácia
11	Drogaria e Perfumaria Niterói Ltda	Farmácia
12	Divifar 2	Farmácia
13	Divifar 3	Farmácia
14	Drogaria Poupa Minas - 24h	Farmácia
15	São Geraldo Manipulação	Farmácia
16	Farmácia - Unimed Divinópolis	Farmácia
17	Droga Farma	Farmácia
18	Droga Rede Rua Goiás - Filial	Farmácia
19	Redefarma	Farmácia
20	Drogaria Esplanada	Farmácia
21	Farmácia do Zé Luiz - Rede Entrefarma	Farmácia
22	Drogaria Goiás Ltda	Farmácia
23	Farmácia de Manipulação Botanicals	Farmácia
24	Drogaria Araújo	Farmácia
25	Droga Rede 24h	Farmácia
26	São Geraldo Drogaria e Manipulação	Farmácia
27	Drogaria Araújo	Farmácia
28	Drogaria São João de Deus	Farmácia
29	Drogaria Milton	Farmácia
30	Drogaria e Perfumaria São Judas Tadeu	Farmácia
31	Drogaria São João de Deus	Farmácia
32	Drogaria Vida Viva	Farmácia
33	Drogasil	Farmácia
34	Drogaria São João de Deus	Farmácia
35	Drogaria União	Farmácia
36	Droga Lara	Farmácia
37	Redefarma Niterói	Farmácia
38	Drogaria Santa Clara	Farmácia
39	Farmácia Brasília de Manipulação Ltda	Farmácia
40	Drogaria e Perfumaria João Paulo II	Farmácia
41	Redefarma Bom pastor	Farmácia
42	Drogaria Nossa Farmácia	Farmácia

43	Redefarma Nações	Farmácia
44	M.H.L Drogaria	Farmácia
45	Drogaria Center Farma	Farmácia
46	Drogaria e Perfumaria Belvedere Ltda	Farmácia
47	Drogaria Galeno Ltda	Farmácia
48	Drogaria da Saúde	Farmácia
49	Droga Rei	Farmácia
50	Bioderme Farmácia de Manipulação e Homeopatia	Farmácia
51	Drogaria Planalto	Farmácia
52	Drogaria Galeno	Farmácia
53	Impacto Farma Ponte Funda	Farmácia
54	Drogaria Pró Saúde	Farmácia
55	Drogaria Araújo	Farmácia
56	Farmadiet Manipulação	Farmácia
57	RedeFarma	Farmácia
58	Farmácia Municipal-Niterói	Farmácia
59	Drogaria Santa Luzia	Farmácia
60	Drogaria Saúde Farma Preço Baixo é Aqui	Farmácia
61	Drogaria São João de Deus	Farmácia
62	Droga Rede	Farmácia
63	Drogaria Santa Terezinha	Farmácia
64	Drogaria Santa Tereza	Farmácia
65	Drogaria Silva	Farmácia
66	Drogaria São Sebastião	Farmácia
67	Farmácia - Drogaria Icaraf	Farmácia
68	Farmácia Municipal Central	Farmácia
69	Drogaria Vitortan Ltda	Farmácia
70	Drogaria Galeno	Farmácia
71	Drogaria Bom Jesus	Farmácia
72	DROGARIA MAXI POPULAR	Farmácia
73	Drogaria Nações	Farmácia
74	Drogaria Nossa Senhora da Guia	Farmácia
75	FARMÁCIA ULTRAPOPULAR	Farmácia
76	Farmácia Costa	Farmácia
77	ELIXIR FARMA	Farmácia
78	Droga Pires	Farmácia
79	Absolut Farma	Farmácia
80	Supermercado ABC	Supermercado
81	SUPERMERCADOS BH	Supermercado
82	Villefort Atacado e Varejo - Divinópolis	Supermercado
83	Supermercados BH	Supermercado
84	Hiper ABC 1° de Junho	Supermercado
85	SUPERMERCADOS BH	Supermercado
86	Rede União de Supermercados	Supermercado
87	Supermercados Rena Manoel Valinhas	Supermercado

88	Somar Supermercados - Nações	Supermercado
89	Supermercados ABC	Supermercado
90	Hiper ABC Centro	Supermercado
91	Supermercado Rena 21 Abril	Supermercado
92	Supermercado Candidés	Supermercado
93	Supermercado Map	Supermercado
94	Super ABC Porto Velho	Supermercado
95	Supermercado Bom Preço	Supermercado
96	Supermercado N. Sr. Fatima	Supermercado
97	Supermercados PIC	Supermercado
98	Supermercado Julle	Supermercado
99	Supermercado Rena Gourmet	Supermercado
100	DIA Supermercado	Supermercado
101	Somar Supermercados - Danilo Passos	Supermercado
102	Supermercado Niterói	Supermercado
103	Empório Irmãos Supermercado	Supermercado
104	Hiper ABC São José	Supermercado
105	Hiper ABC 21 de Abril	Supermercado
106	Supermercado Jacó	Supermercado
107	Kit Real	Supermercado
108	Supermercado Super 10	Supermercado
109	ABC N. S. das Graças - Divinópolis	Supermercado
110	Josyl do Supermercados	Supermercado
111	Supermercado Nenê	Supermercado
112	BANCO DO BRASIL - RUA GOIAS - Agência 3329	Banco
113	Santander	Banco
114	Banco Mercantil do Brasil	Banco
115	Banco Bradesco	Banco
116	BANCO DO BRASIL - DIVINOPOLIS - Agência 372	Banco
117	Caixa Econômica Federal	Banco
118	Santander	Banco
119	Caixa Econômica Federa	Banco
120	Agência Itaú	Banco
121	Agência Itaú	Banco
122	Sicoob Crediverde - Niterói	Banco
123	Crefisa	Banco
124	Sicoob Crediverde	Banco
125	Sicoob Crediverde - Bom Pastor	Banco
126	Sicoob Divicred - Santa Clara	Banco
127	Banco do Brasil Agência Bom Pastor	Banco
128	Agência Itaú	Banco
129	Banco Bradesco Av. JK - U. Divinópolis	Banco
130	Shopping Pátio Divinópolis	Shopping
131	Divishop	Shopping
