

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana**

DEFESA FINAL

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE BICICLETAS COMPARTILHADAS PARA
UMA CIDADE DE MÉDIO PORTE**

**CAMILO ANDRÉS MORA OLMOS
Orientadora: THAIS DE CASSIA MARTINELLI GUERREIRO**

**São Carlos
(junho/2021)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

DEFESA FINAL

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE BICICLETAS COMPARTILHADAS PARA
UMA CIDADE DE MÉDIO PORTE**

Camilo Andrés Mora Olmos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Profa. Dra. Thais de Cassia Martinelli Guerreiro
Orientadora

São Carlos
(junho/2021)

Mora Olmos, Camilo Andrés

Proposta de um sistema de bicicletas compartilhadas para uma cidade de médio porte / Camilo Andrés Mora Olmos -- 2021.
195f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos
Orientador (a): Thais de Cassia Martinelli Guerreiro
Banca Examinadora: Rochele Amorim Ribeiro, Marcelo Augusto Amâncio
Bibliografia

1. Sistemas de bicicletas compartilhadas, mobilidade urbana, SIG, AHP, MOORA.. I. Mora Olmos, Camilo Andrés. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Camilo Andrés Mora Olmos, realizada em 19/04/2021.

Comissão Julgadora:

Prof. Dra. Thais de Cassia Martinelli Guerreiro (PPGEU/UFSCar)

Prof. Dra. Rochelle Amorim Ribeiro (PPGEU/UFSCar)

Prof. Dr. Marcelo Augusto Amâncio (UNIP/Ribeirão Preto)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por esta oportunidade e tudo que ele vem proporcionado em minha vida.

À minha mãe Myriam, quem tem realizado muitos esforços, para que eu pudesse me formar e realizar minhas atividades acadêmicas. Esses esforços são representados em minhas origens e meu caráter.

À minha orientadora Professora Thais, pela orientação minuciosa e precisa, por seu apoio e estímulo desde o início, pela confiança que sempre imprimiu no meu trabalho e na minha pessoa.

Ao meu país Colômbia, que atravessa momentos difíceis, mas com oportunidades como estas para mais colombianos, conseguirá pessoas mais capacitadas para superar as dificuldades.

Ao Brasil que como país me apresentou sua cultura, linguagem e elementos de aprendizagem para minha vida.

À OEA (Organização dos Estados Americanos) e à CAPES, que me ofereceram diretamente esta oportunidade para estudar fora do meu país, concedendo auxílio financeiro para realização desta pesquisa.

À turma de PPGEU com que compartilhei aulas nas quais construí meu processo acadêmico.

Aos funcionários da Pós-graduação, em especial o Alex, que me atendeu sempre prontamente desde o primeiro momento, com indicações claras para realizar as atividades acadêmicas, em todo o processo para esta dissertação.

Quando suas pernas ficam cansadas, você pedala
com seu coração. - Nairo Quintana (ciclista colombiano).

RESUMO

Os sistemas de bicicletas compartilhadas (SBC) no mundo têm fornecido muitos benefícios para as cidades como melhorias no tráfego, na saúde e no meio ambiente. Um elemento que participa com alta importância no sucesso das bicicletas compartilhadas é a localização das estações. Este trabalho apresenta uma proposta de um sistema de bicicletas compartilhadas para uma cidade de médio porte (Araraquara, S.P.), estabelecendo as localizações das estações e avaliando as características próprias do município. São considerados fatores como locais com alta concentração de deslocamentos (polos geradores de viagens), elementos do sistema de ônibus, infraestrutura atual e projetada para bicicletas, pontos de interesse da cidade, características topográficas, e perfil dos usuários de bicicleta. A metodologia proposta utilizou a modelagem de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), a qual permitiu determinar certas características a partir de análises próprias da geografia como distâncias, densidades, mapeamentos. Paralelamente, o SIG se conectou com modelos de tomada de decisões, tais como o Processo Hierárquico Analítico (AHP) e a Otimização de Múltiplos Objetivos por Análise de Proporção (MOORA). No trabalho, esta metodologia procurou estabelecer critérios, avaliá-los e atribuir-lhes pesos com a participação dos três métodos, SIG, AHP e MOORA. Tais métodos contribuíram para a construção de mapas indicando as áreas de alta e média possibilidade para localizar as estações do sistema de bicicletas compartilhadas, a partir das quais foram geradas três alternativas que avaliaram características como número de bicicletas, tipo de sistema (manual ou automático) e custo de operação. Destas alternativas, a mais adequada propõe um sistema misto, com um menor custo e uma média de viagens adequada para um apropriado funcionamento. A partir do desenvolvimento do trabalho, também foi possível caracterizar a participação dos elementos como a infraestrutura cicloviária, a temperatura e a declividade dentro da implementação do sistema de bicicletas compartilhadas. Finalmente, com o andamento do trabalho Araraquara se apresentou como uma cidade com um importante potencial para implementar um sistema de bicicletas compartilhadas.

Palavras-chaves: Sistemas de bicicletas compartilhadas, mobilidade urbana, SIG, AHP, MOORA.

ABSTRACT

The bicycle-shared systems (BSS) in the world have provided many benefits to cities such as improvements in traffic, health, and the environment. The biggest success factor for shared bikes is the location of the stations. This work presents a proposal for a bicycle shared system for a medium-sized city (Araraquara, S.P.), establishing the locations of the stations and evaluating the characteristics of the municipality. Factors such as locations with a high concentration of travel (generating poles for trips), elements of the bus system, current and designed infrastructure for bicycles, points of interest in the city, topographic characteristics, and profile of bicycle users are considered. The proposed methodology uses the modeling of a Geographic Information System (GIS), which allows the determination of certain characteristics based on analyzes specific to geography such as distances, densities, mappings. In parallel, the GIS connects with decision-making models, such as the Analytical Hierarchical Process (AHP) and the Optimization of Multiple Objectives by Radio Analysis (MOORA). Such methods contributed to the construction of maps indicating the areas of high and medium possibility to locate the stations of the system of shared bicycles, from which three alternatives were generated that evaluated characteristics such as number of bicycles, type of system (manual or automatic) and operating cost. Of these alternatives, the most suitable proposes a mixed system, with a lower cost and an average of trips suitable for an appropriate operation. From the development of the work, it was also possible to characterize the participation of elements such as bicycle infrastructure, temperature and slope within the implementation of the shared bicycle system. Finally, with the progress of the work, Araraquara presented itself as a city with an important potential to implement a system of shared bicycles.

Keywords: Bicycle-shared systems, urban mobility, GIS, AHP, MOORA.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Mobilidade Urbana Sustentável | 10 |
| Figura 2. Vendas de bicicletas e veículos por milhões no Brasil | 11 |
| Figura 3. Gerações dos sistemas de bicicletas compartilhadas, (a) primeira geração, (b) segunda geração, e (c) terceira geração | 24 |
| Figura 4. Localização prioritária e adequada das estações de bicicletas compartilhadas..... | 31 |
| Figura 5. Critérios e subcritérios de localização prioritária e adequada de estações de bicicletas compartilhadas..... | 32 |
| Figura 6. Árvore hierárquica de critérios e subcritérios | 33 |
| Figura 7. Marco de referência do MaaS | 42 |
| Figura 8. Estrutura SIG-tradicional | 43 |
| Figura 9. Estrutura SIG-Web..... | 44 |
| Figura 10. Metodologia MOORA e MULTIMOORA, matriz de repostas (MDF)..... | 51 |
| Figura 11. Fluxograma metodologia | 55 |
| Figura 12. Critério para a localização das estações de bicicletas | 56 |
| Figura 13. Amostra calculada..... | 60 |
| Figura 14. Histograma dos dados de população..... | 66 |
| Figura 15. Escolar por faixa etária..... | 75 |
| Figura 16. Escolaridade da população de 25 anos ou mais – Ano 2010 | 75 |
| Figura 17. Crescimento percentual da população e da frota de veículos em Araraquara de 2002-2013..... | 76 |
| Figura 18. Mapa ciclovias de Araraquara..... | 78 |
| Figura 19. Mapa PGV's e infraestrutura cicloviária de Araraquara..... | 80 |
| Figura 20. Resultados da pergunta 1 Que experiencia tem com a bicicleta? | 82 |
| Figura 21. Resultados da pergunta 2 Atividade..... | 83 |
| Figura 22. Resultados da pergunta 3 Nível educativo | 84 |
| Figura 23. Resultados da pergunta 4 Gênero..... | 85 |
| Figura 24. Resultados da pergunta 5 Faixa etária..... | 86 |
| Figura 25. Resultados da pergunta 6 Quantas viagens/deslocamentos aproximadamente você faz diariamente? | 87 |
| Figura 26. Resultados da pergunta 7 Qual é o motivo principal de suas viagens?..... | 88 |
| Figura 27. Resultados da pergunta 7 Qual modo de transporte você utiliza com maior frequência para realizar suas viagens?..... | 89 |
| Figura 28. Se você usa a bicicleta como meio de transporte, responda seguinte pergunta. Faz quanto tempo você usa a bicicleta como meio de transporte..... | 90 |
| Figura 29. Mapa origens e destinos obtidos do questionário | 91 |
| Figura 30. Resultados da pergunta 14 do questionário..... | 92 |
| Figura 31. Resultados da pergunta 15 Quanto tempo você estaria disposto a pedalar para fazer seus deslocamentos?..... | 93 |
| Figura 32. Resultados da pergunta 16 De acordo com os valores de temperatura expostos, você se sentira mais confortável para deslocar-se em um possível sistema de bicicletas? .. | 94 |
| Figura 33. Resultados da pergunta 17 De acordo com os valores de declividade expostos, você se sentira mais confortável para deslocar-se em um possível sistema de bicicletas? .. | 95 |
| Figura 34. Resultados das perguntas 18 Conhece como é o funcionamento de um sistema de bicicletas públicas compartilhadas?..... | 96 |

| | |
|--|-----|
| Figura 35. Resultados das perguntas 19 Qualifique a utilidade de um sistema de bicicletas compartilhadas de acordo a escala..... | 97 |
| Figura 36. Resultados das perguntas 20 Estaria disposto a pagar por um sistema de bicicletas compartilhadas..... | 98 |
| Figura 37. Mapa dos fatores urbanos, concentração por km ² das universidades | 100 |
| Figura 38. Mapa dos fatores urbanos, concentração por km ² para as escolas..... | 102 |
| Figura 39. Mapa fatores transporte..... | 104 |
| Figura 40. Histograma da frequência dos pontos de ônibus..... | 105 |
| Figura 41. Mapa Pontos de ônibus com maior número de viagens associado à frequência diária de linhas..... | 106 |
| Figura 42. Mapa setores censitários e população IBGE..... | 107 |
| Figura 43. Modelo TIN de elevação, construído a partir das curvas de nível | 108 |
| Figura 44. Model Builder de trabalho | 118 |
| Figura 45. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade das universidades | 119 |
| Figura 46. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade das escolas..... | 120 |
| Figura 47. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade dos centros esportivos e parques | 121 |
| Figura 48. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade pontos de turismo | 122 |
| Figura 49. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade dos Shopping centers-áreas comerciais..... | 123 |
| Figura 50. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade das áreas administrativas e outros comércios | 124 |
| Figura 51. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade da rodoviária..... | 125 |
| Figura 52. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade dos pontos de ônibus com maior número de viagens..... | 126 |
| Figura 53. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade das estações de ônibus ou terminal de integração..... | 127 |
| Figura 54. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para proximidade das ciclofaixas atuais e futuras..... | 128 |
| Figura 55. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério população IBGE | 129 |
| Figura 56. Mapa das alternativas definidas para o critério declividade | 130 |
| Figura 57. Mapa das alternativas definidas para o critério temperatura..... | 131 |
| Figura 58. Mapa das alternativas definidas para o critério aceitabilidade..... | 132 |
| Figura 59. Execução da ferramenta álgebra de mapa <i>Weighted Overlay</i> , realizando a superposição dos critérios para os fatores urbanos..... | 134 |
| Figura 60. Execução da ferramenta álgebra de mapa <i>Weighted Overlay</i> , realizando a superposição dos critérios para os fatores de transporte..... | 134 |
| Figura 61. Execução da ferramenta álgebra de mapa <i>Weighted Overlay</i> , realizando a superposição dos critérios para os fatores do usuário | 135 |
| Figura 62. Mapa das áreas para localizar as estações do sistema de bicicletas compartilhadas, com base nos fatores urbanos..... | 136 |

| | |
|---|-----|
| Figura 63. Mapa das áreas para localizar as estações do sistema de bicicletas compartilhadas, com base nos fatores de transporte..... | 137 |
| Figura 64. Mapa das áreas para localizar as estações do sistema de bicicletas compartilhadas, com base nos fatores do usuário..... | 138 |
| Figura 65. Mapas - áreas média e alta da compilação de fatores | 139 |
| Figura 66. Mapa das estações - áreas alta e média possibilidade | 141 |
| Figura 67. Viagens médias dos sistemas de bicicletas compartilhadas medidos para 2017 | 144 |
| Figura 68. Viagens médias dos sistemas de bicicletas compartilhadas medidos para 2015 | 145 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1. Análises planos de mobilidade com ênfase na bicicleta..... | 13 |
| Tabela 2. Fatores associados ao uso e propriedade da bicicleta..... | 18 |
| Tabela 3. Variáveis dos modelos para determinação de sistemas de bicicletas compartilhadas (SBC) | 30 |
| Tabela 4. Métodos utilizados nos modelos para determinação de (SBC) | 30 |
| Tabela 5. Pesos de critérios e subcritérios..... | 34 |
| Tabela 6. Características principais do MaaS..... | 40 |
| Tabela 7. Contagens relativas..... | 47 |
| Tabela 8. Dados espaciais ligados com os critérios | 61 |
| Tabela 9. Alternativas de seleção para os critérios urbanos | 62 |
| Tabela 10. Alternativas de seleção para os critérios de transporte..... | 62 |
| Tabela 11. Alternativas de seleção para os critérios dimensão usuário..... | 65 |
| Tabela 12. Limite declividades ArcGIS Pro..... | 67 |
| Tabela 13. Ranking de importância para a construção da matriz de comparação..... | 70 |
| Tabela 14. Ciclovias de Araraquara | 77 |
| Tabela 15. Matriz de comparação por pares para os fatores urbanos..... | 99 |
| Tabela 16. Matriz de comparação por pares para os fatores de transporte..... | 103 |
| Tabela 17. Matriz de comparação por pares para os fatores caracterização do usuário..... | 107 |
| Tabela 18. Matriz de comparação por pares com qualificação numérica para os fatores urbanos | 109 |
| Tabela 19: Matriz de comparação por pares com qualificação para os fatores de transporte | 109 |
| Tabela 20. Matriz de comparação por pares com qualificação para os fatores caracterização do usuário | 110 |
| Tabela 21. Matriz normalizada de comparação por pares para os fatores urbanos..... | 111 |
| Tabela 22. Matriz normalizada de comparação por pares para os fatores de transporte.... | 111 |
| Tabela 23. Matriz normalizada de comparação por pares para os fatores caracterização do usuário | 112 |
| Tabela 24. Vetor de pesos dos critérios para os fatores urbanos..... | 112 |
| Tabela 25. Vetor de pesos dos critérios para os fatores de transporte..... | 113 |
| Tabela 26. Vetor de pesos dos critérios para os fatores caracterização do usuário..... | 113 |
| Tabela 27. Autovalor máximo insumo para o IC - fatores urbanos | 114 |
| Tabela 28. Autovalor máximo insumo para o IC - fatores de transporte | 114 |
| Tabela 29. Autovalor máximo insumo para o IC - fatores caracterização do usuário | 115 |
| Tabela 30. Índice de consistência para cada fator | 115 |
| Tabela 31. Razão de consistência para cada fator | 115 |
| Tabela 32. Resumo das coberturas e análises realizadas para cada um dos critérios..... | 117 |
| Tabela 33. Resumo das áreas para cada uma das possibilidades | 133 |
| Tabela 34. Alternativas de estações - Aplicação do método MOORA | 140 |
| Tabela 35. Custo aproximado de cada tipo de sistema..... | 143 |
| Tabela 36. Matriz de comparação para os pares das características do SBC. | 146 |
| Tabela 37. Matriz de comparação com a qualificação numérica para as características do SBC..... | 146 |
| Tabela 38. Matriz normalizada de comparação por pares das características do SBC | 147 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 39. Vetor de pesos dos critérios das características do SBC | 147 |
| Tabela 40. Autovalor máximo para características do SBC..... | 148 |
| Tabela 41. Índice de consistência para características do SBC..... | 148 |
| Tabela 42. Razão de consistência para cada fator | 148 |
| Tabela 43. Matriz de decisão final (MDF) | 149 |
| Tabela 44. Matriz de decisões normalizada..... | 149 |
| Tabela 45. Matriz de pesos normalizada | 150 |
| Tabela 46. Matriz índice de decisão | 150 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRACICLO – Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas e Bicicletas

AHP – Processo Hierárquico Analítico

CIDE – Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico

CNM – Confederação Nacional de Municípios

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

CONUE – Comissão Nacional Para o Uso Eficiente da Energia. Mobilidade Urbana Sustentável

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC – Índice de Consistência

IDAE – Instituto Para a Diversificação e Poupança da Energia

IMC – Índice de Massa Corporal

IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados

IR – Imposto de Renda

ITDP – Instituto De Políticas De Transporte e Desenvolvimento

MaaS – *Mobility as a Service*

MCDM – *Multiple Criteria Decision Making*

MOORA – Otimização Multiobjetivo por Análises de Proporção

NABSA – *North American Bikeshare Association*

ONU – Organização das Nações Unidas

PGV – Polos Geradores de Viagens

SAW – *Simple Additive Weighting*

SBC – Sistema(s) de Bicicletas Compartilhadas

SIG – Sistema de Informação Geográfica

TAZs – *Small Traffic Analysis Zones*

TIC- Tecnologia Informação das Comunicações

TIN – *Triangulated Irregular Network*

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. JUSTIFICATIVA | 3 |
| 2.1. Objetivo geral..... | 6 |
| 2.2. Objetivos específicos..... | 6 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 7 |
| 3.1. Lei 12.587/2012 - Lei da Mobilidade Urbana..... | 7 |
| 3.1.1. Pilares e benefícios | 8 |
| 3.1.2. Cumprimento da Lei | 10 |
| 3.2. Mobilidade Urbana Sustentável | 10 |
| 3.3. Desenvolvimento industrial referente à mobilidade..... | 11 |
| 3.4. Análises dos planos de mobilidade com ênfase nas bicicletas..... | 12 |
| 3.5. Fatores que influenciam o uso e a propriedade da bicicleta..... | 16 |
| 3.6. Sistemas de bicicletas compartilhadas (SBC)..... | 22 |
| 3.6.1. Primeira geração | 23 |
| 3.6.2. Segunda geração | 23 |
| 3.6.3. Terceira geração..... | 24 |
| 3.7. Sistemas de bicicletas compartilhadas existentes no Brasil | 25 |
| 3.7.1. Belo Horizonte..... | 25 |
| 3.7.2. São Paulo | 26 |
| 3.7.3. Rio de Janeiro | 27 |
| 3.7.4. Sistemas de bicicletas compartilhadas em cidades e espaços urbanos de médio porte | 27 |
| 3.8. Modelos para determinação de sistemas de bicicletas compartilhadas..... | 29 |
| 3.8.1. Tharathorn e Mongkut (2013) | 31 |
| 3.8.2. Ghandehari <i>et al.</i> (2013) | 33 |
| 3.8.3. Tran <i>et al.</i> (2015) | 34 |
| 3.8.4. Mete <i>et al.</i> (2018) | 36 |
| 3.8.5. Cadurin (2016)..... | 36 |
| 3.8.6. Kabak <i>et al</i> (2018) | 37 |
| 3.9. Mobility as a service (MaaS)..... | 38 |
| 3.10. Sistema de Informação Geográfica (SIG)..... | 43 |
| 3.11. Processo Hierárquico Analítico (AHP) | 46 |
| 3.12. Otimização multiobjetivo por análises de proporção (MOORA)..... | 50 |
| 4. METODOLOGIA..... | 54 |
| 4.1. Passo 1. Identificação e definição de critérios | 55 |
| 4.1.1. Fatores urbanos | 56 |
| 4.1.2. Fatores de transporte..... | 57 |

| | |
|---|------------|
| 4.1.3. Fatores da dimensão do usuário..... | 58 |
| 4.2. Passo 2: Construção do questionário de caracterização | 59 |
| 4.3. Passo 2: Construção dos critérios na base geográfica | 60 |
| 4.4. Passo 3: Aplicação (coleta) do questionário | 70 |
| 4.5. Passo 3: Determinação de pesos para cada critério - AHP | 70 |
| 4.6. Passo 3: Geração de mapas e classificação de informação-SIG | 71 |
| 4.7. Passo 4: Tratamento de dados | 71 |
| 4.8. Passo 4: Integração SIG e AHP..... | 71 |
| 4.9. Passo 4: Mapa de ponderação de pesos - Ranking de localização das estações usando o MOORA | 72 |
| 5. OBJETO DE ESTUDO | 73 |
| 5.1. Geomorfologia..... | 73 |
| 5.2. Unidade fisiográfica..... | 73 |
| 5.3. Renda | 73 |
| 5.4. População..... | 74 |
| 5.5. Mobilidade..... | 76 |
| 6. RESULTADOS | 79 |
| 6.1. Passo 1. Identificação e definição de critérios | 79 |
| 6.2. Passo 2: Construção do questionário de caracterização | 79 |
| 6.3. Passo 2: Construção dos critérios na base geográfica | 79 |
| 6.4. Passo 3: Aplicação (coleta) do questionário | 80 |
| 6.5. Passo 3: Determinação de pesos para cada critério - AHP | 98 |
| 6.6. Passo 3: Geração de mapas e classificação de informação-SIG | 116 |
| 6.7. Passo 4: Tratamento de dados | 132 |
| 6.8. Passo 4: Integração SIG e AHP | 133 |
| 6.9. Paso 4: Mapa de ponderação de pesos - Ranking de localização das estações usando o MOORA | 139 |
| 6.9.1. Número total de estações | 140 |
| 6.9.2. Custo operação total | 142 |
| 6.9.3. Uso do sistema (número total de viagens diárias) | 144 |
| 7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 151 |
| 7.1. Contribuições para trabalhos futuros..... | 154 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 156 |
| 9. APÊNDICE A-QUESTIONÁRIO..... | 170 |

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana, particularmente por meios dos modos motorizados individuais e coletivos, apresenta-se como uma importante preocupação para os governantes, autoridades e cidadãos, embora nenhum destes atores tenha a capacidade exclusiva e total de tomar decisões que realmente transformem efetivamente este aspecto (CADURIN, 2016). Em cidades brasileiras de médio porte são comuns muitos tipos de conflitos, os quais conduzem a cidade a um espaço pouco agradável para a realização de deslocamentos e para habitação. Dentre estes conflitos, pode-se citar: i) alto uso de automóvel, tornando insuficiente qualquer infraestrutura viária; ii) elevação dos níveis de estresse, em grande parte decorrente de muito tempo perdido em congestionamentos; iii) aumento do número de pessoas sedentárias, muito atrelado à maior utilização de automóvel, mesmo para percursos pequenos e relacionado diretamente ao tema de saúde pública; iv) incremento de taxas de acidentes, que afetam a segurança no tráfego; v) redução dos espaços para os pedestres e para atividades de lazer; e vi) poluição (CADURIN, 2016; ACERO, 2011).

Diante deste quadro e visando uma maior inserção das bicicletas nos deslocamentos diários, o governo federal lançou o plano chamado Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta - Bicicleta Brasil (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017). Este plano também procura garantir a segurança dos usuários de bicicleta e a integração dessa com os outros meios de transporte das cidades. Portanto, para um incremento no uso da bicicleta requer-se ação coletiva que permita começar a usá-la, reconhecendo suas vantagens como: rapidez, melhora na qualidade de vida e menor investimento financeiro. Entretanto deve-se pensar em estratégias de modo a promover boa infraestrutura e segurança.

Economia, sustentabilidade, tecnologia, acessibilidade, qualidade de vida são algumas iniciativas nas cidades inteligentes, que são lugares nos quais a tecnologia da informação é combinada com infraestrutura, arquitetura, objetos do cotidiano e até nosso corpo, para tratar de resolver problemas sociais, econômicos e ambientais (TOWNSEND, 2013). Os sistemas de bicicletas compartilhadas podem ser uma ferramenta nestas iniciativas, contribuindo com reduções do dióxido de carbono, incremento de hábitos saudáveis e uso de dados para desenvolver estratégias sobre o transporte ativo. Além disso, nos lugares com a adoção de um sistema de bicicletas compartilhadas, a população começa

a perceber alguns dos benefícios de seu uso, como economia de tempo, melhorias na saúde, e algumas melhorias na infraestrutura cicloviária, as quais resultam em um incremento do uso da bicicleta, como por exemplo, o sistema de bicicletas compartilhadas da Universidade Nacional de Colômbia *Bicirrun* (ACERO, 2011). Trata-se de um sistema de bicicletas compartilhadas que funciona no interior do campus da Universidade Nacional de Colômbia em Bogotá desde o ano 2006 e na atualidade conta com 158 bicicletas e ajuda a comunidade a diminuir os tempos de deslocamentos.

Neste sentido, estando o conceito de um sistema de bicicletas compartilhadas ligado ao componente espacial no qual o ser humano se desenvolve e relaciona, é necessário propor um sistema de compartilhamento que ajude a resolver ou melhorar algumas problemáticas de mobilidade que afetam a cidade. Desta reflexão surge a pergunta de pesquisa:

Quais elementos definem a proposta mais adequada para um sistema de bicicletas compartilhadas em uma cidade de médio porte?

A pesquisa também plantea as seguintes hipóteses:

Qual a importância do elemento espacial na escolha da alternativa mais adequada para o sistema de bicicletas compartilhadas?

Qual o nível de participação de fatores como população, elementos do transporte, temperatura entre outros na escolha da alternativa, usando elementos de pesquisa como o questionário?

2. JUSTIFICATIVA

Em cidades de médio porte, geralmente os deslocamentos das pessoas para realizar suas atividades diárias (trabalho, estudo, lazer, etc.) contrapõe-se a várias dificuldades advindas de vários fatores econômicos, histórico, sociais entre outros, representado por:

- Uso excessivo de veículos, que causa congestionamento e aumenta os níveis de poluição;
- Transporte público operando com veículos lotados, linhas com atrasos, e ônibus antigos que geram desconforto aos usuários;
- Infraestrutura deficiente para o uso da bicicleta, dificultando o aumento no uso dessa e a incorporação de novos usuários;
- Inexistência de um sistema de bicicletas compartilhadas, que promove a possibilidade de realizar viagens, de uma forma autônoma, eficiente, com segurança e baixo custo;
- Ausência de incentivo à melhoria dos hábitos de vida, visto que, quando o deslocamento é secundário ou curto, normalmente opta-se pela utilização de automóvel, fomentando comportamentos inativos e sedentários; e
- Falta de uma infraestrutura segura e adaptada a pedestres e pessoas com mobilidade reduzida.

A proposta de um sistema de bicicletas compartilhadas se mostra como uma alternativa para melhorar estas dificuldades. Por exemplo, viagens que são realizadas em outros modais como a pé, em transporte público, ou em veículo particular, podem ser atraídas para sistemas de bicicletas compartilhadas, tal como ocorreu em *Dublin*, Irlanda. Nesta cidade foi criado o sistema *Dublinbikes* que atraiu usuários dos outros modais, sendo 45,6% proveniente do transporte a pé, 34,6% do transporte público, e 19,8% do veículo particular (FISHMAN *et al.*, 2013). Em outras cidades ao redor do mundo, sistemas semelhantes foram implantados e a porcentagem de usuários provenientes do veículo privado (modal que apresenta a maior influência nas problemáticas de mobilidade) atraídos, foi:

- *Londres BCH*, Londres, UK, 2,0% (FISHMAN *et al.*, 2014);
- *Veli'b*, Lyon, França, 7,0% (FISHMAN *et al.*, 2013);
- *Bicing*, Barcelona, Espanha, 9,6% (ROJAS-RUEDA *et al.*, 2011);
- *Bixi Montreal*, Canadá, 2,0% (BACHAND MARLEU *et al.*, 2012);
- *Capital Bike Share*, Washington, EUA, 7,0% (RICCI, 2015);

- *Nice Ride* Minnesota nas cidades gêmeas de *Minnesota-Saint Paul*, EUA, 19,3% (RICCI, 2015);
- *Melbourne Bike Share*, Melbourne, Austrália, 19,0% (RICCI, 2015); e
- *CityCycle*, Brisbane, Australia, 21,0% (FISHMAN *et al.*, 2013).

Ainda que a porcentagem de usuários atraídos provenientes do veículo particular em alguns sistemas seja baixa caso *Londres* e *Montreal*, isto não significa que a migração seja menos importante, pois com a redução do uso do veículo particular, diminui-se o congestionamento das cidades e a poluição. Especificamente com relação à diminuição da poluição atmosférica, um estudo dos SBC de *Londres*, *Melbourne*, *Brisbane*, *Washington* e *Minnesota*, mostrou uma diminuição dos níveis de CO₂ em determinados lugares dessas cidades, decorrente da implementação e adequada redistribuição de estações dos SBC, também apoiado pelas medidas como restrições de ingresso de veículos particulares à determinadas áreas da cidade e a substituição de veículos por aqueles que incorporem tecnologias mais limpas (FISHMAN *et al.*, 2014).

A implementação do sistema de bicicletas compartilhadas produz benefícios na economia local, particularmente em estabelecimentos comerciais de menor escala. Um exemplo é a cidade de *Washington*, em qual o 70,0% dos comerciantes relataram um impacto econômico positivo de ter uma estação de bicicletas perto de seus estabelecimentos, sendo que desses, 20,0% afirmaram ter um acréscimo direto em suas vendas e 71,0% afirmaram que as vendas não tiveram crescimento ou diminuição, mas sim um fluxo maior de pessoas perto dos estabelecimentos.

Outro benefício apontado como consequência da utilização de sistemas de bicicletas compartilhadas refere-se à economia de tempo. No SBC *Veli'b*, os novos usuários relataram um ganho de tempo de até 13,0% em comparação com o modal utilizado anteriormente (WOODCOCK *et al.*, 2014), enquanto no sistema de *Londres* a porcentagem foi de 20,0%. É importante enfatizar que ainda não existe uma metodologia certa que permita transformar esse tempo em um valor econômico direto (JENSEN *et al.*, 2010).

A viabilidade econômica dos SBC tem muita importância para prefeituras e patrocinadores que precisam conhecer quais vantagens econômicas podem obter pela implementação do sistema. Para os patrocinadores é fundamental localizar as estações perto de pontos turísticos, pois existe uma maior possibilidade de sucesso, o que se transformaria diretamente em uma vantagem econômica. Além disso, esta exposição pública permite obter

outro benefício que é a publicidade. Para um governo que seja o responsável único e direto de um sistema de bicicletas compartilhadas, deve garantir que o SBC tenha estabilidade financeira e se converta em um benefício, isto pode-se oferecê-lo mediante subsídios durante o início da operação. Esta estratégia poderá ocasionar um incremento dos usuários com planos anuais e mensais o que a longo prazo geraria maiores ingressos econômicos, juntamente com as receitas de publicidade e uso do espaço público ajudariam à estabilidade financeira do SBC. Um exemplo é o SBC *Veli'b*, que realiza 25,0% das viagens diárias por usuários com algum tipo de plano ou inscrição (mensais, anuais, estudante, etc.), que lhe permite, contar com uma quantidade de recursos econômicos de maneira estável (SHAHEEN *et al.*, 2014).

Mais um benefício decorrente do funcionamento de um SBC, é a melhoria da saúde. Em um estudo antes e depois do funcionamento do sistema *Bixi*, em *Montreal*, foi verificado um aumento dos níveis do uso da bicicleta na população que mora perto das estações, sugerindo não só que os sistemas podem levar ao aumento desta prática, como também promovem indiretamente uma melhoria nos níveis de saúde, devido a que se apresentou um aumento da atividade física relacionada com o uso da bicicleta (FULLER *et al.*, 2013).

No SBC *Capital Bikeshare* de Washington, se desenvolveu uma pesquisa com a participação de 3100 usuários, mostrou que 31,5% relataram uma redução do estresse e cerca de 30,0% indicaram que perderam peso devido ao uso da bicicleta (SHAHEEN *et al.*, 2014).

Por último, no temário da saúde, a partir da crise da COVID-19, os SBC mostram-se como uma alternativa muito importante para o deslocamento seguro, devido às seguintes razões: i) permitem manter a distância mínima de segurança (1,5-2,0 m), que é mais difícil de manter em viagens realizadas em transporte público como ônibus, metrô, trem, ou através de aplicativos como Uber ou 99, ii) através de parcerias com os operadores de SBC se pode garantir viagens com gratuidade ou de menor custo para os profissionais da saúde e funcionários de setores essenciais como mercados, logística, segurança (SCHWEDHELM, 2020). Um exemplo disto apresenta-se em *Bogotá*, Colômbia, na qual o operador privado *Muvo Bike* estabeleceu uma parceria com a Prefeitura, emprestando 400 bicicletas elétricas diariamente aos médicos e enfermeiras da rede pública hospitalar, e a Prefeitura implementou 75 km adicionais de ciclofaixas temporárias aproximadamente, possibilitando deslocamentos com maior segurança, e comodidade e menor risco de contágio entre os usuários (SECRETARIA DE MOBILIDADE, 2020).

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação é propor localizações de áreas para estações de um sistema de bicicletas compartilhadas para uma cidade de médio porte.

2.2. Objetivos específicos

Como objetivos específicos, têm-se:

- Desenvolver uma metodologia que integre os métodos SIG, AHP e MOORA;
- Caracterizar a participação dos elementos como a infraestrutura cicloviária, a temperatura e a declividade dentro da implementação do sistema de bicicletas compartilhadas;
- Sugerir alternativas para o sistema de bicicletas compartilhadas, e avaliá-las com o método MOORA.
- Desenvolver e aplicar um questionário em uma amostra da população previamente calculada

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No ano de 1988 se produziu a elaboração da Constituição Federal, os temários urbanos e do planejamento das cidades passaram a ter importância dentro de uma legislação federal. Especificamente com relação ao capítulo II, este versa sobre a Política Urbana (Art. 182 e Art. 183) e estabelece que a política de desenvolvimento urbano deverá ser executada conforme as diretrizes gerais fixadas em lei e tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes (DA SILVA e BARCELOS, 2018; BRASIL, 2001).

Em 2001 foi publicada a Lei 10.257, que instituiu o Estatuto da Cidade com o objetivo de garantir o direito à cidade como um dos direitos fundamentais das pessoas, e possibilitar a universalização do acesso às oportunidades que a vida urbana oferece. O Estatuto da Cidade estabelece a gestão democrática, garantindo a participação da população em todas as decisões de interesse público (DA SILVA e BARCELOS, 2018; BRASIL, 2001).

No ano 2010 começou a ser discutido o tema da mobilidade urbana, como parte fundamental do processo de desenvolvimento da cidade e com maior participação da população. Como consequência, ganhou força a discussão na sociedade civil, no Conselho das Cidades e no Congresso Nacional o Projeto de Lei que estabelecia a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) (DA SILVA e BARCELOS, 2018), que a seguir será descrita com maiores detalhes.

3.1. Lei 12.587/2012 - Lei da Mobilidade Urbana

O caminho anteriormente descrito foi parte vital para a elaboração da Lei 12587/2012, mas outros Projetos de Lei (PL) tiveram uma participação direta, como os de nº 694/1995, 1974/1996 e o 2234/1999, que tratavam sobre o transporte coletivo urbano, sobre o transporte rodoviário coletivo de passageiros, sobre o regime de concessão ou permissão e sobre o sistema integrado de transporte coletivo urbano, respectivamente. Durante o ano de 2003 aconteceram dois sucessos importantes: a criação do Ministério das Cidades e o estudo de forma mais detalhada do PL - nº 694/1995 por parte da Câmara de Deputados. Com base nestes sucessos, em 2007 se enviou um novo PL - nº 1687/2007 - que apresentava muitos elementos semelhantes ao PL - nº 694/1995, sendo reformulado e divulgado como PL - nº 1687/2007 (BRASIL, 2015).

Com as modificações realizadas pela Câmara, o projeto continuou o trâmite no Senado com a denominação de Projeto de Lei da Câmara nº 166/2010, começando seu trâmite em 2010,

sendo aprovado em 2011 e divulgado em 2012. O projeto foi iniciado com uma diretriz de “transporte coletivo urbano” e mudou para diretrizes mais abrangentes referentes à “Política Nacional de Mobilidade Urbana”. Finalmente observa-se que o processo de trâmite demorou cerca de 17 anos desde a concepção até a divulgação como Lei 12.587/2012.

A lei surge com o propósito de procurar uma reorganização do transporte, estabelecendo que meios coletivos e não motorizados sejam a prioridade por parte dos governos e da sociedade, como também dar poder aos usuários de meios coletivos para que tenham uma participação mais ativa com o propósito de que o governo e a população executem a lei (BRASIL, 2012). São definidas as seguintes ações propositivas e de controle:

- Política tarifária e regulação do transporte público, como mecanismo de controle e para proteger a comunidade;
- Participação social, para fornecer os direitos dos usuários;
- Atribuições dos entes federativos, com ações de capacitação ao nível técnico, promoção de projetos de transportes de forma integrada, e garantia da prestação de serviços essenciais de transporte público;
- Gestão dos sistemas de mobilidade urbana, sempre focando nos pedestres, usuários de bicicleta, e do transporte coletivo; e
- Planos de mobilidade urbana, com conteúdo específico de acordo as características de cada município.

A lei também suscita pilares, que envolvem o governo federal, estadual e municipal, outorgando responsabilidades, e que para a população se apresentam como benefícios que claramente aparecem sobre o transporte coletivo e a mobilidade, os quais são apresentados a seguir:

3.1.1. Pilares e benefícios

Baseado nos conceitos supracitados, a lei apresenta como pilares e respectivos benefícios, os seguintes itens:

- **Acessibilidade universal:** Como benefício, tem-se a possibilidade de que as cidades ou espaços que estas contêm, bairros, polos geradores de viagens, e

inclusive ruas sejam acessíveis para qualquer pessoa se deslocar sem se importar com a condição de mobilidade reduzida ou alguma incapacidade;

- Desenvolvimento sustentável das cidades, nas dimensões socioeconômicas e ambientais: Trouxe como benefício a ênfase nos modos coletivos e não motorizados, os quais tem como base o elemento da sustentabilidade, através da redução das emissões poluentes, junto com a maior oportunidade de deslocamentos das pessoas;
- Equidade no acesso dos cidadãos ao transporte público coletivo: Poder garantir o acesso ao transporte público sem importar o nível econômico da população (implantação de subsídios e tarifas essenciais);
- Integração com a política de desenvolvimento urbano: Procurar integração nas respectivas políticas setoriais de habitação, saneamento básico, planejamento e gestão do uso do solo no âmbito dos entes federativos. Tal integração visa permitir que a tomada de decisões em outros setores seja feita de maneira integrada com o tópico da mobilidade urbana;
- Integração entre os modos e os serviços de transporte urbano: O planejamento da multimodalidade é chave, pois permite realizar operações com maior rapidez e eficiência do sistema de transporte, levando a benefícios econômicos pelas prefeituras; e
- Prioridade dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado: Fortalecer estes modos de transporte é o pilar central desta lei, pois acolhe os outros aqui nomeados. Além disso, quando um sistema de mobilidade funciona adequadamente muitos outros elementos das cidades começam a fazê-lo igual, melhorando a qualidade de vida da população.

3.1.2. Cumprimento da Lei

Para viabilizar o cumprimento da Lei da Mobilidade Urbana é imprescindível que os municípios apresentem recursos econômicos suficientes para prover obras de infraestruturas adequadas.

Alguns anos após a promulgação da Lei 12.587/2012, mais sobretudo em 2014, o Governo Federal, com a ideia de estimular a economia, tomou uma decisão que piorou a situação e frustrou as receitas das prefeituras, uma vez que decidiu efetivar desonerações sobre: o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), o Imposto de Renda (IR) e a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE). Destaca-se essa última, que é a única contribuição que tem a participação de Estados e Municípios (CNM, 2015). Tais desonerações prejudicaram a arrecadação de recursos que poderiam ser aplicados à melhoria da mobilidade urbana.

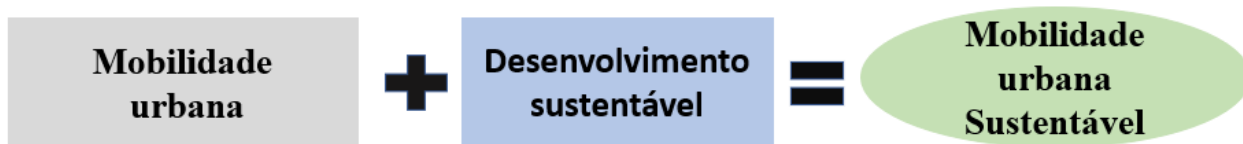
Por outro lado, muitos municípios ainda estão focados em esquemas viários e não de mobilidade urbana sustentável de uma forma mais ampla. Muitas vezes, e basicamente, o plano de mobilidade é voltado para o habitual planejamento de um maior número de vias e não de uma rede cicloviária eficiente e adequada, por exemplo.

Deste modo, propor e criar estes planos de mobilidade urbana necessita de uma estrutura administrativa e técnica muitas vezes ausente nos municípios. É necessário que os governos estadual e federal, através de acordos com organizações públicas ou privadas, apoiem as prefeituras com assessorias e conhecimentos técnicos nas áreas de planejamento e mobilidade urbana.

3.2. Mobilidade Urbana Sustentável

O conceito da mobilidade urbana sustentável tem diversas definições, mas uma forma fundamental de entendê-la é apresentada na Figura 1.

Figura 1. Mobilidade Urbana Sustentável



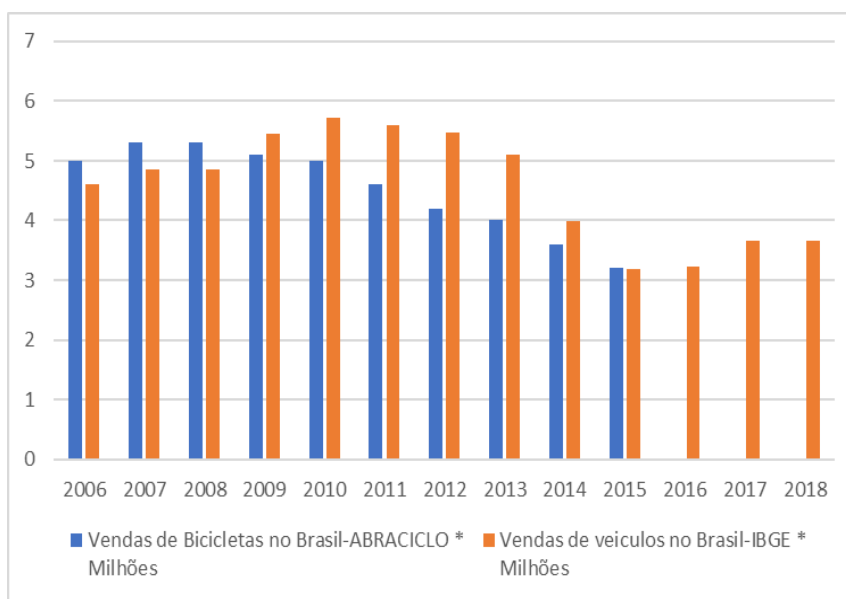
Fonte: Adaptado ONU (1987) e CONUE (2008)

A mobilidade urbana é o movimento de pessoas e mercadorias nas cidades, independentemente do meio que eles usam para locomover-se, seja a pé, em transporte público, automóvel, bicicleta, etc. (CONUE, 2008). Paralelamente, o desenvolvimento sustentável atende as necessidades das gerações presentes sem comprometer as possibilidades das gerações futuras para satisfazer as suas próprias. No ano de 1992 se juntou esta definição com a ideia de que o desenvolvimento sustentável deve ser baseado em três pilares: sociedade, progresso da economia e conservação do meio ambiente (ONU, 1987). A mobilidade urbana sustentável, por sua vez, aplicando os dois conceitos anteriores, garante a proteção do meio ambiente, mantém uma boa qualidade de vida aos cidadãos e favorece o desenvolvimento econômico (CONUE, 2008).

3.3. Desenvolvimento industrial referente à mobilidade

Com o processo de desenvolvimento industrial, se produz uma transformação na forma de deslocar-se, de modo que os deslocamentos são realizados com maior facilidade por aqueles que têm um automóvel. Como resultados, há um crescente aumento do número de veículos e, por conseguinte, complicações na mobilidade, além de que a bicicleta, um modal de transporte que tinha maior relevância dentro da sociedade brasileira, começa a perder espaço. A partir desta afirmação se apresenta a Figura 2 na qual mostra-se o número de vendas de bicicletas e de automóveis para o período compreendido entre 2006 e 2018.

Figura 2. Vendas de bicicletas e veículos por milhões no Brasil



Fonte: Adaptado ABRACICLO e IBGE (2020)

De acordo com a Figura 2, verifica-se um crescimento da venda de automóveis entre os anos 2008 até 2011, posteriormente uma redução até o ano 2015, sendo que em 2016 o crescimento é retomado, isto devido ao processo econômico pelo qual o país passou.

Com relação às vendas de bicicletas, estas apresentaram um decréscimo entre os anos 2008 e 2015; porém, após este ano não foram obtidas mais informações a respeito. Ressalta-se que tais informações são disponibilizadas unicamente pela ABRACICLO (Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares), e desde 2016 não se tem mais esta informação, caso contrário ao das motocicletas, por exemplo. Esta situação dificulta este tipo de análise e mostra que para as organizações públicas, muito provavelmente, o temário da bicicleta tem menor importância.

Esperava-se que no ano de 2012 as vendas de bicicletas tivessem um incremento ou começariam a ter, isto por ser o ano de divulgação da Lei 12.587, conhecida como Lei de Mobilidade Urbana. Entretanto, esta não foi o resultado, além do que este foi o ano de maior diferença entre as vendas de bicicletas e de veículos.

O aumento nas vendas de veículos particulares, está associado com medidas como a diminuição do IPI (Imposto sobre Produto Industrializado) e as facilidades para sua aquisição, fatores que se adicionam à ideia de ser um símbolo de status social e comodidade. Consequentemente, com esse aumento de veículos se produz também um impacto na mobilidade e na qualidade de vida das pessoas com maiores tempos de deslocamento e maiores níveis de estresse (RAMIS e SANTOS, 2012).

Nos últimos anos muitos governos passaram a utilizar restrições sobre o automóvel como forma de diminuir o seu uso, tais como, políticas restritivas de estacionamento, pedágios urbanos, impostos sobre o combustível, altos impostos sobre a compra de veículos novos e importados, planejamento de novas áreas construídas com espaços reduzidos para automóveis, tempos de uso restritos, dentre outras. Mesmo assim, o uso do automóvel particular ainda supera os meios de transporte público (ACERO, 2011).

3.4. Análises dos planos de mobilidade com ênfase nas bicicletas

Na América Latina estão sendo desenvolvidos planos de mobilidade que tentam fomentar o uso da bicicleta, com diferentes políticas e programas, nos quais se trabalha infraestrutura, segurança, bicicleta compartilhada, entre outros. Na Tabela 1 apresentam-se as principais

políticas e programas de algumas cidades, bem como seus resultados e o que é necessário para complementá-los.

Tabela 1. Análises planos de mobilidade com ênfase na bicicleta

| Cidade (ano) | Políticas-Programas | Resultados | Pendentes |
|---|---|---|--|
| Porto Alegre (2019) (PREFEITURA DE PORTO ALEGRE, 2019) | Plano Diretor Cicloviário Integrado de Porto Alegre (PDCI). Proposta para construir 495 km de vias com possibilidade de ciclovias. Impulsionar o uso de bicicletas compartilhadas. Utilizar 20% dos recursos das multas de trânsito para o PDCI. | 410 bicicletas compartilhadas funcionando simultaneamente. 700 vagas de estacionamento para as bicicletas compartilhadas. Integração tarifária e de complemento de viagens com o sistema de ônibus. | Realizar a implementação da rede cicloviária: dados inexistentes sobre a quantidade de quilômetros construído. |

continua

| Cidade (ano) | Políticas-Programas | Resultados | Pendentes |
|---|--|--|---|
| <p>Bogotá (2018) (PREFEITURA DE BOGOTÁ,2018)</p> | <p>Construir 130 km de novas ciclovias. Realizar manutenção de 100 km de ciclovias implementadas. Realizar a licitação do sistema de bicicletas públicas compartilhadas. Fornecer o programa <i>Al colegio en bici</i>. Fornecer as parcerias com a polícia. Incentivar o uso da bicicleta pela cidade de <i>Bogotá</i>.</p> | <p>Construção de 100 km de ciclovias. Manutenção de 55 km de ciclovias. Fornecimento do programa <i>Al colegio en bici</i> passando de 4.000 para 6.000 usuários. Criação da parceria com a polícia com 130 policiais percorrendo a rede cicloviária. Aumento das viagens de bicicleta de 8% para 12%.</p> | <p>Não foi realizada a licitação do sistema de bicicletas públicas compartilhadas.</p> |
| <p>Belo Horizonte (2019) (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2019)</p> | <p>Aumentar as viagens de bicicleta de 0,4% para 2,0%. Implantar, de forma gradual, 400 km de ciclovias. Realizar manutenção de 57 km de ciclovias construídos. Implantar 7,5 km de zonas 30. Construção de cerca de 90 unidades de paraciclos. Melhorar a segurança no entorno das escolas com maior uso da bicicleta. Ampliar a faixa de serviço do sistema de bicicletas compartilhadas para 24 horas. Estabelecer estratégias de comunicação sobre a bicicleta e suas diferentes ações implementadas. Criação de oficinas regionais que ensinem sobre segurança viária e manutenção de bicicleta aos usuários.</p> | | <p>Dados inexistentes Ainda não existe um documento que mostre qual é o desenvolvimento de alguns destes programas.</p> |

continuação

| Cidade (ano) | Políticas-Programas | Resultados | Pendentes |
|--|---|--|---|
| Brasília (2014) (PREFEITURA DE BRASÍLIA, 2014) | <p>Criar o plano de mobilidade por bicicleta no Distrito Federal.</p> <p>Proposta para criar um aplicativo com a informação da infraestrutura cicloviária.</p> <p>Proposta para construir novos trechos de ciclovias.</p> <p>Impulsar o uso de bicicletas compartilhadas.</p> <p>Trabalhar na redução de acidentes onde se encontrem envolvidos os usuários de bicicleta.</p> <p>Incrementar as viagens de bicicleta.</p> <p>Construir bicicletários para os usuários de bicicleta.</p> | <p>Renovação da licitação do operador do sistema de bicicletas públicas compartilhadas.</p> <p>Aumento das viagens de bicicleta de 0,4 para 0,6%.</p> <p>Criação do aplicativo com a informação da infraestrutura cicloviária.</p> | <p>Implementação da rede cicloviária: dados inexistentes sobre a quantidade construída de quilômetros.</p> |
| Sorocaba (2012) (PREFEITURA DE SOROCABA, 2012) | <p>A cidade saudável a cidade educadora.</p> <p>Se propõe desenvolver uma rede cicloviária.</p> <p>Incentivar o uso da bicicleta através de atividades de esporte e lazer.</p> | <p>Construção de 126 km de rede cicloviária</p> <p>Criação do Protocolo de Sorocaba para o Desenvolvimento de Mobilidade Ciclística.</p> <p>Início do programa “Escola Pedala Terceira Idade”</p> <p>Construção de 50 paraciclos para a cidade.</p> <p>Criação do SBC IntegraBike.</p> | <p>Continuidade da interligação de mais trechos cicloviários.</p> <p>Construção de nova infraestrutura cicloviária, redistribuindo o espaço com os carros e não tirando espaço dos pedestres.</p> |

continuação

| Cidade (ano) | Políticas-Programas | Resultados | Pendentes |
|---|--|---|--|
| São Paulo (2012) (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2012) | Proposta de ampliação da rede cicloviária. Construir elementos de conectividade sobre passarelas, viadutos e túneis. Incentivar o uso da bicicleta como modal de transporte. Ampliar o nível de intermodalidade no uso da bicicleta e os outros modais (trem, metrô e ônibus). | Implantação de estruturas cicloviárias em 9 pontes, 6 viadutos e 5 passarelas em rampa existentes. Construção de 3 ciclos passarelas, implantação de 40 km de ciclovias em corredores de transporte coletivo e implantação de 200 km de estruturas cicloviárias na malha viária no ano 2016. | Não existe um documento com o seguimento destas obras. |
| Rio de Janeiro (2014) (PREFEITURA DE RIO DE JANEIRO) | Estender a rede cicloviária por mais 355 km, considerando 3 níveis de prioridade. Melhorias em manutenção de pavimentos, conforto e iluminação da rede cicloviária existente. Implementação de bicicletários nos novos polos geradores de tráfego da cidade. Expansão do sistema de bicicletas compartilhadas. Parcerias como o setor privado para incentivar as viagens de bicicleta. | Se desenvolveu menos do 50% dos quilômetros propostos. Apenas foram realizadas a manutenção a nível de pavimento em alguns trechos cicloviários. Implantação de 20 novos bicicletários. | Não houve melhoria da infraestrutura cicloviária quanto à iluminação e conforto. Não foi implementada a expansão do SBC. Não existe informação sobre as parcerias a implementar. |

Fonte: Autoria própria (2020)

3.5. Fatores que influenciam o uso e a propriedade da bicicleta

Considerando a bicicleta como foco deste trabalho, é importante destacar os fatores que influenciam seu uso, seja a bicicleta tradicional, os sistemas de bicicletas compartilhadas ou as bicicletas elétricas. O uso da bicicleta como modo de transporte está associado aos fatores individuais, físico-ambientais e socioambientais.

Os fatores individuais, além de contemplarem características sociodemográficas como gênero, idade, nível de educação, renda, veículos por pessoa, estado físico, experiência com a

bicicleta também abrangem atitudes, crenças e preferências, ou vantagens sejam econômicas ou ecológicas, que se apresentam em alguns benefícios como menor tempo da viagem, mais segurança, e comodidade, que têm importância para um indivíduo ao decidir se quer ou não utilizar a bicicleta (HANDY *et al.*, 2015).

Nos fatores físico-ambientais incluem-se: a infraestrutura para bicicletas, condições de tráfego, uso misto do solo, distância, localização urbana, todas relacionadas ao componente físico; já o clima e a inclinação como referentes ao componente ambiental. Todos esses fatores têm uma relação que influi no uso da bicicleta, como também determinam a qualidade das condições de uma viagem em bicicleta, tornando o uso mais fácil, mais complicado ou inclusive que não seja realizada a viagem (HANDY *et al.*, 2010).

Por último os fatores socioambientais estão definidos por comportamentos coletivos e decisões políticas que fomentam o uso da bicicleta, como um círculo social com bicicleta, as políticas e incentivos, e o roubo ou furto de bicicletas.

Considerando o comportamento das viagens, a infraestrutura disponível para bicicleta influi na facilidade de um indivíduo em utilizá-la. Ressalta-se que estes fatores por estarem interligados podem mudar rapidamente de acordo com as decisões ou políticas que se implementem sobre esses.

Os fatores que influenciam o uso e a propriedade da bicicleta elencados por diversos autores são apresentados na Tabela 2 (* são estudos relacionados com bicicleta compartilhada e bicicleta elétrica).

Tabela 2. Fatores associados ao uso e propriedade da bicicleta

| Autor (ano) | Fatores que influenciam o uso da bicicleta | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|-------|-------------------|-------|---------------------|---------------|-------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| | Fatores Individuais | | | | | | | | | |
| | Gênero | Idade | Nível de educação | Renda | Veículos por pessoa | Estado físico | Saúde | Vantagens Ecológicas | Vantagens econômicas | Experiência com a bicicleta |
| (HUNTER <i>et al.</i> , 2015) | X | X | X | | | X | | | | X |
| (XING <i>et al.</i> , 2015) | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| (VERMA <i>et al.</i> , 2016) | | X | | | | | | | | |
| (BARBEREAN <i>et al.</i> , 2017) | X | X | X | | X | X | X | | X | |
| (ZHANG <i>et al.</i> , 2017)* | | | | | | | | | | |
| (JELIJS <i>et al.</i> , 2018) | | | X | X | | X | X | | X | X |
| (LEISTER <i>et al.</i> , 2018)* | X | X | X | | | | | | | |
| (SIMSEKOGLU e KLÖCKNER, 2018)* | X | X | | X | X | | | | | X |
| (MANCA <i>et al.</i> , 2019)* | X | X | | X | X | X | X | | X | X |
| (ROSAS <i>et al.</i> , 2019) | X | | | | X | | X | X | X | X |
| (SCOTT <i>et al.</i> , 2019) | X | X | X | X | | | | | | |
| (HAUSTEIN <i>et al.</i> , 2020) | | | | X | X | | X | | | X |

| Autor (ano) | Fatores que influenciam o uso da bicicleta | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|-----------|--------------------|--------------------------------|----------------------|-------|-------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------|
| | Fatores físico-ambientais | | | | | | Fatores socioambientais | | | |
| | Uso misto do solo | Distância | Localização urbana | Infraestrutura para bicicletas | Condições de tráfego | Clima | Inclinação | Círculo social com bicicleta | Políticas e incentivos | Roubo ou furto de bicicletas |
| (HUNTER <i>et al.</i> , 2015) | | X | | X | X | | | | | |
| (XING <i>et al.</i> , 2015) | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| (VERMA <i>et al.</i> , 2016) | | X | | X | | X | | | | |
| (BARBEREAN <i>et al.</i> , 2017) | X | X | X | X | X | X | X | | | X |
| (ZHANG <i>et al.</i> , 2017)* | X | X | X | X | X | | | | | |
| (JELIJS <i>et al.</i> , 2018) | X | | | X | X | X | X | | | |
| (LEISTER <i>et al.</i> , 2018)* | | | | X | | X | | | X | |
| (SIMSEKOGLU e KLÖCKNER, 2018)* | | | | | | X | | | | |
| (MANCA <i>et al.</i> , 2019)* | | X | | | | | | X | | X |
| (ROSAS <i>et al.</i> , 2019) | X | X | X | X | X | | | X | X | |
| (SCOTT <i>et al.</i> , 2019) | X | X | | X | | X | | | | |
| (HAUSTEIN <i>et al.</i> , 2020) | | | | X | | | | X | X | |

Fonte: Autoria própria (2020)

Analisando os artigos apresentados, destaca-se a tendência de incluir análises para bicicletas elétricas ou assistidas. Com base em três razões: i) muitos sistemas de bicicletas compartilhadas do mundo, já estão na terceira geração que conta com a característica de ter bicicletas assistidas ou de carga elétrica; ii) nos países com uma forte cultura da bicicleta (Suécia, Dinamarca, Noruega, Holanda), sua população está começando a adquirir este tipo de bicicletas, para uso pessoal, pois encontram nestas vantagens como menor esforço físico e a possibilidade de percorrer maiores distâncias; e iii) por último, os países com o maior número de SBC, e nos quais estes SBC encontram-se melhores estruturados ao nível de funcionamento, tais como China, EUA, Noruega e Suécia, têm um número considerável deste tipo de bicicletas, com vantagens tecnológicas que permitem a possibilidade de adquirir dados das viagens com mais facilidade, favorecendo a realização de estudos como os desenvolvidos por (ZHANG *et al.*, 2017), (LEISTER *et al.*, 2018), (SIMSEKOGLU e KLÖCKNER, 2018) e (MANCA *et al.*, 2019).

A totalidade dos fatores são considerados pelo estudo de (XING *et al.*, 2015). Neste, além de pesquisar quais fatores influenciam o uso da bicicleta, também se propõe que fatores como a renda, a experiência com a bicicleta, o círculo social com bicicleta, e o roubo ou furto de bicicletas, influenciam na propriedade da mesma. Esta ideia fornece que ao aumentar a propriedade da bicicleta também se produz um aumento do seu uso até certo ponto. Conclui-se que é necessário expandir a rede cicloviária para melhorar as condições de uso da bicicleta, e sugerem-se programas que visem melhorar as atitudes individuais em relação ao uso da bicicleta, além de incentivar este modal. Uma conclusão particular deste autor é o efeito de auto seleção que consiste em que uma parte da população escolha uma comunidade/espaco para morar, considerando-se o uso da bicicleta e revisando alguns dos fatores nomeados, o que faz com que essa população tenha uma disposição prévia a andar de bicicleta.

Os fatores individuais que têm maior valoração pelos autores são, idade e gênero considerados por oito autores. Na idade se apresenta um maior uso entre a faixa dos 20-30 anos, enquanto no gênero o uso é maior por parte dos homens. O nível de educação é considerado por sete autores, no qual o maior uso apresenta uma tendência nas pessoas com formação acadêmica de tipo universitária.

O número de veículos por pessoa é um fator considerado por seis autores. Uma situação particular é exposta por ROSAS *et al.* (2019) cujo estudo mostra que o uso da bicicleta em *Bogotá* se apresenta majoritariamente em populações com rendas reduzidas e que não possuem veículos.

Os fatores, estado físico, saúde, e vantagens econômicas, são considerados por seis autores, os dois primeiros fatores atuam limitando o uso da bicicleta em um primeiro momento, pois as pessoas que possuem problemas de saúde ou uma má condição física, preferem não utilizar a bicicleta, porém uma vez que se estabelece um hábito, estes dois fatores começam a incentivar o uso contínuo. Com relação às vantagens econômicas sempre se apresentam como um benefício o fator de motivação, já que a maioria das pessoas entendem que andar de bicicleta significa uma poupança de dinheiro com relação a qualquer outro modal (XING *et al.*, 2015 e ROSAS *et al.*, 2019). As vantagens ecológicas são consideradas por dois autores, que destacam que é um fator recente considerado pelas novas gerações, que têm um ideal de reduzir o uso do automóvel e a poluição que é gerada por este e outros modais.

O fator físico, infraestrutura para bicicletas que é considerado por dez autores, com a coincidência na ideia de que possíveis usuários manifestaram que utilizariam a bicicleta se existisse uma melhor infraestrutura. A distância, considerada por oito autores, mostra em sua análise que os usuários mais novos preferem deslocamentos com distâncias menores.

Os fatores uso misto do solo, condições de tráfego, e clima são considerados por seis autores, dentro das análises realizadas quando se tem uma cidade com usos mistos do solo, se apresenta uma maior probabilidade do uso da bicicleta. Para a condição do tráfego e o clima, influem limitando o uso da bicicleta nos usuários novos por não contar com a suficiente experiência no uso da bicicleta, porém com o uso progressivo sua importância vai diminuído para o usuário (BARBEREAN *et al.*, 2017).

O fator de localização urbana, considerado por quatro autores, tem uma relação direta com a distância e o fator social de roubo ou furto, na qual uma localização urbana que têm condições não favoráveis, de origem ou destino em uma viagem, limita o uso da bicicleta.

A inclinação, considerada por três autores, apresenta a condição de ser limitante para usuários principiantes com a bicicleta.

Finalmente os fatores sociais, círculo social com bicicleta, políticas e incentivos, e roubo ou furto de bicicletas, são considerados por quatro autores, estabelecendo-se uma clara relação com o conceito de segurança, que influi diretamente no uso da bicicleta e além disso, na propriedade da mesma (HANDY *et al.*, 2010).

3.6. Sistemas de bicicletas compartilhadas (SBC)

Os sistemas de bicicletas compartilhadas têm sido vistos como uma solução aos problemas de mobilidade, isto devido às vantagens, como maior autonomia para aqueles que fazem deslocamentos curtos, possibilidade de melhoria da saúde por incentivar a atividade física e como facilitadores no deslocamento até um ponto de ônibus, metrô ou bonde, por exemplo:

Uma análise do uso dos SBC em *Melbourne*, Austrália revelou que o número de viagens era significativamente maior para as estações localizadas em áreas com transporte público com características como tempos de espera elevados, menores frequências, e ausência de linhas em alguns dias ou horas, sugerindo que o sistema de bicicletas compartilhadas estava potencialmente substituindo o sistema de transporte público (FISHMAN *et al.*, 2014). Ao nível das viagens de primeira e última milha, um exemplo é o sistema *Bixi* em *Montreal*, que tem uma participação importante na integração com outros sistemas de transporte, por exemplo, no metrô no qual tem uma participação na integração de 30% e com o ônibus de 12% (BACHAND-MARLEAU *et al.*, 2012).

Vale ressaltar que, a nível econômico, os custos de implementação de um SBC são menores em comparação com outros sistemas de transporte. Por exemplo apresenta-se o sistema de bicicletas públicas de *Hangzhou* na China, o maior do mundo na atualidade, comparado com o sistema de metrô da mesma cidade. Neste sentido, o sistema de bicicletas teve um custo inicial de 26,5 milhões de dólares (dados do ano 2008) com uma infraestrutura de 2.800 bicicletas, 30 estações fixas e 31 estações móveis. A implementação da primeira fase ocorreu em um ano. Já no ano 2011 (fase 2) contava com 2.216 estações, 66.000 bicicletas e 330.000 viagens diárias e, para o ano 2020 espera-se que tenha alcançado 175.000 bicicletas (SHAHEEN, 2015). O sistema de metrô, da mesma cidade, teve um custo inicial de 3.300 milhões de dólares (ano de 2007), com uma infraestrutura de 48 km de comprimento e 30 estações. A implementação da primeira fase se logrou em sete

anos, para o ano 2012 (início da segunda fase) pretendia-se construir 98 km adicionais e 31 estações, porém sofreu um atraso, conseguindo apenas 45 km até o ano de 2018. Espera-se que em 2020 tenha-se terminado os 53 km faltantes da fase 2 e continuar com novas fases (RAILWAY-TECHNOLOGY, 2013).

Os sistemas de bicicletas compartilhadas são classificados em três gerações, considerando estruturas históricas, econômicas e de funcionamento (ACERO, 2011) as quais são apresentadas em seguida.

3.6.1. Primeira geração

Luud Schimmelpennink, vereador de *Amsterdam*, propôs em 1965 o primeiro sistema público de bicicletas compartilhadas do mundo. Seu objetivo era reduzir o tráfego de automóveis no centro da cidade, propondo para isto, distribuir gratuitamente 20.000 bicicletas pintadas de branco para serem retiradas e devolvidas em qualquer parte da cidade. Entretanto, a ideia foi rejeitada pela Assembleia Municipal. Alguns grupos, que apoiavam *Schimmelpennink*, apropriaram-se de seu conceito e distribuíram cinquenta bicicletas brancas para uso gratuito em toda a cidade. As mesmas foram apreendidas pela polícia local, sob a alegação de que, por não estarem trancadas, incitavam ao roubo. Apesar de não ter sido implementado como imaginado por *Schimmelpennink*, um sistema semelhante, de menor escala e gratuito, foi criado em *Madison*, *Wisconsin* e *Portland*, no estado de *Oregon*, nos EUA (ITDP, 2014). O sistema funcionou com um modelo de livre acesso, de modo que as pessoas não precisavam preencher formulário para obter a bicicleta. Entretanto, como o sistema contemplava bicicletas de diferentes modelos, não apresentando características únicas, isso possibilitou que algumas fossem roubadas.

3.6.2. Segunda geração

Em 1991, a segunda geração surgiu em *Farso* e *Grena*, na Dinamarca, mas se tratava de programas pequenos. Somente em 1995, na cidade de *Copenhagen*, surgiu um sistema de bicicletas compartilhadas considerado de ampla escala, com bicicletas cujo propósito era um uso intenso com características únicas em seu desenho.

Para retirar as bicicletas, o usuário necessitava inserir uma moeda (DEMAIO, 2009). Esta geração funcionava com um modelo que pode ser chamado de “acesso personalizado”, pois a pessoa que retirava a bicicleta de alguma forma tinha um elemento

de responsabilidade, que podia ser um pagamento pelo uso ou um registro não sistematizado. Esta característica, junto com as de desenho, diminuiu a porcentagem de roubo e vandalismo.

3.6.3. Terceira geração

Esta geração foi, progressivamente, absorvendo elementos das mudanças em tecnologias, tais como: rastreamento *Global Position System* (GPS), aplicativos para *smartphones*, cartão de crédito, débito ou de documento de identidade e recarga com energias limpas, que estão associados a desenhos assistidos, como, por exemplo, bicicletas motorizadas ou *pedelecs*. Este alto nível de tecnologia permite que o usuário tenha a autonomia para obter a bicicleta realizando o empréstimo desde um aplicativo de internet ou diretamente com um dos cartões nomeados (ITDP, 2014).

Esta última geração, chamada de “acesso automático”, é a responsável pela expansão dos sistemas de bicicletas públicas pelo mundo, com quase 3.000 destes. Ao mesmo tempo, é responsável pela manutenção dos sistemas, visto que há alguns desafios enfrentados, como o fluxo elevado de usuários contrapondo-se ao número reduzido de bicicletas nas estações, e problemas com o funcionamento das bicicletas, o que pode levar à redução do uso do sistema. Desta forma, ou o sistema é potencializado ou é desabilitado. A Figura 3 ilustra as três gerações dos SBC.

Figura 3. Gerações dos sistemas de bicicletas compartilhadas, (a) primeira geração, (b) segunda geração, e (c) terceira geração



Fonte: Adaptada de CHINADAILY (2017); SWISSINFO (2018); MICROMOBILITY (2019)

No quadro (a) observa-se uma das bicicletas da primeira geração colocada pela população de *Amsterdam*, o quadro (b) mostra uma bicicleta da segunda geração onde se

observa suas características de menor sistematização e no quadro (c) a terceira geração com um dos elementos tecnológicos que é o funcionamento elétrico *pedalec*.

3.7. Sistemas de bicicletas compartilhadas existentes no Brasil

Os sistemas de bicicletas compartilhadas estão em um momento de auge mundial. É claro que os SBC, para sua implementação e operação, precisam de um processo de planejamento e gestão complexo, bem como, de uma boa estrutura de governo e de articulação institucional para garantir a sustentabilidade financeira, operacional em médio e longo prazo. Dentro do Brasil, é importante destacar e descrever os sistemas de Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro, que atualmente convertem-se em referências, ainda que apresentem problemas.

3.7.1. Belo Horizonte

O sistema de Belo Horizonte, chamado *BikeBH*, iniciou operação em junho de 2014 com quatro estações e, em dezembro de 2014, completaram-se 40. Ainda há a promessa de serem distribuídas 400 bicicletas entre as estações. A vigência do contrato foi estabelecida em 60 meses e o sistema tem como órgão gestor a Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte (BHTrans) e é operado pela empresa Serttel/Samba (ITDP, 2016).

Desde o início o SBC apresentou falhas, como bicicletas em más condições, mau funcionamento na logística de devolução, estações *offline* e em manutenção, falta de remanejamento entre as estações, poucas bicicletas disponíveis, dentre outras (ITDP, 2016).

Em uma análise realizada pela Associação de Ciclistas de Belo Horizonte encontraram-se alguns inconvenientes como as distâncias, por exemplo de uma estação para outra estavam variando de 650 metros a 1,8km. Essas distâncias são incompatíveis com a própria metodologia para instalação das estações usadas pela Serttel e apresentadas aos ciclistas de Belo Horizonte (Associação dos Ciclistas Urbanos de Belo Horizonte, 2014).

Para junho de 2015, o sistema já tinha 23.317 usuários cadastrados e uma média de 407 viagens diárias. Além disso, ele disponibilizava planos anuais, mensais e diários, com tarifas de R\$60,00, R\$9,00 e R\$3,00, respectivamente. A taxa de bicicletas disponíveis foi de 97% para julho de 2015, o que representa uma melhora de 27% quando comparada aos números de dezembro de 2014. Observou-se que essas melhorias levaram a um aumento na

média do número de viagens mensais (ITDP, 2016).

Ao final, apesar dos problemas relatados, concluiu-se que o sistema atingiu um grau de qualidade aceitável, ainda que persistam defeitos e falhas como a logística na devolução das bicicletas, problemáticas de conectividade com a plataforma de empréstimo e modelo econômico de contratação, os quais não são objeto de análises desta pesquisa.

3.7.2. São Paulo

O *BikeSampa* começou a operar em maio de 2012 e contava com 259 estações e mais de 1.500 bicicletas. A vigência do contrato foi estabelecida em 36 meses, com uma parceria entre a Secretaria Municipal de Transportes do município, a empresa operadora Serttel/Samba e o patrocinador privado Itaú (ITDP, 2016).

O sistema apresentou falhas analisadas desde o começo, como baixa qualidade das bicicletas, manutenção ineficiente, falhas constantes no sistema de automação, grande distância entre as estações (média de 900 metros), falta de transparência no caso da disponibilização dos dados do sistema, localização não estratégica de algumas estações, concentração na zona oeste, insuficiente integração com o sistema ciclovitário da cidade, baixa integração com o transporte de média e alta capacidade, ausência de integração com o bilhete único, horário limitado de operação e estações com pouca informação. Soma-se a todos estes fatores o fato de o sistema não estar disponível para toda a sociedade, uma vez que é necessário ter um cartão de crédito para utilizá-lo (ITDP, 2016).

Em junho de 2015 o sistema contava com 70.444 usuários cadastrados e uma média de 1.792 viagens por dia. O horário de funcionamento restringe-se apenas das 6h às 23h, com devolução permitida 24 horas por dia. A franquia de tempo (viagem sem custo adicional) é de 1h. O sistema paulistano não apresenta planos periódicos, como os citados em Belo Horizonte. Há um depósito de segurança único de R\$10,00 no momento do registro e o valor diário se estabelecia em R\$8,00 (ITDP, 2016).

A maior vantagem do sistema foi apoiar-se, embora que parcialmente, no mapa de ciclofaixas de São Paulo. O mapa foi realizado em 2011 e atualizado em 2013, tendo a instalação de estações partindo da região centro-oeste, expandindo-se até uma parte da zona leste. O sistema envolve cerca de 8% do território de São Paulo, contando com 259 estações e mais de 1.500 bicicletas (ITDP, 2016).

A cidade conta com outro sistema de bicicletas, CicloSampa que iniciou operação

em 2013. O sistema tem 17 estações interligadas à infraestrutura cicloviária, sendo de iniciativa da Prefeitura e é apoiado pelo Bradesco Seguros e o movimento Conviva.

No CicloSampa, as bicicletas podem ser utilizadas todos os dias da semana das 6h às 22 h e, diferentemente do Bike Sampa, a utilização destas é gratuita nos primeiros 30 minutos, posteriormente se descontam R\$5,00 a cada meia hora e as bicicletas podem ser devolvidas em qualquer estação (BENEDINNI, 2018).

3.7.3. Rio de Janeiro

O *BikeRio* foi o primeiro SBC de terceira geração em funcionamento no Brasil, iniciando suas operações em outubro de 2011. Vale acrescentar que a cidade teve outro sistema, o Pedala Rio, que iniciou operação em 2008, sendo a empresa Serttel responsável por implementá-lo como o primeiro programa de bicicletas públicas do hemisfério sul, entretanto foi desativado em 2011 (ITDP, 2016).

BikeRio, é o sistema com maior número de viagens por dia entre os três sistemas apresentados (5.554 viagens/dia) e o que tem os melhores indicadores de desempenho. Juridicamente está regulado por uma concessão de espaço público para implantação, manutenção e operação de sistema de bicicletas públicas, com vigência de 60 meses. A Prefeitura do Rio de Janeiro designou a Secretaria Municipal da Casa Civil, através da Superintendência de Planejamento Imobiliário, para a gestão do contrato firmado com a empresa Serttel/Samba e com o patrocinador Itaú.

O *BikeRio*, em junho de 2015, contava com 260 estações e 165.372 usuários cadastrados. O horário de funcionamento é das 6h às 0h, com devolução permitida 24 horas por dia. A franquia de tempo (viagem sem custo adicional) é de 1h. O sistema possui duas modalidades de plano, mensal por R\$10,00 e diário por R\$5,00 (ITDP, 2016).

Para o ano 2017, quando a pesquisa foi realizada, o Bike Rio contava com 259 estações (média de 10-12 vagas) e uma frota de 2.600 bicicletas. As bicicletas estão disponíveis sete dias por semana no período de 6 da manhã até meia-noite (CEBRAP, 2017).

3.7.4. Sistemas de bicicletas compartilhadas em cidades e espaços urbanos de médio porte

Os temas de mobilidade sustentável nas cidades de médio porte estão desenvolvendo-se como ideias semelhantes às cidades maiores. Por isso, os sistemas de

bicicletas compartilhadas, que têm uma alta popularidade nos últimos anos, apresentam-se como uma estratégia que pode ajudar nos problemas da mobilidade.

Na Espanha, na cidade de *Jerez da Frontera*, em 2006 foi instituído o Programa *TuBici*, na busca de melhorar os deslocamentos. A cidade conta com uma área de aproximadamente 1.188km² e uma população de 212.830 habitantes. *TuBici*, por sua vez, contava com 100 bicicletas e três estações. O programa melhorou os deslocamentos dos habitantes e turistas que chegavam à cidade, entretanto não aumentou sua infraestrutura em número de bicicletas e estações, e tampouco realizou a integração com o sistema ferroviário (GOBIERNO DE ESPAÑA, 2009).

Talvez, estimuladas pelo sucesso supracitado, algumas cidades de médio porte da América do Sul também vêm implantando SBC.

Em Uberlândia, no estado de Minas Gerais, cidade com uma área de cerca 4.115km² e população de 584.120 habitantes, foi instituído o *Udi bike*. O programa foi criado em 2006 e é caracterizado por possuir aproximadamente 40 bicicletas e quatro estações, com os objetivos de melhorar a mobilidade urbana, proporcionar o conhecimento da cidade e economizar tempo e dinheiro. O objetivo mais importante do sistema é a gratuidade instituída em 2016, o que possibilitou um aumento do número de usuários, com uma taxa de crescimento de 278% desde seu início (PREFEITURA DE UBERLÂNDIA, 2016).

Na cidade de Petrolina, Estado de Pernambuco, foi instituído o *Petrobike*. Com uma área aproximada de 4.562km² e uma população de 217.093 habitantes, o programa surgiu para fomentar o uso da bicicleta e evitar o sedentarismo na população no ano 2013, sendo composto por 120 bicicletas e 12 estações. Embora em pleno desenvolvimento, o projeto mostra problemas como a manutenção das bicicletas, entretanto segue em funcionamento (PREFEITURA DE PETROLINA, 2016).

Na Argentina, a cidade de *Mendoza* conta com um sistema que se mostra como um caso de sucesso a nível econômico e de funcionamento, notadamente por atender uma área metropolitana juntamente com a cidade de *Godoy Cruz*. Juntas, estas cidades somam 300.000 habitantes. Nesta área foram implantados os SBC *En la Bici* para *Mendoza* e *Metrobici* para *Godoy Cruz*, com duas estações, a fim de uni-las. Primeiramente foi criado o sistema *Metrobici*, inaugurado em 14 de abril de 2014, com duas estações e 20 bicicletas para cada uma. Devido a um uso adequado por parte da população (devoluções dentro dos

tempos estabelecidos, cuidado das bicicletas, etc.) a prefeitura decidiu criar o sistema *En la bici* no dia 10 de junho de 2015 com 150 bicicletas simples, quatro duplas e oito estações (PREFEITURA DE MENDOZA, 2017).

O sistema é totalmente público, subsidiado pelas duas prefeituras, e atualmente tem 340 bicicletas em sua totalidade. Conta com um horário de funcionamento estendido, sendo de segunda à sexta das 8h às 20h e sábados das 9h às 15h para realizar viagens de uma hora no máximo. Atualmente, há cerca de 350 a 400 viagens por dia. Este sistema apresenta problemas na manutenção das bicicletas e falta dessas em alguns horários, entretanto está estabelecendo estratégias de melhoria como automatização das estações, incremento de estações e de bicicletas e reforço da infraestrutura voltadas a elas. Isso parece demonstrar que o processo de potencializar um sistema de bicicletas em cidades de porte médio é menos difícil. Esta experiência pode apoiar sistemas de cidades de maior porte (PREFEITURA DE MENDOZA, 2017).

3.8. Modelos para determinação de sistemas de bicicletas compartilhadas

Ao longo dos últimos anos, têm sido realizados estudos sobre a implementação de SBC, avaliando diferentes aproximações metodológicas, variáveis analisadas, condições espaciais/geográficas. Nas Tabela 3 e 4 são apresentados estudos sobre este tema, com as variáveis de entrada e os métodos utilizados por cada autor, a escolha destes artigos foi baseada, em aspectos como: i) relação direta com implementação ou realocização de estações de sistemas de bicicletas compartilhadas, ii) trabalhos que usam metodologias SIG, AHP, MOORA, e outras que são pertinentes para desenvolver a pesquisa, pois contribuem com orientações teóricas, e iii) atualidade, pois foram escritos em uma faixa temporal menor de dez anos.

Tabela 3. Variáveis dos modelos para determinação de sistemas de bicicletas compartilhadas (SBC)

| Autor (ano) | Variáveis de entrada | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|---------|-----------------|-------------|-----------------|--------------------|-------|-----------------|-----------------------------|
| | Estação de bicicletas | Data horário da viagem | Demanda | Área geográfica | Uso do solo | Rede Ciclovária | Transporte Público | Clima | Tempo de viagem | Experiência com a bicicleta |
| (THARATHORN e MONGKUT, 2013) | X | | X | X | X | X | | | | |
| (GHANDEHARI <i>et al.</i> , 2013) | | | X | | X | X | X | | | |
| (TRAN <i>et al.</i> , 2015) | X | X | X | | | X | X | | X | |
| (CADURIN, 2016) | | | | | | | X | X | X | X |
| (METE <i>et al.</i> , 2018) | X | | X | | | | | | | |
| (KABAK <i>et al.</i> , 2018) | X | X | | X | X | X | X | | | |

Fonte: Autoria própria (2020)

Tabela 4. Métodos utilizados nos modelos para determinação de (SBC)

| Autor (ano) | Métodos utilizados | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-----|-------|--|-----|--------------|
| | AHP | SIG | MOORA | Estatísticos (P center, P-mediana, outros) | RNA | Questionário |
| (THARATHORN e MONGKUT, 2013) | X | | | | | |
| (GHANDEHARI <i>et al.</i> , 2013) | X | | | | | |
| (TRAN <i>et al.</i> , 2015) | X | X | | X | | |
| (CADURIN, 2016) | | | | | X | X |
| (METE <i>et al.</i> , 2018) | | X | | X | | |
| (KABAK <i>et al.</i> , 2018) | X | X | X | | | |

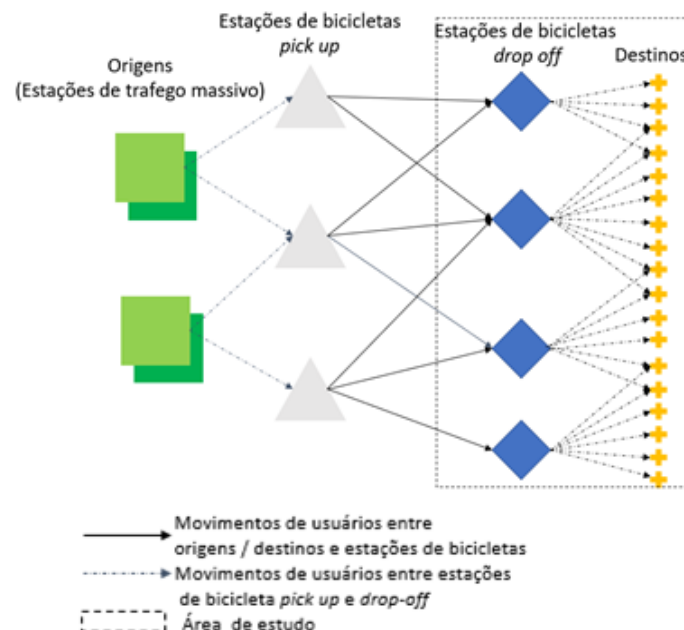
Fonte: Autoria própria (2020)

Como elemento comum se apresentam as análises das variáveis demanda, rede cicloviária, influência do transporte público e estações de bicicleta por parte de todos os artigos, além disso, estas variáveis ou critérios posteriormente são divididos em subcritérios para obter uma classificação de sua importância dentro do modelo que cada autor propõe. A seguir se apresentam descrições dos estudos, os métodos, as variáveis analisadas e os resultados obtidos por cada um dos autores.

3.8.1. Tharathorn e Mongkut (2013)

Desenvolveram um estudo cujo objetivo foi redistribuir as estações do sistema de bicicletas compartilhadas da cidade de *Bangkok*, na Tailândia. Para tal foi definido como objeto de estudo pequenas áreas geográficas, chamadas de *small traffic analysis zones* (TAZs), cuja área era de 200 a 300 metros quadrados, e nas quais foram selecionadas as variáveis rede de ciclofaixas e as características que esta tem (qualidade, nível de serviço, acidentalidade). Estabeleceram quatro tipos de nós durante as viagens: i) estações de tráfego massivo; ii) estações de bicicletas *pick up*; iii) estações de bicicletas *drop off*; e iv) destinos, ilustrados Figura 4.

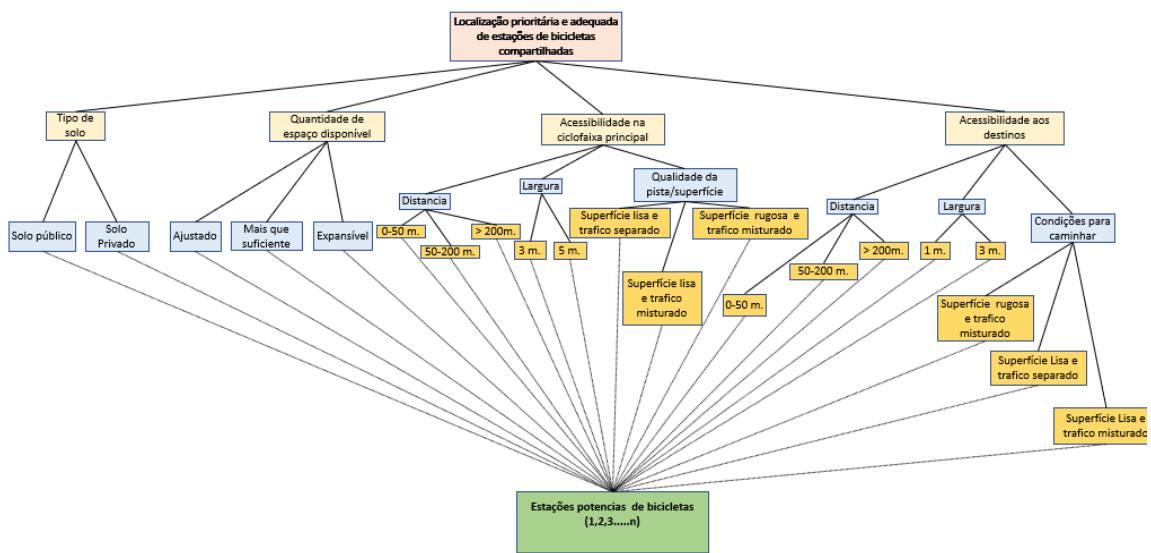
Figura 4. Localização prioritária e adequada das estações de bicicletas compartilhadas



Fonte: Adaptado de THARATHORN e MONGKUT (2013)

O método escolhido foi o AHP, com o objetivo de determinar o número adequado de estações, procurando uma otimização do custo. Para tanto, estabeleceram-se quatro critérios: i) tipo de solo; ii) quantidade de espaço disponível; iii) acessibilidade à ciclofaixa principal; e iv) acessibilidade aos destinos. A partir destes critérios, foram estabelecidos subcritérios de decisão, mostrados na Figura 5. A determinação destes critérios e subcritérios foi apoiada por um grupo técnico, composto por três engenheiros de transporte, seis engenheiros civis, um arquiteto e um chefe de planejamento, que apresentavam experiência de 15, 8, 10, e 20 anos respectivamente.

Figura 5. Critérios e subcritérios de localização prioritária e adequada de estações de bicicletas compartilhadas



Fonte: Adaptado de THARATHORN e MONGKUT (2013)

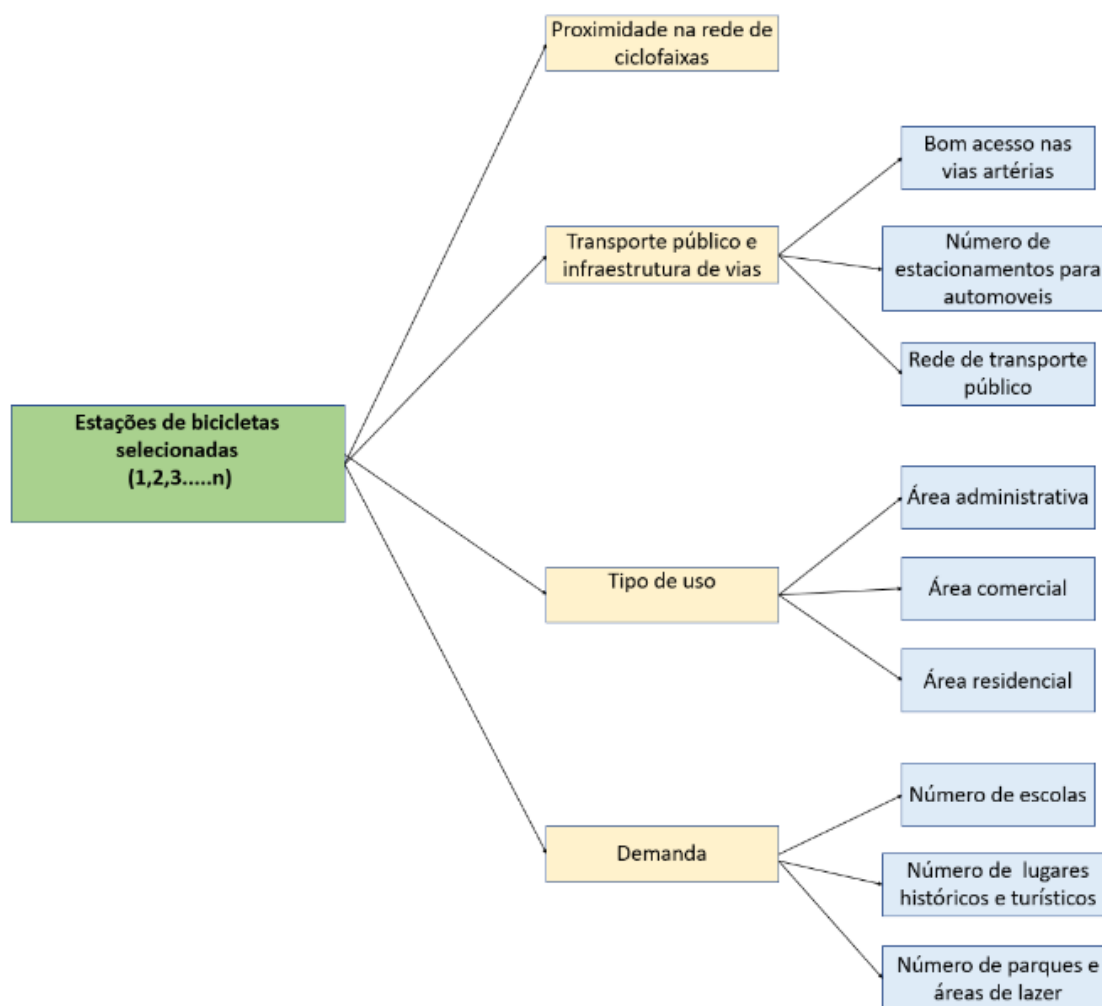
Como resultado do estudo, destaca-se que o fator mais significativo na localização das estações de bicicletas compartilhadas foi a acessibilidade na ciclofaixa principal, com peso de ($w= 0,384$), seguida da acessibilidade aos destinos ($w= 0,326$), qualidade de espaço disponível ($w= 0,180$) e por último, o tipo de solo ($w= 0,112$). Considerando os subcritérios, evidenciou-se que a acessibilidade aos destinos e acessibilidade à ciclofaixa tem mais importância do que a localização das estações, as quais apresentaram valores de

menor peso. Ciclofaixas e calçadas com maiores larguras são mais importantes com relação aos critérios. Por fim, quanto aos tipos de solo, o solo público tem maior peso que o solo privado.

3.8.2. Ghandehari *et al.* (2013)

O trabalho desenvolvido na cidade de *Isfaham*, no Iran, propõe os critérios e subcritérios, apresentados na Figura 6, que foram avaliados por um grupo de técnicos do município.

Figura 6. Árvore hierárquica de critérios e subcritérios



Fonte: Adaptado de GHANDEHARI *et al.* (2013)

Para determinar a localização das estações, foi utilizada uma combinação do AHP com o *Simple Additive Weighting* (SAW), sendo que este último método ajudou a calcular os pesos. Como resultado obteve-se os seguintes pesos apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Pesos de critérios e subcritérios

| Critério | Peso local | Subcritério | Peso local | Peso total |
|---|-------------------|---|-------------------|-------------------|
| Proximidade na rede de ciclofaixas | 0,3136 | | | 0,3136 |
| Transporte público e infraestrutura de vias | 0,1586 | Bom acesso nas vias arteriais | 0,2692 | 0,0427 |
| | | Número de estacionamentos para automóveis | 0,5188 | 0,0823 |
| | | Rede de transporte Pública | 0,2119 | 0,03336 |
| Tipo de uso | 0,1901 | Área administrativa | 0,2174 | 0,0413 |
| | | Área comercial | 0,4545 | 0,0864 |
| | | Área residencial | 0,3280 | 0,0623 |
| Demanda | 0,3375 | Número de escolas | 0,4743 | 0,1600 |
| | | Número de lugares históricos e turísticos | 0,1910 | 0,0644 |
| | | Número de parques e áreas de lazer | 0,3346 | 0,1129 |

Fonte: Adaptado de GHANDEHARI *et al.* (2013)

A localização das estações de bicicletas propostas dentro do mapa foi apresentada aos técnicos do município, com a ideia de que estes realizassem recomendações finais relacionadas com a maior utilidade das estações em cada região e a redução do custo de funcionamento.

3.8.3. Tran *et al.* (2015)

Desenvolveram um estudo para o sistema de bicicletas compartilhadas *Vélib'*, da cidade de Lyon, na França, selecionando variáveis como estações, data e horário, demanda, rede cicloviária, e o transporte público. O modelo propôs realizar uma área de influência de 200, 300 e 400 metros, com objetivo de verificar quais elementos do ambiente da cidade têm uma relação com as estações do sistema, sendo que se decidiu escolher uma distância de 300 metros, uma vez que esta apresentou a maior relevância dentro do modelo; porém a variável de densidade da rede do sistema de bicicletas compartilhadas foi calculada com

uma área de influência de 3.500 metros ao redor de cada estação de bicicletas, senão que esta distância representa quase 15 minutos de deslocamento por bicicleta (TRAN *et al.*, 2015).

No processo de cálculos de dados, foi utilizada a plataforma (*software*) Modelagem e Simulação de Acessibilidade de Redes e Territórios (*MOSART*), que junto com o método de regressão linear robusta permitiu a estimação das variáveis dependentes, como fluxos de chegada e partida.

Para mostrar os resultados, as variáveis explicativas utilizadas nas análises foram categorizadas em cinco grupos: i) transporte público; ii) variável socioeconômica; iii) topografia; iv) rede do sistema de bicicletas compartilhadas, bicicletários e paraciclos; e (v) lazer. Os resultados obtidos para as variáveis de transporte público demonstraram que o modal de trem tem uma significância em todo o modelo de regressão, isto porque existe uma combinação entre o trem e o sistema de bicicletas compartilhadas, que se reflete em uma relação de intermodalidade. O perfil de usuário que apresenta esta relação é aquele que reside em *Lyon*, mas trabalha fora desta cidade. O metrô e o bonde não têm esta relação de intermodalidade, explicada pela distância entre as estações dos sistemas, assim como a distância entre *Lyon* e *Villeurbanne* que pode ser percorrida em 20 minutos de bicicleta ou 15 minutos de metrô, o que leva a estabelecer que as viagens sejam realizadas exclusivamente em um único meio de transporte, sem a necessidade de integração.

Para as variáveis socioeconômicas, identificou-se que a população com mais de um emprego, apresenta inscrição com planos anuais e mensais no sistema, além disso, os usuários realizam viagens com maiores distâncias. Os usuários que só têm um emprego possuem inscrições de curto prazo ou não a possuem, desta forma utilizando o sistema com menos frequência e com viagens com distâncias menores. Para a população de estudantes, o resultado do modelo foi com fluxos concentrados e elevados nos horários de pico da manhã e da tarde, sendo que as estações próximas dos *campi* universitários apresentaram uso elevado por parte dos estudantes residentes.

As variáveis da rede de bicicletas públicas, os bicicletários e os paraciclos apresentaram significância positiva no modelo. Isto denotou que a maior presença destes elementos gerou um impacto atrativo, que se evidencia em um maior uso do sistema de bicicletas públicas. Por último, as variáveis de lazer não são significativas para os inscritos

de longo prazo, porém, para os inscritos de curto prazo existe esta significância, que se confirma com viagens realizadas por meio das bicicletas públicas aos destinos, como restaurantes e cinemas, especialmente no horário da tarde.

3.8.4. Mete *et al.* (2018)

Um trabalho desenvolvido no campus da Universidade de Gaziantep, na Turquia, teve como objetivo aproximar as estações de bicicletas compartilhadas para um único público, os estudantes, e com um critério de maior importância: reduzir o deslocamento a pé do ponto de origem até a estação. As variáveis avaliadas foram às estações de bicicleta e a demanda.

Para desenvolver este objetivo, utilizaram-se os modelos de cobertura fixa, de cobertura máxima, P-mediana e P-center junto com o SIG. Com este último foram determinados os pontos com maior demanda, perto das instalações com maior importância dentro do campus da universidade (bibliotecas, dormitórios, espaços de lazer) e com os modelos de cobertura fixa e de cobertura máxima foram avaliadas a capacidade e a cobertura de 20 pontos de demanda e de 20 pontos de possíveis estações de bicicletas compartilhadas. Por fim, os modelos de P-mediana e P-center, determinaram a localização dos pontos de demanda e estações abertas ou disponíveis.

Com relação aos resultados, identificou-se que com o maior número de estações abertas atendia-se a uma maior demanda, porém se apresentava um problema a longo prazo com a manutenção do sistema e o funcionamento dele, com estações com o número superior de bicicletas e outras sem o mínimo destas.

3.8.5. Cadurin (2016)

Foi desenvolvido na Universidade de São Paulo nos *campi* de São Carlos, considerando as variáveis de transporte público, clima, tempo de viagem e experiência com a bicicleta, mediante duas etapas: a caracterização dos usuários e a análise da demanda potencial por bicicletas.

A primeira etapa de caracterização dos usuários foi estruturada na aplicação de um questionário, que coletou informações das variáveis nomeadas anteriormente. Com base nestas perguntas e nas combinações desses aspectos, foram gerados 16 cenários.

Para a segunda etapa, para as análises da demanda potencial, se utilizou uma Rede Neural Artificial (RNA), que se apoiou nas respostas do questionário, e em outros processos de classificação, tais como dias úteis com as variáveis climáticas e dias úteis com as demandas de outros meios de transporte. Finalmente a combinação das duas etapas caracterizou o público-alvo disposto a utilizar o sistema.

Como conclusões do trabalho, se podem destacar: i) a bicicleta assistida têm uma vantagem sobre o ônibus, pois permitir realiza viagens com a autonomia para os possíveis usuários, uma vez que os ônibus tem horários de saída e chegada estabelecidos, o que limita os usuários com tempos de espera e perda da autonomia para sua viagem; ii) as condições climáticas específicas para o Brasil, assim como as condições de esforço têm uma alta importância para que os possíveis usuários, para que em alguns cenários decidam não fazer uso da bicicleta; e iii) as simulações em muitos cenários foram promissórias com respeito a possibilidade de funcionamento do SBC como elemento de apoio ao sistema de ônibus que realiza as viagens entre os campus.

3.8.6. Kabak *et al* (2018)

Estudo desenvolvido na cidade *Kaesiyyaka*, na Turquia, sobre um sistema de bicicletas compartilhadas já implementado, teve como objetivo estabelecer novas localizações para o sistema de bicicletas, assim como avaliar as existentes, procurando ajustar e melhorar a prestação do serviço. O trabalho considerou os critérios de proximidade às áreas verdes, parques, pontos de turismo, elementos do transporte público, infraestrutura cicloviária, escolas e a densidade de população.

A primeira etapa foi realizar análises geográficas dos diferentes locais já estabelecidos com relação aos critérios nomeados, e calcular um peso para cada critério utilizando o método AHP. O resultado desta fase foi um mapa com as áreas de localização mais adequada para as novas estações do SBC.

Para a segunda etapa, com a ajuda do método MOORA se realizou um ranking entre as instalações de bicicletas novas e as atuais. As características de decisão foram alguns dos critérios já avaliados como áreas verdes, infraestrutura cicloviária e um intervalo de distância dentro das áreas obtidas com os métodos AHP e SIG.

Como conclusões, as localizações atuais devem seguir funcionando, e duas estações novas surgem como a possibilidade de melhorar o funcionamento do sistema, além da proposta de incluir novos critérios em futuros trabalhos.

3.9. Mobility as a service (MaaS)

Mobility as a Service (MaaS) é um conceito relativamente novo, surgido na Suécia e na Finlândia nos finais de 2013, indicando a mudança do paradigma da mobilidade urbana. O conceito está estritamente associado ao uso de aplicativos para acessar e pagar por diferentes modos de transporte e permitir também a escolha do meio de transporte mais adequado. Seu desenvolvimento se deve a fatores como a facilidade para conectar-se a internet atualmente, o uso massivo de telefones inteligentes, sendo que a combinação dos fatores nomeados anteriormente gera mais um fator que é o amplo uso das redes sociais (LI e VOEGE, 2017).

Como principais barreiras encontra-se a legislação particular dos países, no caso dos pertencentes à América do Sul. Em alguns destes os serviços por aplicativos (Uber, Lyft, Cabify) não estão permitidos, caso contrário ao que se apresenta na Europa, uma vez que nesta se tem uma legislação com maior unificação devido ao modelo da União Europeia, permitindo assim que o MaaS se desenvolva mais facilmente. Outra problemática é a restrição tecnológica que ocorre em países em desenvolvimento, ainda que um elemento chave como o telefone celular esteja presente em numerosa parte da população, existe um problema com as infraestruturas tecnológicas e os profissionais que trabalham nesta área (LI e VOEGE, 2017).

Aprofundando no tema, os usuários podem utilizar diferentes formas de pagamento para os modos de transporte, ainda que na atualidade os operadores destes sistemas de transportes têm realizado consideráveis esforços para prover uma única forma de pagamento dentro da mesma região de onde se realizam as viagens. Mas o mercado da mobilidade tem evoluído oferecendo uma ampla oferta de serviços, como bicicletas compartilhadas, automóveis compartilhados e viagens compartilhadas (LI e VOEGE, 2017). Esta evolução originou-se principalmente pelas seguintes razões: i) desenvolvimento do mercado, referindo-se a outros setores que também evoluíram no modelo por serviço, tais como os softwares *Office*, *Autocad* e *ArcGIS*, nos quais os dados manipulados são

centralizados e hospedados em servidores externos pertencentes à uma empresa de tecnologia da informação e comunicação (TIC) e são acessados através de internet a partir de um cliente. A empresa provedora de TIC se encarrega do serviço de manutenção, da operação diária e do suporte do software utilizado pelo cliente. O software pode ser consultado regularmente em qualquer computador, presente ou não na empresa, este modelo é conhecido como *Software as a Service* (SaaS) (CONECART, 2020).

Outras razões da evolução do mercado da mobilidade são: ii) mudanças nos estilos de vida das novas gerações, as quais, na época presente, dão mais valor a viajar, estudar que a possibilidade de adquirir um automóvel; e iii) a consciência ambiental, que é a ideia de reduzir os níveis de poluição, diminuindo o uso do automóvel (LI e VOEGE, 2017). Na Tabela 6 apresentam-se as características principais do MaaS, segundo alguns autores.

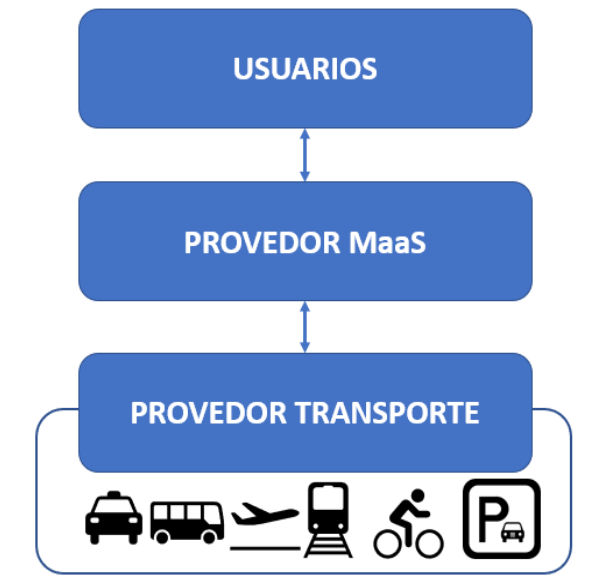
Tabela 6. Características principais do MaaS.

| Autor (ano) | Características principais do MaaS | | | | | | | |
|---|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|------|---------------|--|-------|
| | Condução autônoma | Viagens compartilhadas | Pago com cartão | Multimodalidade | Apps | Smart City | Sistemas bicicletas compartilhadas | Dados |
| (KIM <i>et al.</i> , 2018) | X | X | X | X | X | | | X |
| (CHANG <i>et al.</i> , 2019) | | X | X | X | X | X | | X |
| (HESSELG RE <i>et al.</i> , 2019) | | X | | X | X | X | | X |
| (JITTRAPI ROM <i>et al.</i> , 2019) | | X | | X | X | | | X |
| (LYONS <i>et al.</i> , 2019) | | X | X | X | X | X | | X |
| (SAKAI <i>et al.</i> , 2019) | | X | X | X | X | X | X | X |
| (ZHANG <i>et al.</i> , 2019) | | X | X | X | X | X | X | X |
| (ARIAS <i>et al.</i> , 2020) | | X | X | X | X | | | X |
| (BECKER <i>et al.</i> , 2020) | | X | X | X | X | X | | X |
| (MULLEY <i>et al.</i> , 2020) | | X | | X | X | X | | X |
| (SMITH <i>et al.</i> , 2020) | | X | X | X | X | X | | X |

Fonte: Autoria própria (2020)

De acordo com a Tabela 6, características do *MaaS* como viagens compartilhadas, multimodalidade, apps e dados são contempladas pelo total dos autores, já que são os elementos fundamentais ou de origem do conceito. No caso dos dados que tem elementos com as origens, os destinos e os tempos das viagens, estes são elementos fundamentais para tomar decisões para o funcionamento do sistema. A característica “Pago com cartão” e a “*Smart City*” foram contempladas por sete e oito autores, respectivamente, isto devido às características que não se conseguem em todas as sociedades por elementos de tecnologia. Os sistemas de bicicletas compartilhados foram considerados por apenas dois autores, o que causou inquietude, pois se esperava um número maior de autores, já que as viagens realizadas nos SBC têm uma elevada participação em viagens compartilhadas e de multimodalidade. Finalmente, a condução autônoma foi considerada somente por um autor, uma vez que até agora é uma tecnologia que segue em desenvolvimento, com os principais fabricantes em fase de teste. O funcionamento do *MaaS* é apresentado na Figura 7, na qual um grupo de usuários precisa transportar-se e um grupo de provedores de transporte oferecem esta possibilidade através de um modal. Para que os usuários e os provedoras consigam interagir-viajar, precisam de um canal que é o provedor *MaaS*, que é aquele que se encarrega de interagir entre estes, administrando elementos como o aplicativo, a plataforma, a forma de pagamento, os dados, etc. (SAKAI *et al.*, 2017).

Figura 7. Marco de referência do MaaS



Fonte: SAKAI *et al.* (2017)

Os autores ZHANG *et al.* (2019) fazem um estudo aplicando o MaaS a uma parte do sistema de bicicletas compartilhadas da cidade de Tóquio, com o objetivo de melhorar o funcionamento do SBC com relação às problemáticas que este apresenta como estações sem bicicletas, perdas ou danos de algumas destas, e desconforto por parte dos usuários quando não encontram bicicletas disponíveis para realizar uma viagem.

O processo começa com a coleta de dados: primeiro dos GPS das bicicletas para analisar o comportamento das viagens realizadas e segundo revisando e comparando a utilização de vagas e bicicletas nas estações do sistema. Os dados GPS das bicicletas são comparados com os dados GPS dos telefones móveis dos usuários que realizam a viagem usando a bicicleta. Além disso, compara-se os dados GPS do telefone de quem realiza a viagem em bicicleta, com os dados GPS de alguns pedestres que realizam uma viagem similar.

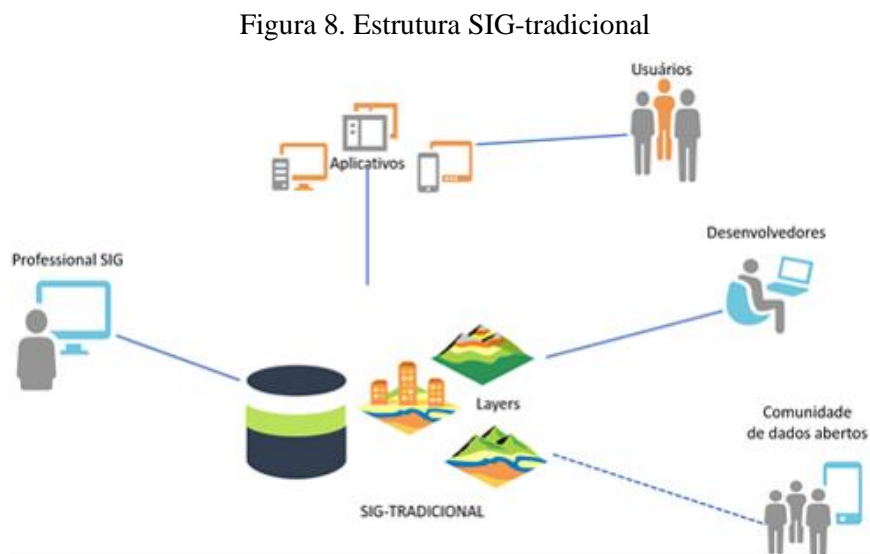
Estas comparações são realizadas para encontrar diferenças dos tempos das viagens, ajustar a capacidade do SBC, melhorar seu funcionamento, determinar a possibilidade de novas demandas por parte de alguns pedestres, e, a partir destas determinar a desativação de algumas estações.

O resultado foi que quando se localiza estações de bicicletas em áreas com alto fluxo de pedestres, apresentam-se problemáticas no SBC a nível de atendimento ou disponibilidade de bicicletas. Ademais, o elemento de multimodalidade nestas áreas perde importância, pois a viagem pode ser realizada no modal a pé de maneira mais satisfatória e simples.

3.10. Sistema de Informação Geográfica (SIG)

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma estrutura para coletar, gerenciar e analisar dados. Baseado na ciência da geografia, o SIG integra muitos tipos de dados, analisa a localização espacial e organiza camadas de informação em visualizações usando mapas e cenas 3D. Com esse recurso exclusivo, o SIG revela conhecimentos mais profundos sobre dados, como padrões, relações e situações, ajudando aos usuários a tomar decisões mais inteligentes (DAGERMOND, 2016).

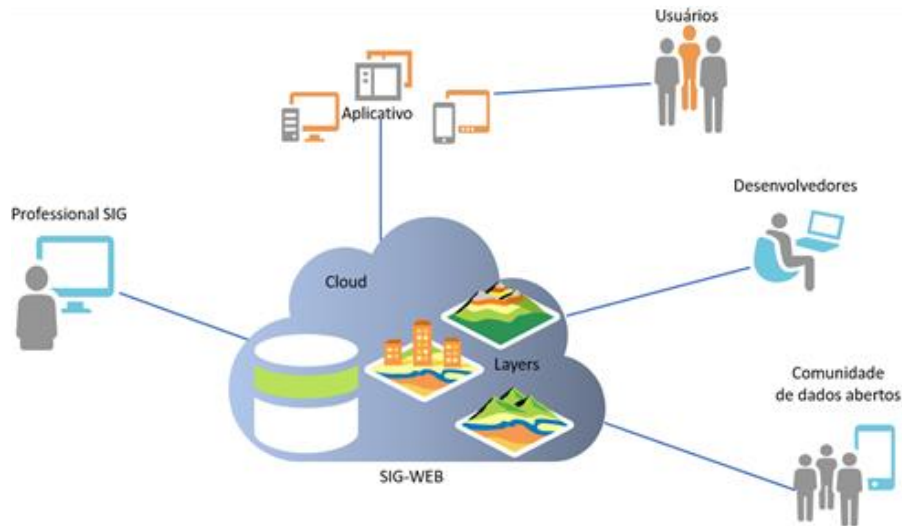
Se apresentam dois termos: o primeiro, chamado de SIG tradicional, tem uma estrutura composta por um armazenamento local onde encontram-se os dados a serem analisados, mediante os aplicativos, os usuários, desenvolvedores e profissionais do ramo. O uso dos aplicativos se produz a informação, e por último o componente de dados abertos que nem sempre se encontrava disponível. A estrutura deste apresenta-se na Figura 8.



Fonte: Adaptado de ESRI ESPAÑA (2019)

Atualmente verifica-se a existência do segundo termo, SIG-Web. Trata-se de uma transformação do SIG tradicional, mas com diferenças no componente de armazenamento, pois os dados e aplicações podem ser armazenados na nuvem, ou em um espaço local, e os dados abertos são quase um requisito. Sua estrutura é mostrada na Figura 9.

Figura 9. Estrutura SIG-Web



Fonte: Adaptado de ESRI ESPAÑA (2019)

Para este trabalho utilizou-se as ferramentas SIG, descritas brevemente a seguir:

- *Buffer*: O *buffer*, ou área de influência, é uma operação espacial, que pertence ao grupo de sobreposição espacial. Seu funcionamento consiste em gerar polígonos que contornam um objeto a uma determinada distância de uma entidade geográfica (ponto, linha e polígono), tendo como parâmetro uma distância para confirmar ou negar certa condição;
- Cobertura vetor em *raster*: Permite transformar uma cobertura vetor a *raster*, com o objetivo de ajustar sua classificação, para ser utilizada em outras análises como a álgebra de mapas;
- Modelos *Triangulated Irregular Network* (TIN): Esta ferramenta permite gerar um modelo de elevação a partir de elementos vetoriais como as curvas de nível, sendo agrupadas para sua apresentação, e elemento de transição para construir uma cobertura *raster* da topografia;

- Cálculo de pendentos: A partir do modelo TIN, esta ferramenta permite criar uma cobertura vetor com intervalos percentuais para as inclinações ou pendentos, que posteriormente serão utilizados nas avaliações da metodologia;
- Álgebra de mapas (*Weighted Overlay*): Esta ferramenta realiza operações matemáticas sobre coberturas *raster*, utilizando operadores desta mesma origem, por exemplo somas ou subtrações de coberturas *raster*, obtendo-se como resultado no caso da soma, a agregação dos valores dos pixels que compõe as coberturas somadas. Além disso, podem ser considerados os pesos e ponderações para cada cobertura, elemento prezado na hora de calcular o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*); e
- Cobertura *raster* em vetor: Esta ferramenta permite transformar coberturas *raster* em vetor, com o objetivo de apresentar mapas mais estruturados, claros e estéticos nos resultados.

O método SIG é amplamente utilizado na implementação dos sistemas de bicicletas compartilhadas. De acordo com o Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento – (ITDP, 2014), o SIG é utilizado para mapear estações de transporte público, ciclovias, polos geradores de viagens, viadutos, linhas de trem e áreas industriais, pois todos serão analisados para a decisão de implantar ou não estações de bicicletas compartilhadas.

KABAK *et al.* (2018) utilizaram o SIG para a criação de mapas de densidade, usando ferramentas como a distância euclidiana e a densidade *raster* para mostrar os lugares com a melhor possibilidade para novas estações de bicicletas, além da adoção de outros critérios e da utilização da ferramenta álgebra de mapas. Além disso, o SIG permitiu realizar análises de diversas variáveis, e a possibilidade de integrar-se com as metodologias AHP e MOORA.

TRAN *et al.* (2015) utilizaram o SIG para criar áreas de influência (avaliadas em distâncias de 200, 300 e 400 metros) sobre os fatores ou critérios considerados importantes para estabelecer as estações de bicicletas. Além disso o SIG também foi utilizado para realizar análises multi-temporárias cujos resultados permitiram identificar padrões, como a concentração de viagens sobre determinadas estações nos horários pico de manhã e tarde.

O trabalho desenvolvido por METE *et al.* (2018) no campus da Universidade de Gaziantep, na Turquia, utilizou o SIG para determinar os pontos com maior demanda perto das instalações com maior importância dentro do campus da universidade (bibliotecas, dormitórios, espaços de lazer). Para tanto, utilizou ferramentas de seleção geográfica para selecionar os locais para a implantação de estações de bicicletas compartilhadas.

3.11. Processo Hierárquico Analítico (AHP)

O Processo Hierárquico Analítico, do inglês *Analytic Hierarchy Process* (AHP), introduzido por Thomas Saaty (1970-1980) com base no *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM), tem a capacidade de resolver decisões complexas ajudando o tomador de decisão a estabelecer prioridades e tomar a melhor decisão. Ao reduzir decisões complexas a uma série de comparações entre pares e depois sintetizar os resultados, o AHP ajuda a capturar os aspectos subjetivos e objetivos de uma decisão. Além disso, o AHP incorpora uma técnica útil para verificar a consistência das avaliações do tomador de decisão, reduzindo assim os erros no processo de tomada de decisão (SAATY, 1980).

O AHP considera um conjunto de critérios a avaliar e o conjunto de opções para escolher a melhor alternativa. A importância do método está em avaliar que os parâmetros podem ser contrastantes e, por essa razão, a melhor opção não deve ser otimizá-los de forma individual, mas sim aquela que retorne uma compensação maior entre os diferentes critérios. O método também gera um peso para cada critério ao avaliar de acordo com as comparações entre os mesmos, realizadas por quem toma as decisões. Os pesos e a importância têm uma relação diretamente proporcional. Então, para um critério ajustado, o AHP atribui uma contagem a cada opção de acordo com as comparações feitas por pares, por parte do tomador de decisão e das opções deste. Deste modo, uma opção com maior pontuação tem um melhor desempenho em comparação com a opção considerada. Finalmente, o AHP calcula os valores para cada elemento a avaliar e também as contagens das opções, calculando o escore total para cada opção e uma classificação coerente. O escore total é uma opção que permite uma soma média das contagens obtidas com base nos elementos avaliados (SAATY, 1980).

Para implementação do AHP são necessários os seguintes três passos:

- i) Cálculo do vetor de critérios e seus pesos;

- ii) Cálculo da matriz da pontuação das opções; e
- iii) Classificação das opções.

(i) Para calcular os pesos dos diferentes critérios, o AHP começa criando uma matriz de comparação por pares chamada **A**. A matriz **A** é uma matriz real $m \times m$, na qual m é o número de critérios de avaliação considerados. Cada entrada a_{jk} da matriz **A** representa a importância do critério j com relação ao critério k . Se $a_{jk} > 1$, então o critério j -ésimo é mais importante que o critério k -ésimo, entretanto, se $a_{jk} < 1$, então o critério j -ésimo tem menos importância que o critério k -ésimo. Quando dois critérios têm a mesma importância, então a entrada a_{jk} é 1. As entradas a_{jk} e a_{kj} satisfazem a seguinte equação:

$$a_{jk} \cdot a_{kj} = 1 \quad (1)$$

Obviamente, $a_{jj} = 1$ para todos os j . A importância relativa entre dois critérios mede-se de acordo com uma escala numérica de 1 a 9, como mostrado na Tabela 7, onde supõe-se que o critério j -ésimo é igual ou mais importante que o critério k -ésimo. Os enunciados na coluna são uma “sugestão” e podem ser adequados de acordo com o conceito do tomador das decisões, também é possível que se atribuam valores intermediários (SAATY, 1980).

Tabela 7. Contagens relativas

| Valor de a_{jk} | Interpretação |
|-------------------|---|
| 1 | j e k têm a mesma importância |
| 3 | j é um pouco mais importante que k |
| 5 | j é mais importante que k |
| 7 | j é muito mais importante que k |
| 9 | j é absolutamente mais importante que k |
| 2, 4, 6, 8 | j e k têm julgamentos semelhantes |

Fonte: SAATY (1980)

Uma vez que a matriz **A** é construída, é possível derivar **A** da matriz normalizada de comparação por pares **Anorm** fazendo igual a 1, à soma das entradas em cada coluna, ou seja, é dizer que cada entrada \bar{a}_{jk} da matriz **Anorm** é calculada como:

$$\bar{a}_{jk} = \frac{a_{jk}}{\sum_{i=1}^m a_{jk}} \quad (2)$$

Da equação (2), explica-se que \bar{a}_{jk} é o vetor próprio da matriz, que é obtido dividindo cada valor a_{jk} de cada uma das colunas, ou seja, o valor de cada critério pela soma total da coluna.

Finalmente, o vetor de pesos dos critérios que é um vetor de coluna m -dimensional, é construído pela média das entradas em cada linha de **Anorm**.

$$W_j = \frac{\sum_{k=1}^m \bar{a}_{jk}}{m} \quad (3)$$

Da equação (3), explica-se que W_j é vetor de pesos dos critérios, que é obtido dividindo, sendo este a somatória de cada uma das linhas da matriz de comparação, entre m (número de colunas dessa matriz).

(ii) A matriz de pontuações de opções é uma matriz real de $n \times m$. Cada entrada s_{ij} de **S** representa a pontuação da opção i -ésima com respeito ao critério de j -ésimo. Para derivar tais pontuações, uma matriz de comparação pareada **B**^(j) é construída primeiramente para cada um dos critérios $j = 1, \dots, m$. A matriz **B**^(j) é uma matriz real $n \times n$, onde n é o número de opções avaliadas. Cada entrada b_{ih} ^(j) da matriz **B**^(j) representa a avaliação da opção i -ésima em comparação com a opção h -ésima em relação ao critério j -ésimo. Se b_{ih} ^(j) > 1, então i -ésima é a melhor opção quando comparada a opção h -ésima. Se b_{ih} ^(j) < 1 então a opção i -ésima é pior que a opção h -ésima. Quando duas opções são avaliadas como equivalentes ao critério j -ésimo, então, a entrada b_{ih} ^(j) é 1. As entradas b_{ih} ^(j) b_{hj} ^(j) satisfazem a seguinte equação:

$$b_{jh}^{(j)} \cdot b_{hj}^{(j)} = 1 \quad (4)$$

E b_{ii} ^(j) = 1 para todo i . Uma escala de avaliação semelhante à apresentada na Tabela 7 pode ser usada para transladar as avaliações de pares, dos tomadores de decisão, em números.

O AHP, aplica-se a cada matriz **B**^(j) o mesmo procedimento em duas etapas descritas para a matriz de comparação pareada **A**. É dividida cada entrada pela soma das entradas na mesma coluna e logo calcula-se a média das entradas de cada linha, obtendo, assim, os vetores de pontuação $s^{(j)}$, $j = 1, \dots, m$. Os vetores contêm as pontuações das

opções avaliadas em relação ao critério j -ésimo. Finalmente, a matriz de pontuação S é obtida como:

$$S = [s^{(l)} \dots s^{(m)}] \quad (5)$$

(iii) Uma vez que o vetor de peso w e a matriz de pontuação S foram calculados, o AHP obtém um vetor v de pontuações globais pela multiplicação de S e w , ou seja:

$$v = S.w \quad (6)$$

A entrada i -ésima v_i de v representa a pontuação total atribuída pelo AHP à opção i -ésima. Como passo final, a classificação das opções é realizada ordenando as pontuações totais em ordem decrescente (SAATY, 1980).

Como vantagens do AHP, citam-se:

- i) Mudanças na prioridade em níveis superiores têm influência na prioridade dos critérios de níveis inferiores;
- ii) Estabilidade e flexibilidade com relação a mudanças na hierarquia e suas adições; e
- iii) Os valores dos coeficientes de peso obtidos usando AHP, contam com maior precisão devido ao cálculo do Índice de Consistência (IC), o qual determina que os resultados obtidos no vetor de pesos dos critérios são adequados ou que se deve realizar ajustes na matriz de comparação entre pares para otimizar os resultados. De acordo com o método AHP, o (IC) deve ser menor que 0,1 para matrizes maiores que 5x5, se o resultado é maior, deve ser reconsiderado e modificado os valores da matriz de comparação entre pares

$$\text{Índice de Consistência} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

Da equação (7), explica-se que o (IC), obtém-se da divisão de λ_{\max} (autovalor máximo), resultado da multiplicação da matriz de pesos dos critérios pelo vetor coluna de prioridades, menos n (dimensão da matriz), entre esta dimensão menos 1 (um).

O método AHP é também utilizado na implementação dos sistemas de bicicletas compartilhadas. Um exemplo é o estudo desenvolvido (THARATHORN e MONGKUT, 2013), como já citado anteriormente.

Outra participação do método AHP, dentro de estudos de alternativa de mobilidade ou mobilidade e transporte público, foi o trabalho desenvolvido por (NOSAL e SOLECKA, 2014), que utilizou este método na avaliação de variáveis de integração do transporte público urbano, selecionando dois grupos de participantes, importantes para o planejamento da mobilidade: i) tomadores de decisões (autoridades da cidade e autoridades de transporte), e ii) participantes (operadores, passageiros e outros participantes do tráfico). Os critérios para fazer esta seleção foram: i) tempo de viagem, ii) viagem standard, iii) ambiente amigável, iv) nível de integração do transporte público, v) confiabilidade do sistema de transporte público, vi) segurança nas viagens, vii) rentabilidade do sistema de transporte público, viii) disponibilidade do sistema de transporte público, e ix) custos de inversão. O resultado mostrou que os maiores pesos foram dados pelas autoridades da cidade para a totalidade dos critérios, e posteriormente, pelos passageiros. Como recomendação dos autores é importante ressaltar que estes resultados obtidos devem ser considerados como uma ajuda na tomada de decisão final, de forma que esta satisfaça a todos os interessados.

KABAK *et al.* (2018) obtiveram um resultado parcial com a metodologia SIG, sendo que este é a base para o método AHP, já que consiste em uma série de alternativas, lembrando que o AHP permite selecionar as melhores. Os autores decidiram outorgar os pesos para esses critérios e, posteriormente, as alternativas consolidadas foram avaliadas com o MOORA, método que vai ser descrito a seguir.

3.12. Otimização multiobjetivo por análises de proporção (MOORA)

A Otimização Multiobjetivo por Análises de Proporção, do inglês *Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis* (MOORA), desenvolvido por Brauners no ano 2006, tem um alto uso em ambientes de fabricação. Nestes ambientes tomam-se decisões primeiro em tempo real, e posteriormente, procurando escolher aquela alternativa que seja a melhor em termos de aumentar o rendimento e diminuir o custo, também aumentando o rendimento dos recursos e diminuindo o consumo destes.

Ainda que MOORA é um método novo em comparação ao AHP por exemplo,

pertencentes ao *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM), complementa a seleção de alternativas ou critérios, pois procura otimizar simultaneamente dois ou mais destas alternativas sobrepostas sob restrições, de que uma destas seja maximizada e a outra seja minimizada.

O método se apresenta como uma matriz de respostas, conhecida como a “matriz de decisão final” (MDF), a qual contém k linhas que representam as alternativas, e $J + L$ colunas que representam os diferentes critérios que estão sendo avaliados (os critérios objetivos são conhecidos como J e os critérios subjetivos como L), Na Figura 10 apresenta-se esta matriz (ALCARÁZ *et al.*, 2015).

Figura 10. Metodologia MOORA e MULTIMOORA, matriz de repostas (MDF)

| | | | | | | |
|-------|----------|----------|-----|----------|-----|-------------|
| A_1 | X_{11} | X_{12} | ... | X_{1j} | ... | X_{1n} |
| A_2 | X_{21} | X_{22} | ... | X_{2j} | ... | X_{2n} |
| . | . | . | ... | . | ... | . |
| . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . |
| A_k | X_{k1} | X_{k2} | ... | X_{kj} | ... | $X_{k,j+l}$ |

Fonte: Adaptado de ALCARÁZ *et al.* (2015)

Onde:

A_i representa as alternativas, para $i=1 \dots k$.

X_{ij} representa as respostas ou entradas das alternativas i com relação ao atributo j .

No entanto, é possível que os atributos de avaliação sejam expressos em diferentes unidades ou escalas de medição. Portanto, deve ser realizada uma normalização de cada um destes, dividindo cada uma das colunas entre a norma euclidiana que possui. Esta norma calcula-se de acordo com a equação (8) para o atributo X_n , e o processo de normalização de cada entrada na MDF é realizado de acordo com a equação (9).

$$|X_n| = \sqrt{\sum_1^x X_i^2} \quad (8)$$

$$NX_{ij} = \frac{x_{ij}}{|X_n|} \quad (9)$$

Desta forma, a norma euclidiana de cada um dos atributos $|X_n|$, se apresenta nas mesmas unidades que as entradas X_{ij} da MDF, e quando é realizada a operação indicada na equação (9), os resultados em NX_{ij} são valores adimensionais, ou seja, não têm escala, o que permite realizar operações aditivas entre os atributos (ALCARÁZ *et al.*, 2015). Entretanto, comumente as pessoas não têm os mesmos níveis de preferência sobre atributos, então a próxima atividade consiste em ponderar os atributos da matriz normalizada. Como indica a equação (10), os pesos são estabelecidos de acordo as características do estudo; portanto, cada coluna ou atributo é multiplicado por seu respectivo peso ou nível de importância, obtendo assim uma matriz de valores normalizados e ponderados.

$$T_{ij} = w_i \cdot NX_{ij} \quad (10)$$

Depois disso, é conveniente identificar os atributos que se devem minimizar e aqueles que se devem maximizar. Em algumas ocasiões estes processos são conhecidos como “critério de benefício”, equação (10) e “critério de custo”, equação (11), respectivamente.

$$\sum_{i=1}^g T_i - \sum_{j=g+1}^m T_j \quad (11)$$

Assim, os atributos que se pretendem maximizar apresentarão um sinal positivo e aqueles que se pretendem minimizar apresentarão sinal negativo. O índice de decisão de cada alternativa é obtido de acordo com a equação (12).

$$\beta_i^- = \sum_{i=1}^g T_i - \sum_{j=g+1}^m T_j \quad (12)$$

Onde:

β_i^- representa a contribuição da alternativa $j=1 \dots K$.

$i=1 \dots g$ são os atributos que se pretendem maximizar

$i=g+1, g+2, \dots n$ são os atributos que se pretendem minimizar

O método MOORA se apresenta como um valor agregado para este trabalho, pela possibilidade de avaliar as localizações, em função de características próprias dos SBC como: valor da infraestrutura, número de bicicletas, número de vagas dentro da estação. Critérios recomendados por (KABAK *et al.*, 2018) para avaliar em um próximo trabalho (custos de usuário, custos de investimento, economia de escala) permitirão fazer esta avaliação, já que o MOORA otimiza simultaneamente duas ou mais destas alternativas sobrepostas sob restrições, considerando que uma destas seja maximizada e a outra seja minimizada, além de suas características de flexibilidade e adaptabilidade a processos rápidos.

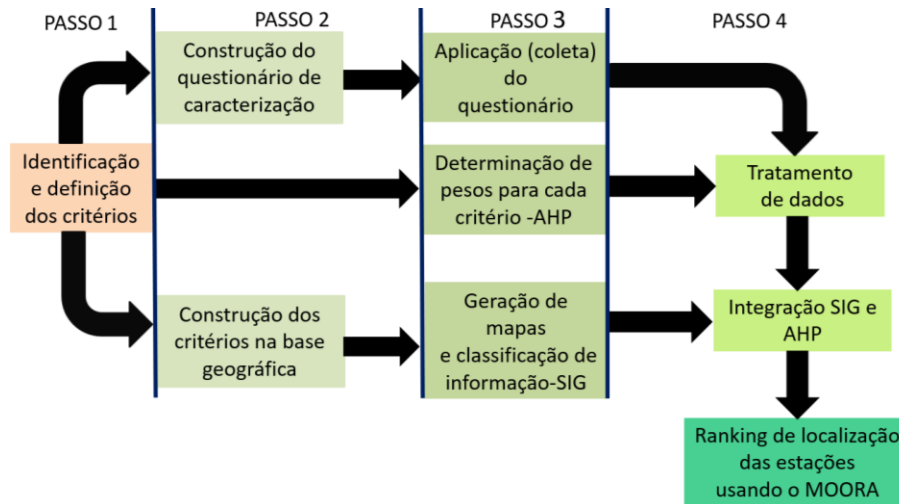
4. METODOLOGIA

Este trabalho procura definir a melhor localização de estações para um sistema de bicicletas compartilhadas, ou seja, tomar uma decisão a partir da avaliação de diversos critérios, por isto os métodos AHP e MOORA podem ser utilizados. Além disso, como se está trabalhando com informação de caráter espacial, um método que ajuda neste processo é o SIG, por permitir realizar análises de proximidade, conectividade e apresentar resultados na forma de mapas com características de dinamismo e didática.

A decisão de escolher uma metodologia que incorpore o AHP, o MOORA, e o SIG se fundamenta em utilizar as vantagens como: i) estabelecer critérios, ii) outorgar pesos a estes critérios baseado em diferentes análises, iii) coletar informação de diversas fontes, iv) a flexibilidade dos métodos MCDM, e iv) sugerir diversos cenários para os resultados.

Outro elemento a notar são as aproximações de trabalhos similares, que permitem encontrar um referencial, como é o caso de KABAK *et al.* (2018). Ademais é necessário agregar valor teórico, por isto o trabalho vai considerar os fatores que influenciam o uso da bicicleta, os quais serão avaliados através da aplicação de um questionário, permitindo caracterizar o usuário que pode utilizar o SBC. Todos estes elementos permitem fazer análises mais abrangentes para tentar alcançar o objetivo de definir as melhores localizações para as estações. A Figura 11 apresenta a proposta metodológica com seus passos, e posteriormente são descritas com maior detalhe cada uma destas fases.

Figura 11. Fluxograma metodologia



Fonte: Adaptado de KABAK *et al.* (2018)

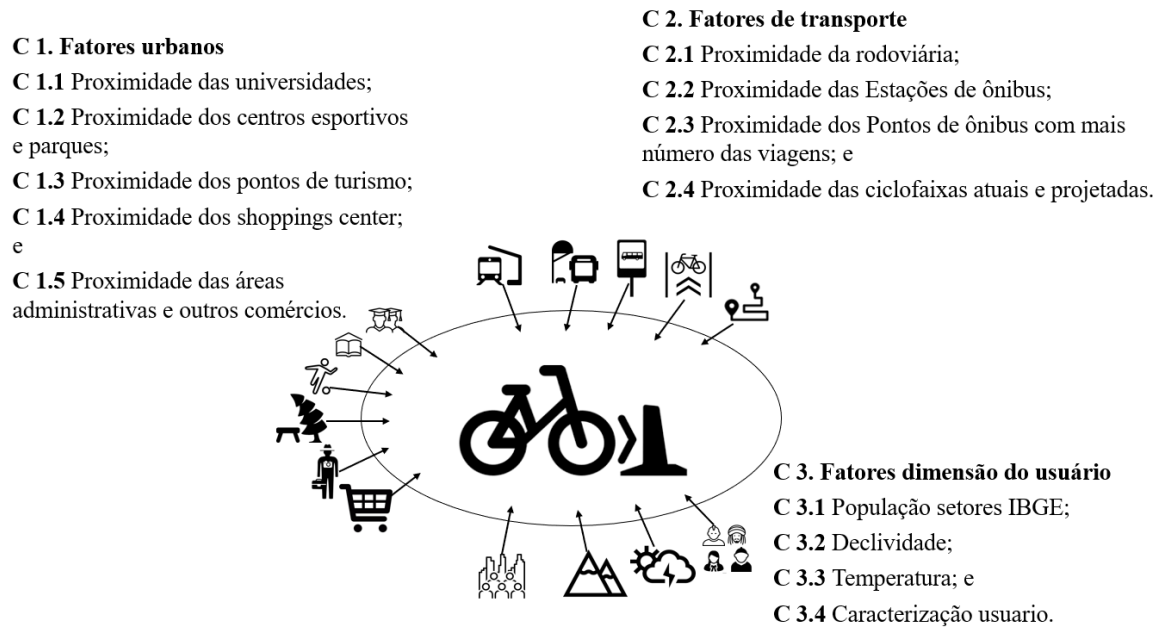
4.1. Passo 1. Identificação e definição de critérios

Neste passo, com base na revisão bibliográfica, decidiram-se quais critérios deveriam ser avaliados e como deveriam ser agrupados. Além disso procurou-se informação de importância para estes critérios (coberturas geográficas, fluxos de viagens etc.)

O estudo utilizou 14 critérios diferentes para avaliar as possíveis estações e selecionar as melhores alternativas. A ideia foi estabelecer o problema e definir o modelo, para assim determinar quais valores de avaliação poderiam conter os critérios que até agora têm sido considerados. Foram propostos intervalos com diferentes valores associados às características do critério avaliado.

Os critérios de avaliação foram quantificados de acordo com seu grau de adequação para todas as alternativas que se apresentaram como viáveis. Os critérios considerados estão representados na Figura 12.

Figura 12. Critério para a localização das estações de bicicletas



Fonte: Adaptado de KABAK *et al.* (2018)

Os critérios foram agrupados em três fatores: urbanos, de transporte e da dimensão usuário, como se observa na Figura 12. Uma definição de cada um destes fatores e critérios se apresenta a seguir.

4.1.1. Fatores urbanos

Os fatores urbanos são aqueles que motivam uma viagem para os habitantes. O estímulo pode ser do tipo: trabalho, educação, econômico ou lazer. Os fatores urbanos considerados foram:

- C 1.1 - Proximidade das universidades: Os centros de ensino superior dentro de uma cidade têm relevância, já que são lugares de alta concentração de viagens. Em muitas ocasiões, a quantidade de viagens nestes lugares é maior que a média da cidade, assim como as viagens em bicicleta e a pé que têm uma convincente acolhida dentro das comunidades universitárias;
- C 1.2 - Proximidade das escolas: Os centros de educação fundamental e média das cidades também têm relevância ao nível da população. A possibilidade de estabelecer estações de bicicletas em alguns destes centros

educativos estará relacionada em maior proporção com a caracterização dos usuários;

- C 1.3 - Proximidade dos centros esportivos e parques: Espaços esportivos acolhem a população nas noites e fins de semana, quando apresentam alguma comemoração e os fluxos de viagens são maiores;
- C 1.4 - Proximidade dos pontos de turismo: As cidades possuem espaços naturais, atrativos históricos e culturais. Porém, o turismo encontra-se em um processo de consolidação dentro da economia das cidades médias o que faz com que deva pensar-se na possibilidade de novas e mais viagens a estes lugares;
- C 1.5 - Proximidade dos shopping centers: Atualmente, são elementos de alta importância nas cidades de médio porte, pois são espaços com alto fluxo de viagens devido aos serviços que oferecem (alimentação, entretenimento, compras). Assim a maior parte das viagens com este destino são realizadas de automóvel; e
- C 1.6 - Proximidade das áreas administrativas e outros comércios: Estes elementos apresentam também um número de viagens significativas, mas não são classificadas em nenhum dos critérios anteriores. Por exemplo, espaços com algum tipo de serviço público ou de governo e setores de comércio específico.

4.1.2. Fatores de transporte

Os fatores de transporte são aqueles que permitem e influenciam uma viagem. Para o caso de estudo voltado à bicicleta, a influência está determinada pela rodoviária, pelas estações de ônibus, pelos pontos de ônibus com maior número de viagens e pelas ciclofaixas atuais e projetadas.

- C 2.1 - Proximidade da rodoviária: O fator da cercania na rodoviária mostrará os fluxos de viagens, assim como a possibilidade de integrar a bicicleta para completar os deslocamentos;

- C 2.2 - Proximidade das estações de ônibus: Da mesma maneira que na rodoviária, as estações de ônibus mostraram os fluxos de viagens, assim como a possibilidade de integrar a bicicleta para completar deslocamentos;
- C 2.3 - Proximidade dos pontos de ônibus com maior número de viagens: Ao estabelecer os pontos de ônibus com maior número de viagens foi possível determinar como devem ser alocadas as estações de bicicletas; e
- C 2.5 - Proximidade das ciclofaixas atuais e projetadas: A rede de ciclofaixas tem uma relevante importância, pois mostrou elementos de decisão de localização, conexão e proposta de ampliação dessas mesmas redes.

4.1.3. Fatores da dimensão do usuário

São elementos internos do usuário, como a relação com o tema da bicicleta, ou externos, como temperatura e declividade, que afetam diretamente o comportamento deste.

- C 3.1 - População dos setores IBGE: Os valores de população permitiram ajudar a localizar as estações nos lugares em que existia alta taxa populacional, apresentando a bicicleta como uma possibilidade de transportar-se;
- C 3.2 - Declividade: Tem conexão com o SBC no nível de esforço que os usuários devem fazer. Este fator pôde mostrar os possíveis lugares de restrição;
- C 3.3 - Temperatura: Além de estar envolvido no nível de esforço também pode afetar a utilização do SBC dependendo da sensação de calor ou frio que procura ser avaliada com os intervalos propostos no questionário;
- C 3.4 - Caracterização do usuário: Consistiu em identificar as principais características da população e aqueles que podem ser os possíveis usuários do SBC. Para tanto, foi desenvolvido um questionário utilizando o software *Survey123forArcGIS*, sendo que este permitiu fazer formulários simples que puderam ser acessados por dispositivos móveis e via *Web*, além da possibilidade de realizar análises das informações.

4.2. Passo 2: Construção do questionário de caracterização

Com base na revisão bibliográfica, foi desenvolvido e aplicado um questionário (apresentado em detalhes no APÊNDICE), através do qual foi possível obter informações referentes à caracterização dos usuários, o público-alvo do SBC. Informações a respeito da experiência com a bicicleta, idade, nível de escolaridade, motivo e tempo da viagem, além pontos ou áreas que têm concentrações de viagens e podem ser de interesse para localizar estações do SBC, e finalmente a possibilidade/aceitabilidade de uso da bicicleta compartilhada.

Assim, a pergunta 1 aborda a experiência com a bicicleta, nas perguntas 2-5 se realiza a caracterização dos usuários considerando aspectos gerais como idade, ocupação e gênero; nas perguntas 6-12 busca-se obter o perfil do usuário com relação às viagens, número de viagens realizadas, motivo do deslocamento, motivo de escolha do transporte público, modal utilizado. Por fim, as perguntas 13-20 procuram caracterizar as possibilidades do uso da bicicleta com relação tempo de deslocamento, condições de temperatura, declividade, etc.

Em relação à aplicação do questionário, a mesma foi realizada de forma online através da plataforma *Survey123forArcGIS* a qual, permitiu preencher o formulário utilizando qualquer dispositivo (computador, telefone, tablet) de uma forma fácil, rápida e intuitiva.

A partir da plataforma *online SurveyMonkey* foi calculada uma amostra contendo 300 questionários, a partir de um universo de 210.000 habitantes (população da cidade de Araraquara à época da pesquisa), com um índice de confiança igual a 99% e uma margem de erro igual a 7% (Figura 13).

O questionário ficou disponível para ser respondido entre os meses de setembro e novembro de 2020. Após este período foi constatado que não seria possível obter o número total previsto de respostas, mesmo tendo sido realizada uma ampla divulgação. Sendo assim, o questionário ficou disponível um tempo adicional, obtendo um total de 200 respostas. Tais resultados são apresentados no capítulo Resultados, considerando gráficos estatísticos e mapas que destacam os aspectos mais relevantes da análise.

Figura 13. Amostra calculada

| Tamanho mostra | Índice de confiança (%) | Margem de erro (%) |
|----------------|-------------------------|--------------------|
| 210000 | 99 ▼ | 7 |

Tamaño de la muestra

300

Fonte: Janela de trabalho – Plataforma *online* Surveymonkey

4.3. Passo 2: Construção dos critérios na base geográfica

Os dados foram estruturados em uma base geográfica utilizando o *software ArcGIS Pro*. Os critérios que foram considerados estão relacionados à cobertura dos PGV's dentro da área urbana. Para tanto, foram utilizadas as ferramentas *buffer* e cobertura vetorial e *raster*.

Na Tabela 8 são apresentados os critérios, com sua correspondência com os dados SIG ou geográficos, assim como a possível análise correspondente realizada.

Tabela 8. Dados espaciais ligados com os critérios

| Critério | | Dados | Fonte de Dados | Análises |
|----------|--|--|----------------|---|
| C 1.1 | Proximidade das universidades | Quantidade de Universidades | Prefeitura | <i>Buffer, Cobertura vetor a raster</i> |
| C 1.2 | Proximidade das escolas | Quantidade de Escolas | Prefeitura | |
| C 1.3 | Proximidade dos centros esportivos e parques | Quantidade de Centros esportivos | Prefeitura | |
| C 1.4 | Proximidade dos pontos de turismo | Quantidade de Pontos turísticos | Prefeitura | |
| C 1.5 | Proximidade dos shoppings centers | Quantidade de Shoppings centers | Prefeitura | |
| C 1.6 | Proximidade das áreas administrativas e outros comércios | Quantidade de Áreas administrativas e outros comércios | Prefeitura | |
| C 2.1 | Proximidade da rodoviária | Quantidade de Rodoviárias | Prefeitura | |
| C 2.2 | Proximidade das estações de ônibus | Quantidade de Estações ônibus | Prefeitura | |
| C 2.3 | Proximidade dos pontos de ônibus com maior número de viagens | Quantidade de Pontos ônibus | Prefeitura | |
| C 2.4 | Proximidade das ciclofaixas atuais e projetadas | Quantidade de Ciclofaixas | Prefeitura | |
| C 3.1 | População dos setores IBGE | Setores do IBGE | IBGE | <i>Buffer, Cobertura vetor a raster, união de dados Densidade raster</i> |
| C 3.2 | Declividade | Topografia/Curvas de nível | Prefeitura | Gerar um Modelo TIN, Cálculo da declividade Cobertura vetor a <i>raster</i> . |
| C 3.3 | Temperatura | Questionário | Questionário | Questionário, gerar um mapa a partir das respostas |
| C 3.4 | Caracterização usuário | Questionário | Questionário | Questionário, gerar um mapa a partir das respostas |

Fonte: Adaptado de KABAK *et al.* (2018)

Dentro das análises geográficas consideradas, o *buffer* foi o primeiro a ser desenvolvido, pois com base nos intervalos de distâncias, se estabeleceram possibilidades de localização das estações do SBC.

Nas Tabela 9 e 10 apresentam-se, as possibilidades com o valor da área de influência, para os critérios urbanos e os critérios de transporte.

Tabela 9. Alternativas de seleção para os critérios urbanos

| Fatores Urbanos | Alternativas | | | |
|--|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| | Alta possibilidade | Média possibilidade | Baixa possibilidade | Sem Possibilidade |
| Proximidade das Universidades | ≤ 300 m | $>300 \leq 600$ m | $>600 \leq 900$ m | > 900 m |
| Proximidade das escolas | ≤ 100 m | $>100 \leq 150$ m | $>150 \leq 200$ m | > 200 m |
| Proximidade dos centros esportivos e | ≤ 300 m | $>300 \leq 600$ m | $>600 \leq 900$ m | > 900 m |
| Proximidades dos pontos do turismo | ≤ 300 m | $>300 \leq 600$ m | $>600 \leq 900$ m | > 900 m |
| Proximidades dos shoppings center | ≤ 300 m | $>300 \leq 600$ m | $>600 \leq 900$ m | > 900 m |
| Proximidade das áreas administrativas e outros comércios | ≤ 300 m | $>300 \leq 600$ m | $>600 \leq 900$ m | > 900 m |

Fonte: Autoria própria (2020)

Tabela 10. Alternativas de seleção para os critérios de transporte

| Fatores de Transporte | Alternativas | | | |
|--|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| | Alta possibilidade | Média possibilidade | Baixa Possibilidade | Sem Possibilidade |
| Proximidade da Rodoviária | ≤ 300 m | $>300 \leq 600$ m | $>600 \leq 900$ m | > 900 m |
| Proximidade das estações de ônibus | ≤ 300 m | $>300 \leq 600$ m | $>600 \leq 900$ m | > 900 m |
| Proximidade dos pontos de ônibus com maior número de viagens | ≤ 300 m | $>300 \leq 600$ m | $>600 \leq 900$ m | > 900 m |
| Proximidade das ciclofaixas atuais e projetadas | ≤ 300 m | $>300 \leq 600$ m | $>600 \leq 900$ m | > 900 m |

Fonte: Autoria própria (2020)

Tanto para os critérios urbanos, como para os de transporte, as alternativas de seleção foram classificadas em alta, média, baixa e sem possibilidade. Os valores admitidos somente não são aplicados ao critério proximidade das escolas, a seguir explica-se como foi sua definição, a ideia de propor intervalos de distância tem base nos trabalhos de KABAK *et al.* (2018) e TRAN *et al.* (2015) que utilizaram análises semelhantes:

- Alta possibilidade: O intervalo considera um valor menor ou igual a 300 metros, utilizando o conceito de áreas de influência (*buffer*), este deve gerar-se sobre cada um dos critérios. O valor de 300 metros foi definido com base na experiência de estudos desenvolvidos por (ITDP, 2014) e (NABSA, 2018), que mostram um maior nível de sucesso para sistemas de bicicletas compartilhadas implementados, com uma densa rede de estações distribuídas por toda a área de cobertura, com um espaçamento médio de 300 metros entre as estações. Além disso, TRAN *et al.* (2015) também concluíram que 300 metros é um valor adequado para afinar a localização das estações do SBC *Velib'*;
- Média possibilidade: Como o valor de alta possibilidade foi de 300 metros, para a média possibilidade propõe-se um intervalo entre 300 e 600 metros, pretendendo estabelecer um padrão que aumenta 300 metros para cada possibilidade e tentando seguir uma estrutura. Este valor também é sugerido, na base de ser um exercício acadêmico que tenta encontrar a validade destas propostas;
- Baixa possibilidade: O intervalo proposto entre 600 e 900 metros mantém a lógica do padrão descrito no item anterior. Ter que caminhar esta distância para acessar a estação de bicicletas ocasiona que o usuário realize um deslocamento aproximado de 5 a 10 minutos, que é qualificado com acessibilidade baixa para acessar a infraestrutura de outros modais, como por exemplo, uma parada de ônibus (NAVARRO, 2011); e
- Sem possibilidade: Se estabelece os valores superiores a 900 metros, esta distância implica um deslocamento a pé maior que 10 minutos, que acarreta a possibilidade de não fazer uso de estações de um SBC. Esta ideia é confirmada em sistemas de bicicletas compartilhadas que localizaram

estações com esta distância em um primeiro momento (São Paulo, Londres, Nova York) (ITDP, 2014).

Para o critério de proximidade de escolas os valores escolhidos são diferentes e estiveram associados à característica da idade, que na população que pertence a estes espaços e que poderia utilizar o SBC, se refere aos menores de idade em sua maioria entre os 10-15 anos. Por esta razão se pensa que o acesso ao sistema para eles não deveria ser tal como para um adulto, baseado nas questões de segurança e responsabilidade. Devido a isto, a seguir se mostram os valores das alternativas para este critério, baseados nas condições de sinalização do tráfego para áreas escolares, segundo consta em DENATRAN (2000).

- Alta possibilidade: O intervalo considera um valor menor ou igual a 100 metros, utilizando o conceito de áreas de influência (*buffer*), este deve gerar-se sobre os espaços que sejam escolas. O valor de 100 metros foi definido associado a um tema de segurança e responsabilidade para os meninos, que sejam possíveis usuários do sistema, seguindo recomendações de DENATRAN (2000). De acordo com a publicação, áreas escolares localizadas sobre vias arteriais devem conter sinalização disposta em uma faixa entre 100-150 metros antes da localização exata das escolas. Diante disto, adotou-se o valor de 100 metros, uma vez que possibilita maior segurança e menor exposição;
- Média possibilidade: Como o valor de alta possibilidade foi de 100 metros, para a média possibilidade propõe-se um intervalo entre 100 e 150 metros, pretendendo estabelecer um padrão que aumenta 50 metros para cada possibilidade, e mantendo a distância para a localização de sinalização que informa a presença de áreas escolares (DENATRAN, 2000);
- Baixa possibilidade: O intervalo proposto entre 150 e 200 metros, mantém a lógica do padrão descrito no item anterior. Além disso, para uma criança ter que caminhar esta distância para acessar a estação de bicicletas, estaria fazendo este deslocamento a uma distância na qual já não existe sinalização apropriada, acarretando um maior fator de risco; e

- Sem possibilidade: Se estabelecem os valores superiores a 200 metros, pensando que as estações localizadas nestas distâncias se apresentariam como um risco total para as crianças e, por tal, sem possibilidade de uso.

Para os critérios da dimensão usuário foram escolhidos os valores apresentados na Temperatura (* Valor de temperatura, pergunta realizada no questionário), iv) Caracterização usuário (*Utilidade do SBC, pergunta realizada no questionário).

Tabela 11: i) população presente nos setores censitários obtidos e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); ii) declividade; iii) Temperatura (* Valor de temperatura, pergunta realizada no questionário), iv) Caracterização usuário (*Utilidade do SBC, pergunta realizada no questionário).

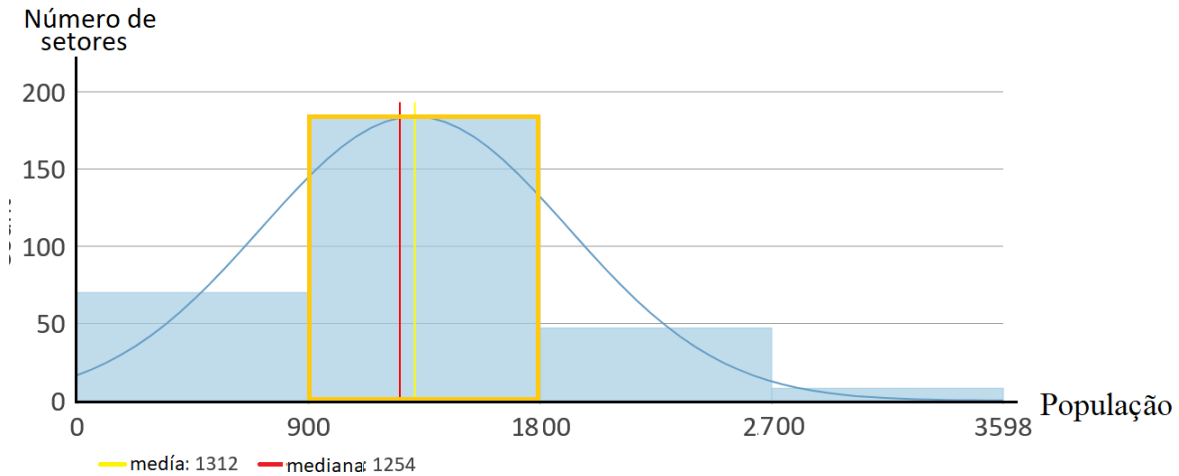
Tabela 11. Alternativas de seleção para os critérios dimensão usuário

| Fatores da dimensão do usuário | Alternativas | | | |
|--|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|
| | Alta possibilidade | Média possibilidade | Baixa Possibilidade | Sem Possibilidade |
| População dos setores censitários urbanos do IBGE (hab.) | 900 > hab. ≤ 1800 hab. | 0 > hab. ≤ 900 hab. | 1800 > hab. ≤ 2700 hab. | 2700 > hab. ≤ 3598 hab. |
| Declividade (D) | 0 ≤ D < 2,15 % | 2,15 % < D ≤ 4,6 % | 4,6 % < D ≤ 10,0% | D > 10,0% |
| Temperatura (T) (* Valor de temperatura, pergunta realizada no questionário) | 18°C > T ≤ 25°C | 5°C > T ≤ 18 °C | 25°C > T | 5°C ≤ T |
| Caracterização usuário (*Utilidade do SBC, pergunta realizada no questionário) | 5-Muito útil | 4-útil | 3-Neutro ou 2-pouco útil | 1-Nada útil |

Fonte: Autoria própria (2020)

Com relação à população presente na totalidade dos setores censitários urbanos da cidade de Araraquara disponibilizados pelo IBGE, se realizou um histograma, como se mostra na Figura 14, com quatro intervalos da população distribuídos no eixo X, e no eixo Y se apresenta o número dos setores que se encontram em cada intervalo estabelecido.

Figura 14. Histograma dos dados de população



As alternativas de seleção são classificadas novamente em alta, média, baixa e sem possibilidade. Os valores admitidos para a classificação da população são explicados a seguir:

- Alta possibilidade: Propõe-se um intervalo para setores censitários urbanos com uma população maior a 900 e menor ou igual 1800 habitantes, pois como se observa na Figura 14, neste intervalo se concentra a maior quantidade de população com 184 setores. Ressaltam-se trabalhos que utilizaram a quantidade de população como um critério de decisão, e obtiveram como conclusão de que, zonas com maior população tem um uso massivo dos sistemas de bicicletas compartilhadas (TRAN *et al.*, 2015 e KABAK *et al.*, 2018);
- Média possibilidade: Propõe-se um intervalo para os setores censitários urbanos com uma população entre 0 e menor igual a 900 habitantes. Neste intervalo como mostra a Figura 14 agrupam-se 70 setores, além disso procura-se estabelecer um padrão que aumenta ou diminui 900 habitantes para cada possibilidade;
- Baixa possibilidade: Propõe-se um intervalo para os setores censitários urbanos com uma população entre 1800 e 2700 habitantes. Neste intervalo

como mostra a Figura 14 agrupam-se 47 setores, e segue mantendo o padrão que aumenta 900 habitantes para cada possibilidade; e

- Sem possibilidade: Propõe-se um intervalo para os setores censitários urbanos com uma população entre 2700 e 3598, o limite superior de população. Neste intervalo como mostra a Figura 14 agrupam-se 7 setores, sendo também a menor quantidade destes.

Mais especificamente com relação à escolha dos setores censitários com maior população (intervalo entre 2700 e 3598 habitantes) terem sido escolhidos como “sem possibilidade”, isto pode parecer um erro, porém quando se pensa na quantidade de população absoluta que tem estes 7 setores comparada com os 184 setores de população entre os (900 e 1800 habitantes), evidencia-se realmente que o valor absoluto de população é maior para o intervalo de 900 a 1800. Esta afirmação é válida para os outros intervalos, e segue a orientação da revisão bibliográfica que diz, que zonas com maior população tem um uso massivo dos sistemas de bicicletas compartilhadas.

O critério declividade utilizou os limites da ferramenta cálculo de declividades do *ArcGIS Pro* (ESRI, 2020) mostrados na Tabela 12. Estes limites foram utilizados posteriormente na elaboração do mapa de declividades.

Tabela 12. Limite declividades *ArcGIS Pro*

| Código <i>ArcGIS Pro</i> Declividade | Porcentagem de declividade | Intervalo em grados |
|---|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 0,00-1,00 | 0.00-0.57 |
| 2 | 1,00-2,15 | 0.57-1.43 |
| 3 | 2,15-4,64 | 1.43-2.66 |
| 4 | 4,64-10,0 | 2.66-5.71 |
| 5 | 10,0-21,5 | 5.71-12.13 |
| 6 | 21,5-46,4 | 12.13-24.89 |
| 7 | 46,4-100,0 | 24.89-45.00 |
| 8 | 100,0-1000,0 | 45.00-84.29 |
| 9 | 1000,0 | 84.29-90.00 |

Fonte: ESRI (2020)

As alternativas de seleção são classificadas de novo em alta, média, baixa e sem possibilidade. Os valores admitidos para a classificação da declividade são explicados a seguir:

- Alta possibilidade: Propõe-se um intervalo de 0 e 2,15% de inclinação ou declividade, que significa que em uma distância de 100 metros horizontais, se experimenta uma queda (acima ou abaixo) entre 0 e 2,15 metros, tal como recomendado por GEIPOT (2001), em sua publicação Manual de Planejamento Ciclovitário (para um desnível de 2 metros recomenda-se um máximo de inclinação de 10%). Já CADURIN (2016) concluiu que topografias com inclinações leves têm alta possibilidade de uso para SBC, pois representam um menor esforço físico para os usuários e BARBEREAN *et al.* (2017) ressaltaram que os usuários de um SBC no começo encontram-se em um processo de adaptação ao uso da bicicleta, por isso podem ter dificuldades com inclinações superiores;
- Média possibilidade: Propõe-se um intervalo entre 2,15% e 4,6%, o que significa que em uma distância de 100 metros horizontais, se experimenta uma queda (acima ou abaixo) entre 2,15 e 4,6 metros. Tal proposta segue as recomendações de GEIPOT (2001), o qual aconselha para um desnível de 4 metros um máximo de inclinação de 5%;
- Baixa possibilidade: Propõe-se um intervalo entre 4,6% e 10%, o que significa que em uma distância de 100 metros horizontais, se experimenta uma queda (acima ou abaixo) entre 4,6 e 10 metros, tal como recomendado por GEIPOT (2001) (para desníveis acima de 6 metros recomenda um máximo de inclinação de 10%); e
- Sem possibilidade: Propõe-se um intervalo superior ao 10%, que significa que em uma distância de 100 metros horizontais, se experimenta uma queda (acima ou abaixo) superior a 10 metros. Este valor implicaria em um nível de esforço máximo para os usuários que estão-se adaptando e usuários experientes.

A temperatura foi avaliada também pelo estudo de CADURIN (2016), no qual os entrevistados classificaram esta, a partir de valores de temperatura e condições climáticas (frio, calor, chuva, chuva com frio, chuva com calor, etc.). Este estudo se desenvolveu em 16 escalas diferentes, porém a referência teórica mostrou e concluiu um questionário de

maior complexidade. Entretanto, caso este fosse aplicado, demandaria muito tempo do entrevistado, com grande possibilidade de não ser respondido integralmente e corretamente. Sendo assim, optou-se por perguntar somente pelos valores de temperatura (baseado no estudo de CADURIN, 2016), divididos em intervalos, na base de ser um exercício acadêmico que tenta encontrar a validade destas propostas:

- Alta possibilidade: Respostas que selecionaram a opção “Temperatura maior a 18°C e menor igual a 25°C” referiram-se à temperatura mais indicada para utilizar a bicicleta por parte dos entrevistados;
- Média possibilidade: Respostas que selecionaram a opção “Temperatura maior a 5°C e menor igual a 18°C” mostraram as preferências dos entrevistados para fazer uso da bicicleta, e que estas temperaturas podem ser consideradas como de média possibilidade;
- Baixa possibilidade: Contemplou as respostas que selecionaram a opção “Temperatura maior a 25°C”; e
- Sem possibilidade: Respostas que selecionaram a opção “Temperatura menor igual a 5°C”.

Com relação à caracterização do usuário (utilidade), esta foi classificada a partir da aplicação da pergunta 19 do questionário, que procurou conhecer o nível de utilidade do sistema de bicicletas compartilhadas. A forma de avaliar esta pergunta foi outorgar os valores (respostas) de maior utilidade para as possibilidades alta e média, os valores (respostas) neutros e de pouca utilidade para possibilidade baixa e finalmente valores (respostas) qualificadas na opção de nada útil como respostas sem possibilidade. A seguir se descrevem os intervalos estabelecidos mais amplamente.

- Alta possibilidade: Respostas que selecionaram a opção muito útil da pergunta 19;
- Média possibilidade: Respostas que selecionaram a opção útil da pergunta 19;
- Baixa possibilidade Respostas que selecionaram as opções neutro e pouco útil da pergunta 19; e
- Sem possibilidade: Respostas que selecionaram a opção nada útil da pergunta 19.

4.4. Passo 3: Aplicação (coleta) do questionário

Para este estudo de caso, optou-se pela utilização de questionário online, associado à atual situação de pandemia devido à COVID-19 que afetou o sistema de mobilidade das pessoas e das cidades, assim como evitar o contacto de forma pessoal por temas de isolamento social, prevenção e desconforto por parte das pessoas que decidam participar no questionário. O objetivo foi obter um panorama a respeito do público-alvo, com foco nos deslocamentos realizados na cidade de Araraquara e obter considerações sobre o sistema de bicicletas compartilhadas.

4.5. Passo 3: Determinação de pesos para cada critério - AHP

Neste passo foi necessário realizar uma comparação, critério a critério, usando a matriz de escalas com valores de 1 a 9, estes foram outorgados de acordo com revisão bibliográfica. Por exemplo, ‘C 2.1 Proximidade da Rodoviária’ deve ser comparado com ‘C 2.2 Proximidade das estações de ônibus’, com o objetivo de encontrar o que tem maior importância. Este processo deve ser feito com cada um dos critérios, de acordo com a escala mostrada na Tabela 13.

Tabela 13. Ranking de importância para a construção da matriz de comparação

| Valor | Interpretação |
|------------|---|
| 1 | O critério “x” é igualmente importante que o critério “y” |
| 3 | O critério “x” é um pouco mais importante que o critério “y” |
| 5 | O critério “x” é mais importante que o critério “y” |
| 7 | O critério “x” é muito mais importante que o critério “y” |
| 9 | O critério “x” é absolutamente mais importante que o critério “y” |
| 2, 4, 6, 8 | O critério “x” e critério “y” têm julgamentos semelhantes |

Fonte: Autoria própria (2020)

Deste modo, 1 significa que dois critérios têm igual importância, 3 mostra que o critério na coluna tem uma importância mais fraca do que o critério de linha, e 5, 7 e 9 indicam, respectivamente, forte importância, importância demonstrada sobre o outro e

absoluta importância da mesma maneira. Finalmente 2, 4, 6, 8 indicam julgamentos semelhantes. Com base na escala de importância, mostrada na Tabela 13, a matriz de comparação por pares é construída com os subcritérios definidos acima.

Como estabelece-se uma estrutura hierárquica, é possível realizar uma matriz da pontuação das opções, a qual analisa o grau de importância de cada subcritério com relação aos outros.

4.6. Passo 3: Geração de mapas e classificação de informação-SIG

A geração de mapas utilizou o software *ArcGIS Pro*, mostrando como resultado mapas, com as análises realizadas como:

- Mapas das áreas de influência, para os critérios urbanos, de acordo com as alternativas estabelecidas;
- Mapas das áreas de influência, para os critérios de transporte, de acordo com as alternativas estabelecidas;
- Mapa de setores censitários de acordo com os intervalos estabelecidos nos critérios;
- Mapa de declividade de acordo com as alternativas estabelecidas.

Durante o processo metodológico se desenvolveram outros mapas que apresentaram outros resultados. Finalmente é importante ressaltar que estes produtos gerados, cumprem com noções cartográficas básicas como completitude, conformidade, pertinência entre outros.

4.7. Passo 4: Tratamento de dados

Nesta fase os dados gerados a partir das análises geográficas foram estruturados para sua apresentação, verificando se houve alguma sobreposição, elementos com áreas a desconsiderar, ou informação alfanumérica que apresentou algum tipo de erro. A nível dos dados coletados mediante o questionário, por ter sido realizada a coleta de forma online, o processo de estruturação teve algumas vantagens como dados e gráficos prontos, além de eliminar possíveis erros devido ao processo de transcrição das respostas.

4.8. Passo 4: Integração SIG e AHP

Com o cálculo do AHP foram encontrados os critérios com os pesos de maior importância. Posteriormente foi necessário colocar este valor como um atributo dentro do mesmo elemento geográfico, por exemplo, o critério Proximidade dos shoppings centers teve um peso calculado mediante o AHP, o qual foi colocado dentro da cobertura geográfica como um atributo; isto para cada um dos critérios e coberturas geográficas. Além disso, cada cobertura geográfica foi transformada de dado vetorial para um dado *raster*.

A seguir com as coberturas em formato *raster*, se utilizou a ferramenta álgebra de mapas, a qual permitiu somar ou incluir todas as coberturas e o peso para cada uma, com o objetivo de obter uma cobertura com as áreas que reunissem todos os critérios e os pesos atribuídos respectivamente. Para a apresentação destas áreas, que têm as melhores localizações, foi necessário estabelecer classes ou intervalos. Este procedimento pôde ser desenvolvido com a ferramenta Cobertura *raster* em vetor.

4.9. Passo 4: Mapa de ponderação de pesos - Ranking de localização das estações usando o MOORA

Do passo anterior, obteve-se as áreas segundo sua possibilidade, porém sobre as áreas de alta e média possibilidade foi proposta uma série de alternativas que foram avaliadas em função de características próprias dos SBC como, valor da infraestrutura, número de bicicletas e número de vagas dentro da estação. O método MOORA permitiu fazer esta avaliação, já que este otimiza simultaneamente duas ou mais destas alternativas ou características sobrepostas sob restrições, a partir de que uma destas seja maximizada e a outra seja minimizada.

5. OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo é a cidade de Araraquara, localizada no interior do Estado de São Paulo, com uma população de 208.662 habitantes para 2010 segundo o último censo realizado pelo IBGE, sendo que a população projetada por esta entidade para 2019 foi de 236.072 habitantes. Sua área é de 1003,66km² com uma densidade populacional de 207,9 hab. / km² (IBGE, 2019).

5.1. Geomorfologia

O município localiza-se na parte elevada dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná, em altitudes que chegam a superar os 750 m, o que resulta em formas de relevo mais aplainadas, com rochas sedimentares, ou mais onduladas, com espigões alongados, rocha de basalto e solo de terra roxa, o qual é favorável ao desenvolvimento de uma rede hidrográfica muito numerosa (PREFEITURA DE ARARAQUARA, 2019).

5.2. Unidade fisiográfica

Apresenta topografia ligeiramente ondulada. Além disso, os cursos de água existentes no município de Araraquara fazem parte de duas bacias hidrográficas a do Rio Jacaré-Guaçu, a oeste (afluente do Rio Tietê), e a do Rio Mogi-Guaçu, a leste (afluente do Rio Pardo) (PREFEITURA DE ARARAQUARA, 2019).

5.3. Renda

A renda per capita média de Araraquara cresceu 51,13% nas últimas duas décadas, passando de R\$ 715,06, em 1991, para R\$ 872,54, em 2000, e para R\$ 1.080,66, em 2010. Isso equivale a uma taxa média anual de crescimento nesse período de 2,20%. A taxa média anual de crescimento foi de 2,24%, entre 1991 e 2000, e 2,16%, entre 2000 e 2010. A proporção de pessoas pobres, ou seja, com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 140,00 (agosto de 2010), passou de 5,89%, em 1991, para 7,36%, em 2000, e para 2,64%, em 2010. A evolução da desigualdade de renda nesses dois períodos pode ser descrita através do Índice de Gini, que passou de 0,48, em 1991, para 0,52, em 2000, e para 0,50, em 2010 (ATLAS BRASIL, 2019).

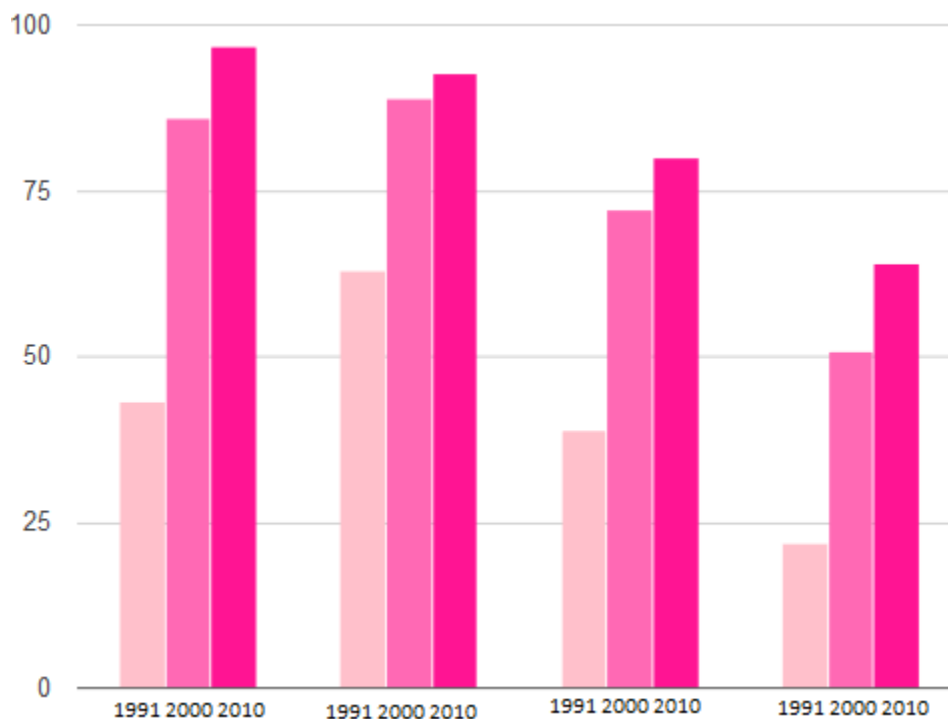
5.4. População

Entre 1991 e 2000, a população do município cresceu a uma taxa média anual de 1,50%. No estado de São Paulo esta taxa foi de 1,78%, enquanto no Brasil foi de 1,63% no mesmo período. Nesta década, a taxa de urbanização do município passou de 95,62% para 95,12%.

Entre 2000 e 2010, a população de Araraquara cresceu a uma taxa média anual de 1,35%, no mesmo momento em que o Brasil cresceu 1,17%. Nesta década, a taxa de urbanização do município passou de 95,12% para 97,16%. Em 2010 viviam no município 208.662 pessoas.

No cenário educativo, as proporções de crianças e jovens frequentando a escola ou que completaram o ensino fundamental indica a situação da educação entre a população em idade escolar. No município, a proporção de crianças de 5 a 6 anos na escola foi de 96,78% em 2010. No mesmo ano, a proporção de crianças de 11 a 13 anos frequentando os anos finais do ensino fundamental foi de 92,63%, a proporção de jovens de 15 a 17 anos com ensino fundamental completo foi de 80,07%, e a proporção de jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo foi de 64,11%. Entre 1991 e 2010, essas proporções aumentaram, respectivamente, em 53,46 pontos percentuais, 29,59 pontos percentuais, 41,20 pontos percentuais e 42,10 pontos percentuais, como observa-se na Figura 15 (ATLAS BRASIL, 2019).

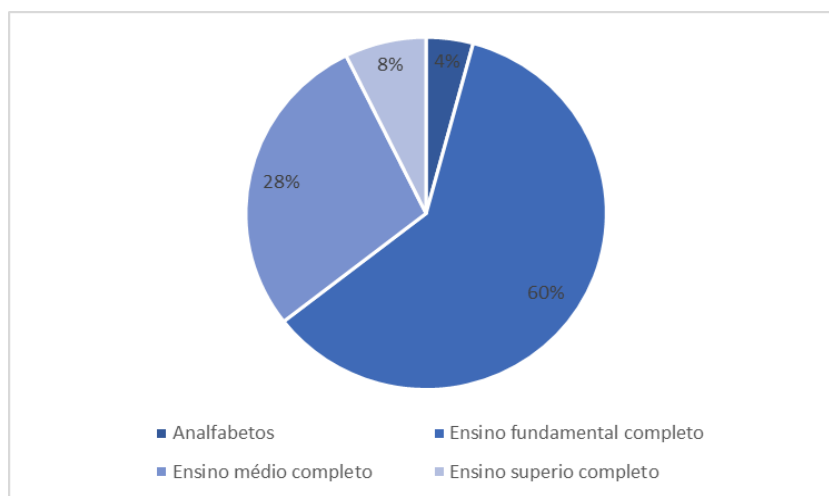
Figura 15. Escolar por faixa etária



Fonte: ATLAS BRASIL (2019)

Em 2010, considerando-se a população municipal de 25 anos ou mais de idade, 4,21% eram analfabetos, 60,28% tinham o ensino fundamental completo, 28,19% possuíam o ensino médio completo e 7,32%, o superior completo. Figura 16 (ATLAS BRASIL, 2019).

Figura 16. Escolaridade da população de 25 anos ou mais – Ano 2010

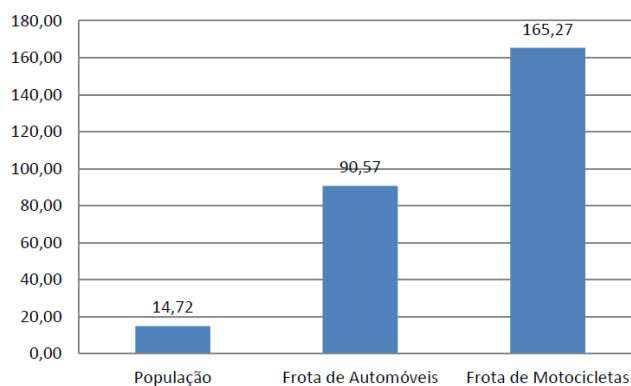


Fonte: ATLAS BRASIL (2019)

5.5. Mobilidade

Como relatado anteriormente, a cidade tem uma população de 208.662 habitantes (dados de 2010), das quais 97% residem na área urbana. O que leva à necessidade de muitos deslocamentos associados nas dinâmicas da cidade para estudo, trabalho, lazer, compras, entre outros. Com um crescimento estimado da população, de aproximadamente 236.500 habitantes para o ano de 2030, estimado pela Fundação Seade, ocorreria também um aumento da população urbana com necessidade de viagens realizadas e, por último, nas frotas de autos e motos. Uma confirmação disso foi observada no período 2012 a 2013, no qual a frota de automóveis de Araraquara cresceu 90,57%, ficando acima do Estado de São Paulo, que foi de 82,84% (ORSI, 2017). O crescimento da população, da frota de automóveis e, especificamente, da frota de motocicletas no período compreendido entre os anos de 2002 e 2013 é apresentado na Figura 17, na qual observa-se um aumento de 165,27% na frota de motocicletas (ORSI, 2017).

Figura 17. Crescimento percentual da população e da frota de veículos em Araraquara de 2002-2013



Fonte: ORSI (2017)

5.1.1. Mobilidade ativa

Vale adicionar que, assim como ocorre em muitas cidades de países em desenvolvimento, Araraquara também tem verificado o alto uso da bicicleta, evidenciado pela explosão de sua popularidade, tanto como meio recreativo, como também como meio de transporte, o que permite realizar viagens de forma rápida e saudável.

5.1.2. Análises da rede cicloviária de Araraquara

Atualmente a cidade de Araraquara apresenta 6,9 km de rede cicloviária construída durante os últimos 14 anos, o que mostra um crescimento reduzido nesta infraestrutura para uma cidade de médio porte. A Tabela 14 apresenta a totalidade das ciclovias, as ruas onde estão localizadas, seus comprimentos e as datas nas quais foram construídas.

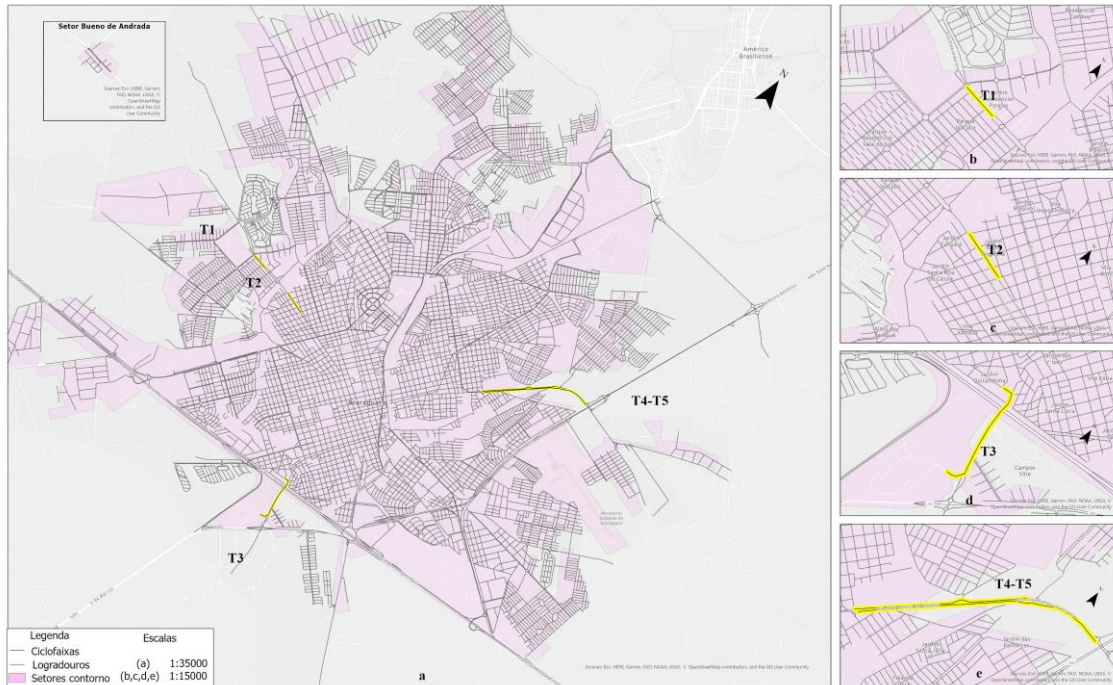
Tabela 14. Ciclovias de Araraquara

| Trecho | Ciclovias | Comprimento | Ano de construção |
|---------------|---|--------------------|--------------------------|
| T1 | Rua Jose Palomone Lepre | 0,4 km | 2015 |
| T2 | Rua Armando Salles de Oliveira | 0,5 km | 2015 |
| T3 | Avenida Alberto Tolo | 1,1 km | 2006 |
| T4 | Rua Joao Batista Oliveira (Sentido Oeste Leste) | 1,6 km | 2016 |
| T5 | Rua Joao Batista Oliveira (Sentido Leste Oeste) | 2,3 km | 2016 |

Fonte: Autoria própria (2020)

Ao nível espacial ou geográfico, as cinco ciclovias existentes são apresentadas na Figura 18, conforme destaca-se nas áreas amarelas. Os trechos apresentados no mapa não interligam os lugares, com exceção do Trecho T5, o qual conecta os *campi* da UNESP.

Figura 18. Mapa ciclovias de Araraquara



Fonte: Autoria própria (2020)

No quadro (a) observa-se o total dos trechos ciclovitários da cidade de Araraquara, o quadro (b) mostra o Trecho-T1 da Rua Jose Palomone Lepre, quadro (c) mostra o Trecho-T2 da Rua Armando Salles de Oliveira, quadro (d) mostra o Trecho-T3 Avenida Alberto Tolo e no quadro (f) mostra os Trechos T4-T5 da Rua Joao Batista Oliveira (Sentido Oeste Leste) e Rua Joao Batista Oliveira (Sentido Leste Oeste).

Outros elementos que pertencem à infraestrutura ciclovitária são os paraciclos e bicicletários, elementos de alta importância para o usuário que utiliza a bicicleta, por oferecer maior segurança na hora de deixar a bicicleta quando se finaliza a viagem.

Dentro da cidade estes elementos encontram-se localizados em alguns parques, escolas, universidades, e lojas comerciais, a maior parte são de caráter público com exceção daqueles que estão localizados em lojas ou locais de comércio. Dentro dos trechos ciclovitários, a presença destes elementos está unicamente nos *campi* da UNESP, além disso não está disponibilizado um inventário destes elementos por parte de Prefeitura.

Finalmente, Araraquara não possui nenhum sistema de bicicletas compartilhadas (seja público ou privado) até o momento, elemento que poderia incentivar o uso da bicicleta e da mobilidade ativa dentro da cidade.

6. RESULTADOS

Os resultados obtidos serão apresentados seguindo a sequência dos passos da metodologia, de forma a tornar mais claro o desenvolvimento do trabalho.

6.1. Passo 1. Identificação e definição de critérios

Como apresentado no capítulo referente à Metodologia, os critérios já foram identificados e definidos, lembrando que são critérios referentes aos fatores urbanos, de transporte e da dimensão do usuário.

6.2. Passo 2: Construção do questionário de caracterização

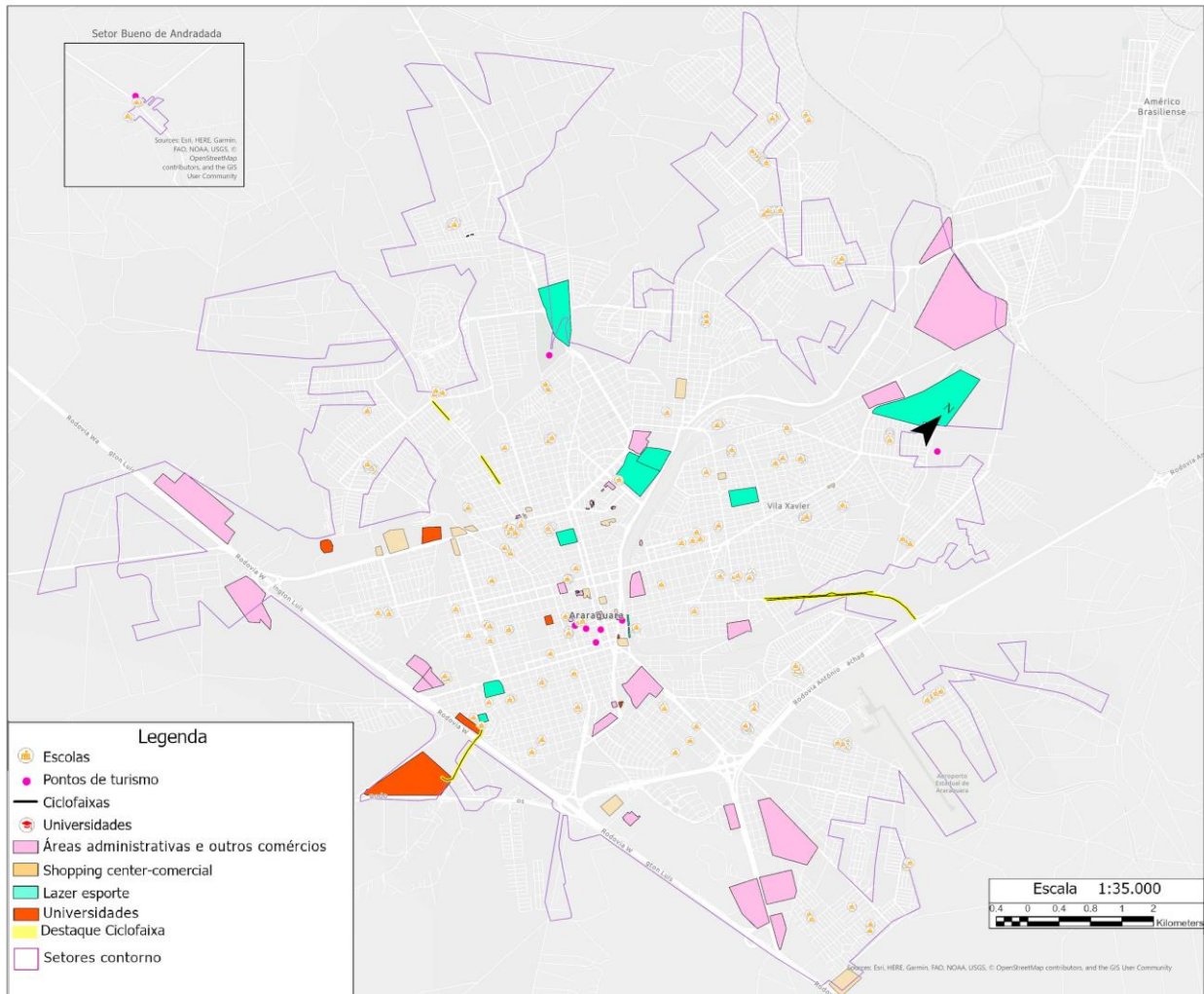
O questionário já foi desenvolvido e encontra-se no (apêndice A).

6.3. Passo 2: Construção dos critérios na base geográfica

Para a estruturação dos dados em uma base geográfica foram coletados os PGV's mais importantes, ou seja, os que causam um impacto na circulação viária e que podem ser polos de atração e geração de viagens de bicicleta.

Para tanto, foram coletados os PGV's dos setores comercial, escolar, esporte e lazer, industrial, industrial/comercial, religioso, residencial, saúde, serviços públicos e universidades. A Figura 19 mostra a distribuição espacial deles, bem como a infraestrutura cicloviária existente na cidade de Araraquara.

Figura 19. Mapa PGV's e infraestrutura cicloviária de Araraquara



Fonte: Autoria própria (2020)

Com relação aos critérios e sua correspondência com os dados SIG ou geográficos, assim como as possíveis ferramentas de análise, os mesmos já foram apresentados no capítulo de Metodologia.

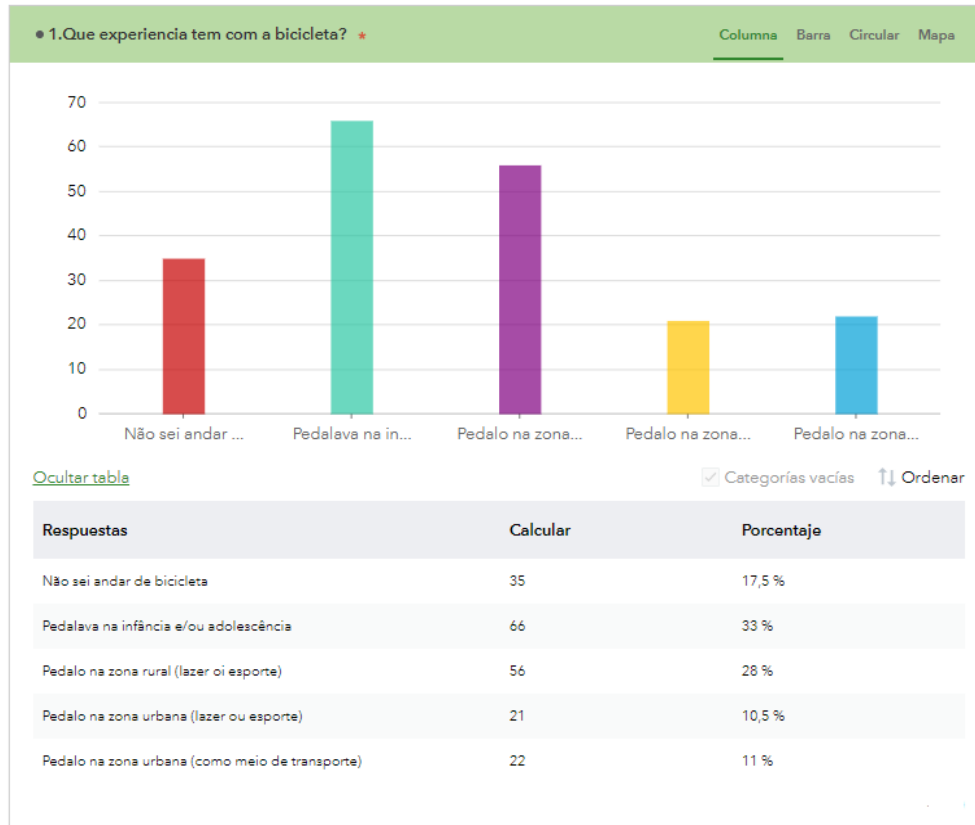
6.4. Passo 3: Aplicação (coleta) do questionário

Após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar, foi realizada a divulgação do *link* do questionário em mídia social (grupos de *Facebook*), através de *e-mail* oficial enviado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) às faculdades UNESP e UNIARA, envio para grupos de *Whatsapp* de ciclismo esportivo da cidade de Araraquara e, finalmente, para pessoas residentes na cidade.

O questionário foi elaborado através da ferramenta tecnológica (*Survey123forArcGIS*), com um texto guia com uma breve descrição do objetivo do questionário e a condição necessária para respondê-lo (local de moradia deveria ser a cidade de Araraquara). Foi disponibilizado entre 19 de setembro de 2020 e 8 de novembro de 2020, obtendo um total de 200 questionários respondidos e cujas análises das repostas são apresentadas a seguir. A razão para obter 200 questionários esteve associada, que se disponibilizo bastante tempo o questionário, e foi divulgado por diversos meios o que levou a fechar com o número anteriormente dito.

No caso da pergunta 1 – “Que experiência tem com a bicicleta?” procurou-se investigar a experiência dos participantes com a bicicleta. Os resultados mostraram que a bicicleta tem uma participação importante dentro da população nas atividades de lazer com 56 respostas para as áreas rurais e 21 respostas para as urbanas. Ainda que a atividade de lazer tenha a maior participação, 22 entrevistados declararam utilizar a bicicleta como meio de transporte, finalmente 66 entrevistados pedalarão na infância e 35 afirmaram não saber pedalar. Os resultados obtidos para esta resposta são apresentados na Figura 20.

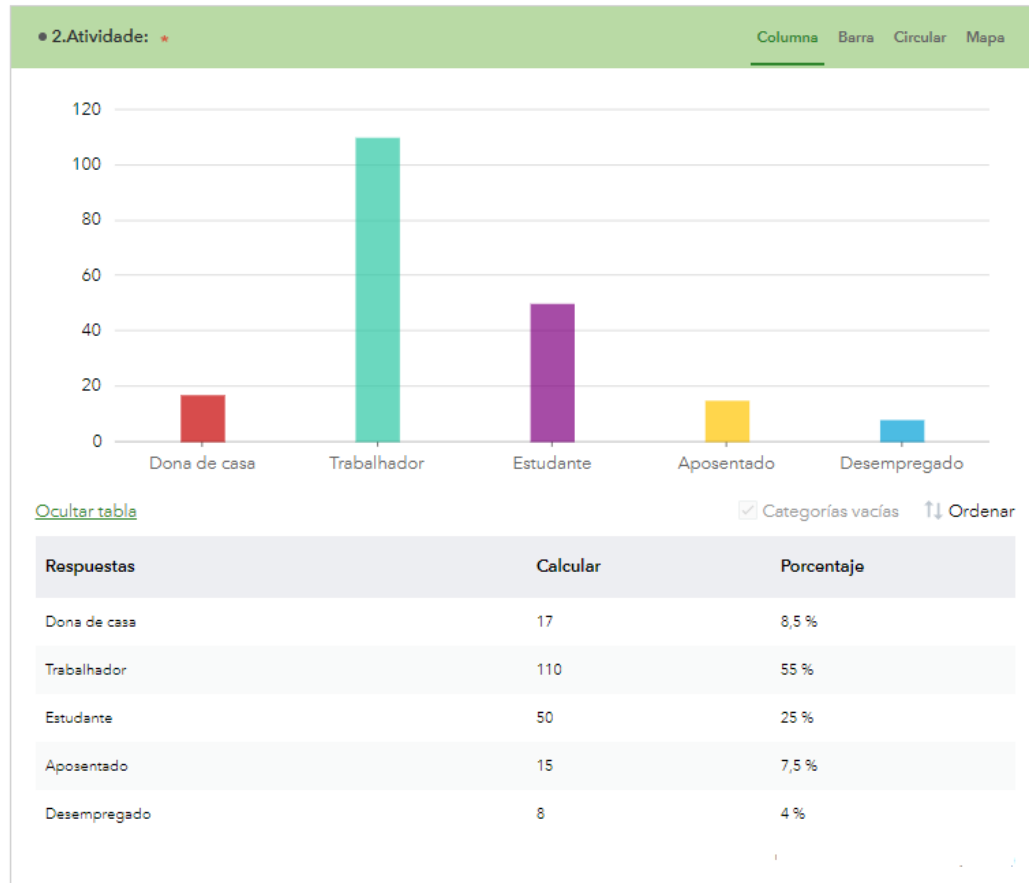
Figura 20. Resultados da pergunta 1 Que experiencia tem com a bicicleta?



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

A nível das características, as atividades desenvolvidas pelas pessoas, foram distribuídas da seguinte forma: os trabalhadores têm a maior participação com 110 respostas, seguido dos estudantes com 50 respostas, as donas de casa com 17 respostas, os aposentados com 15 respostas e finalmente as pessoas que não têm um emprego com 8 respostas, estes resultados são apresentados na Figura 21.

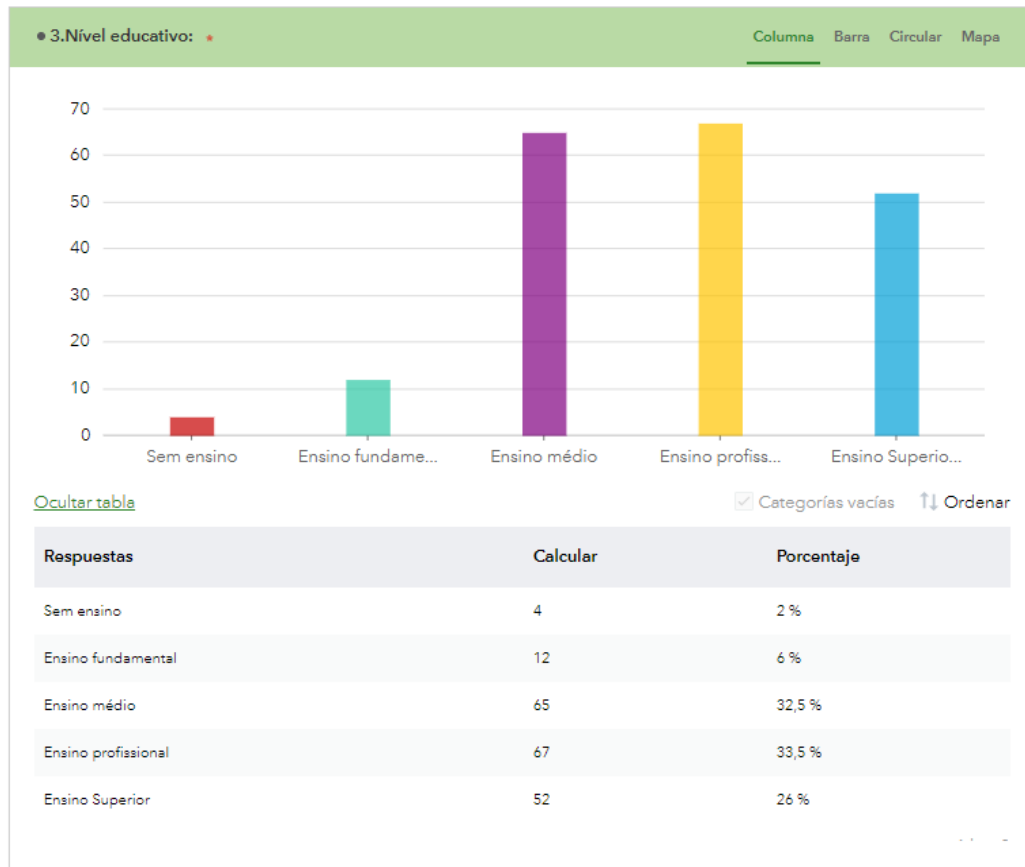
Figura 21. Resultados da pergunta 2 Atividade.



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

No nível educativo se evidencia a presença de pessoas com alguma formação educacional, liderada pelo ensino médio com 65 respostas, o ensino profissional 67 respostas e o ensino superior 52 respostas, seguidos do ensino fundamental com 12 respostas e sem ensino com 4 respostas, como se apresenta na Figura 22.

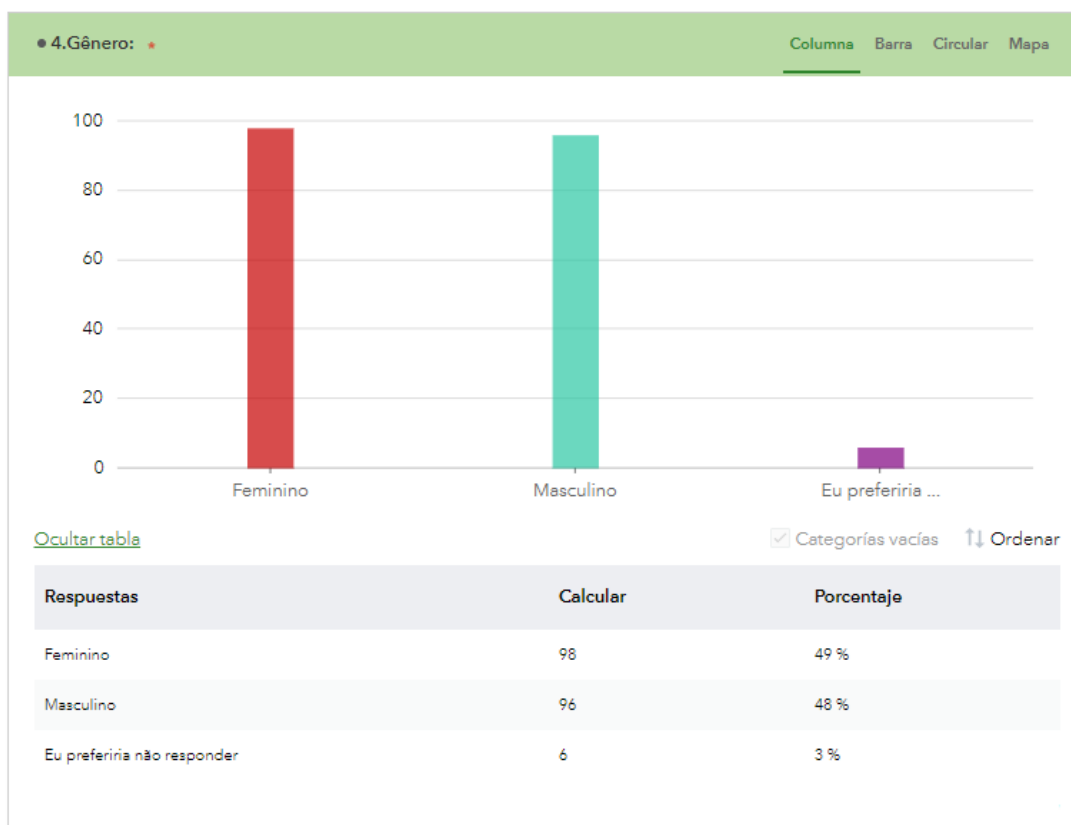
Figura 22. Resultados da pergunta 3 Nível educativo



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

O gênero teve a seguinte distribuição: feminino 98 respostas, masculino 96 respostas e aqueles que preferiram não responder, 6 respostas. Como se apresenta na Figura 23.

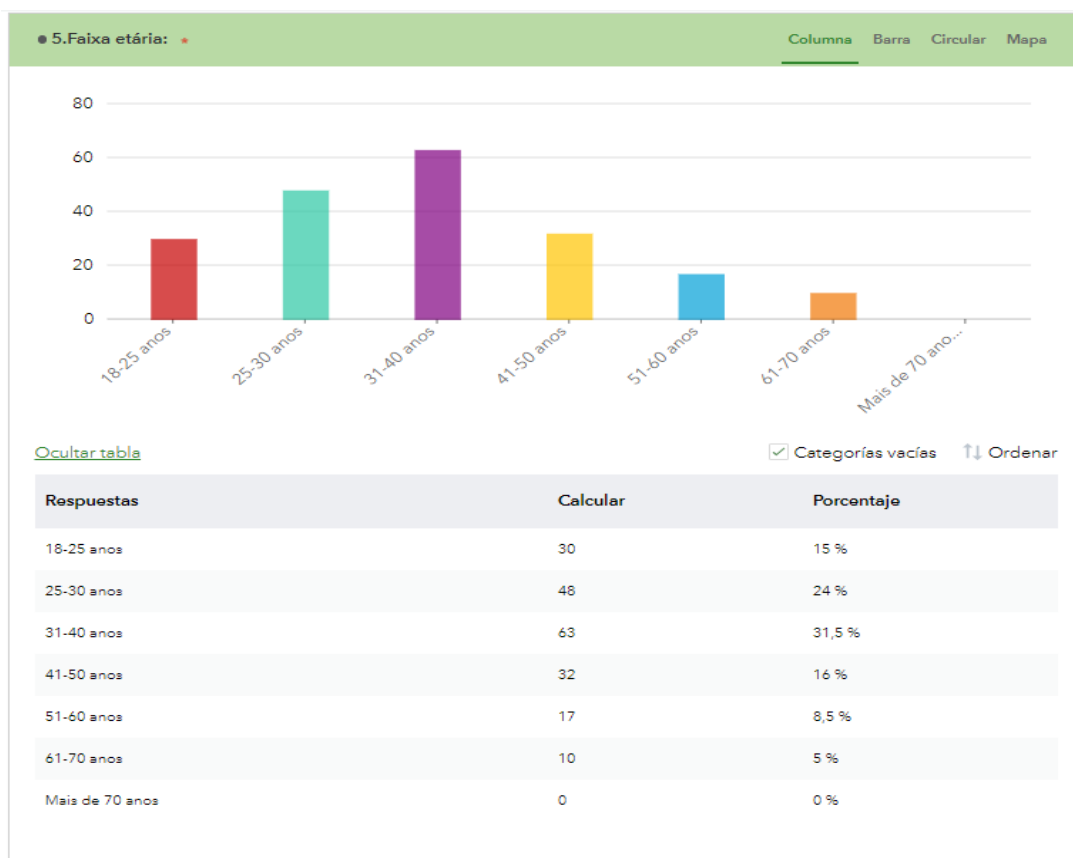
Figura 23. Resultados da pergunta 4 Gênero.



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

Por fim, com relação à faixa etária, a de maior presença foi a compreendida entre 31-40 anos com 63 respostas, seguida do referente à 25-30 anos com 48 respostas, entre 41-50 anos com 32 respostas, entre 18-25 anos com 30 respostas, entre 51-60 anos com 17 respostas e entre 61-70 anos com 10 respostas, dados apresentados na Figura 24.

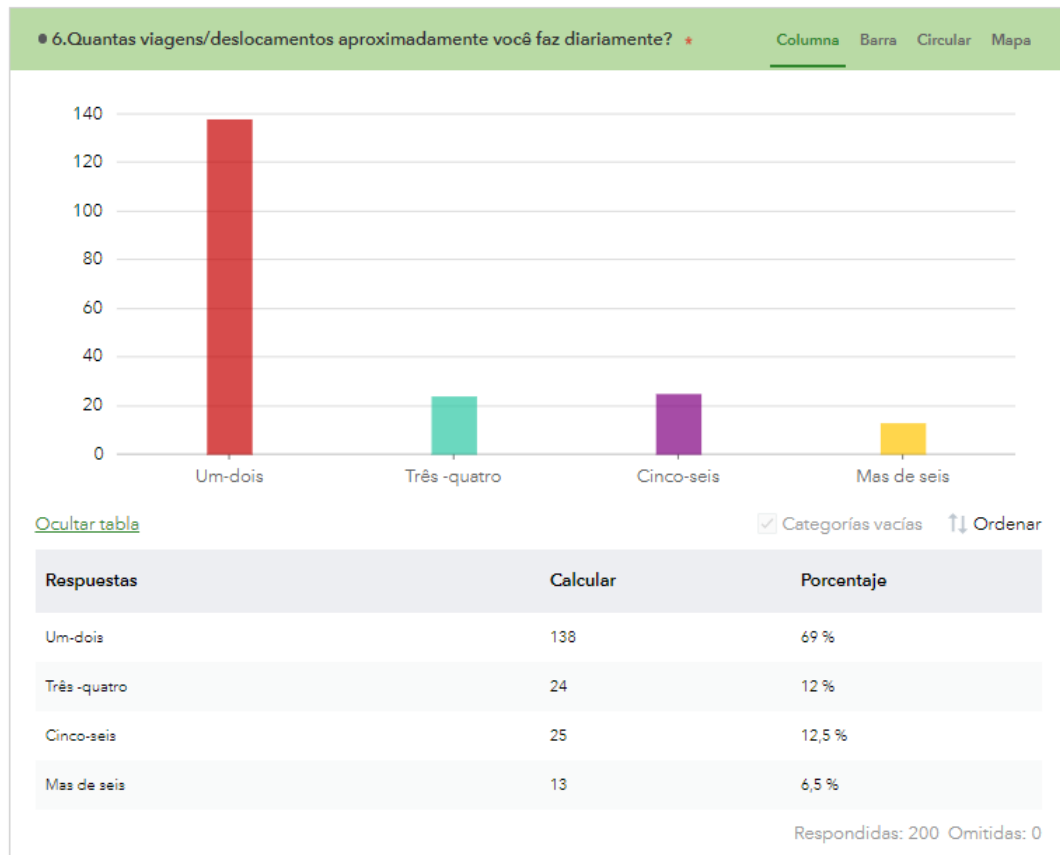
Figura 24. Resultados da pergunta 5 Faixa etária.



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

Com relação às características das viagens, tais como o número de viagens realizadas, modal ou meio utilizado, e o motivo, elas são apresentadas na Figura 25. É importante ressaltar que a maioria das pessoas (138) respondeu que estão realizando entre um-dois viagens, o que pode sugerir que a pandemia está gerando este padrão, levando as pessoas a realizarem um menor número de viagens. As demais opções obtiveram os seguintes valores: cinco-seis viagens, 25 respostas; três-quatro viagens, 24 respostas e mais de seis viagens, 13 respostas.

Figura 25. Resultados da pergunta 6 Quantas viagens/deslocamentos aproximadamente você faz diariamente?



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

O motivo predominante para realizar uma viagem foi “Trabalho” com 98 respostas, apesar da implantação de medidas como o *homeoffice*. No segundo lugar foi declarado “Compras” com 38 respostas, seguido de “Estudo” com 27 respostas e o restante dividido entre os motivos “Lazer”, “Razões Pessoais” e “Outros”, resultados apresentados na Figura 26.

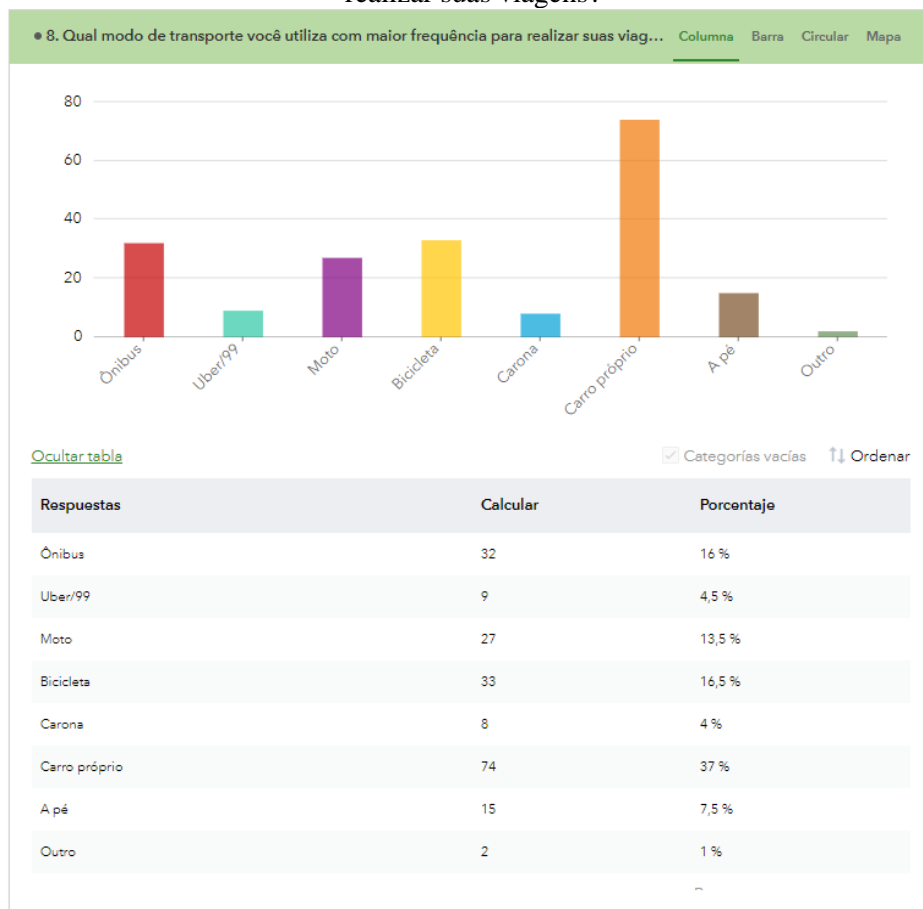
Figura 26. Resultados da pergunta 7 Qual é o motivo principal de suas viagens?



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

Com relação aos modos utilizados, o veículo próprio liderou com 74 respostas, porém ressalta-se a participação da bicicleta com 33 respostas, acima do ônibus com 32 respostas e a moto com 27 respostas. Os modos “A pé”, “Uber/99”, “Carona” e “Outros” foram contabilizados em menor número, resultados apresentados na Figura 27.

Figura 27. Resultados da pergunta 7 Qual modo de transporte você utiliza com maior frequência para realizar suas viagens?



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

Nas perguntas 9-12 se caracteriza o uso do transporte público, quando este foi selecionado como o meio para realizar a viagem, mostrando que este modal é escolhido por motivos econômicos principalmente, além disso, a forma predominante para chegar ao ponto de ônibus é a pé, e finalmente seu não uso se deve ao alto tempo de espera e outras razões.

A pergunta 13 se apresenta uma característica com relação às pessoas que utilizam diretamente a bicicleta como meio de transporte (33 pessoas no total), o tempo que este grupo de pessoas levou utilizando este meio foi o seguinte: 7.5% entre 2-5 anos, 3.5% entre 1-2 anos, 3% entre 5-10 anos e 2.5% menos de 1 ano, apresentam um relacionamento com a bicicleta, o que também gera renda, possibilitando o incremento da economia, como se mostra na Figura 28.

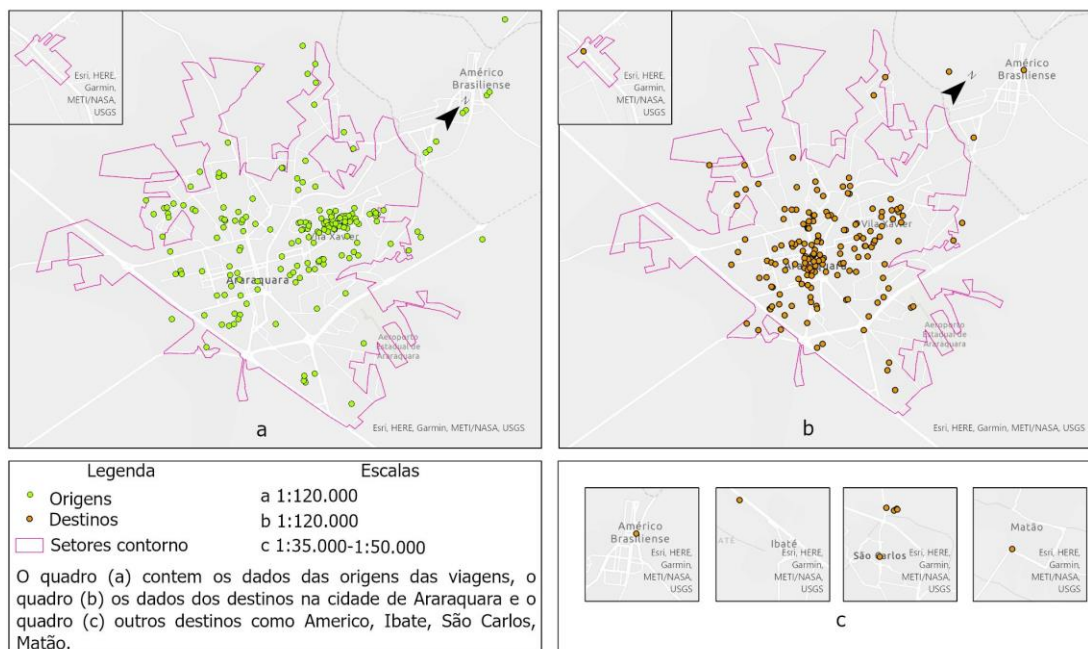
Figura 28. Se você usa a bicicleta como meio de transporte, responda seguinte pergunta. Faz quanto tempo você usa a bicicleta como meio de transporte



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

Além disso se apresenta a localização das origens e destinos das viagens, como se mostra na Figura 29.

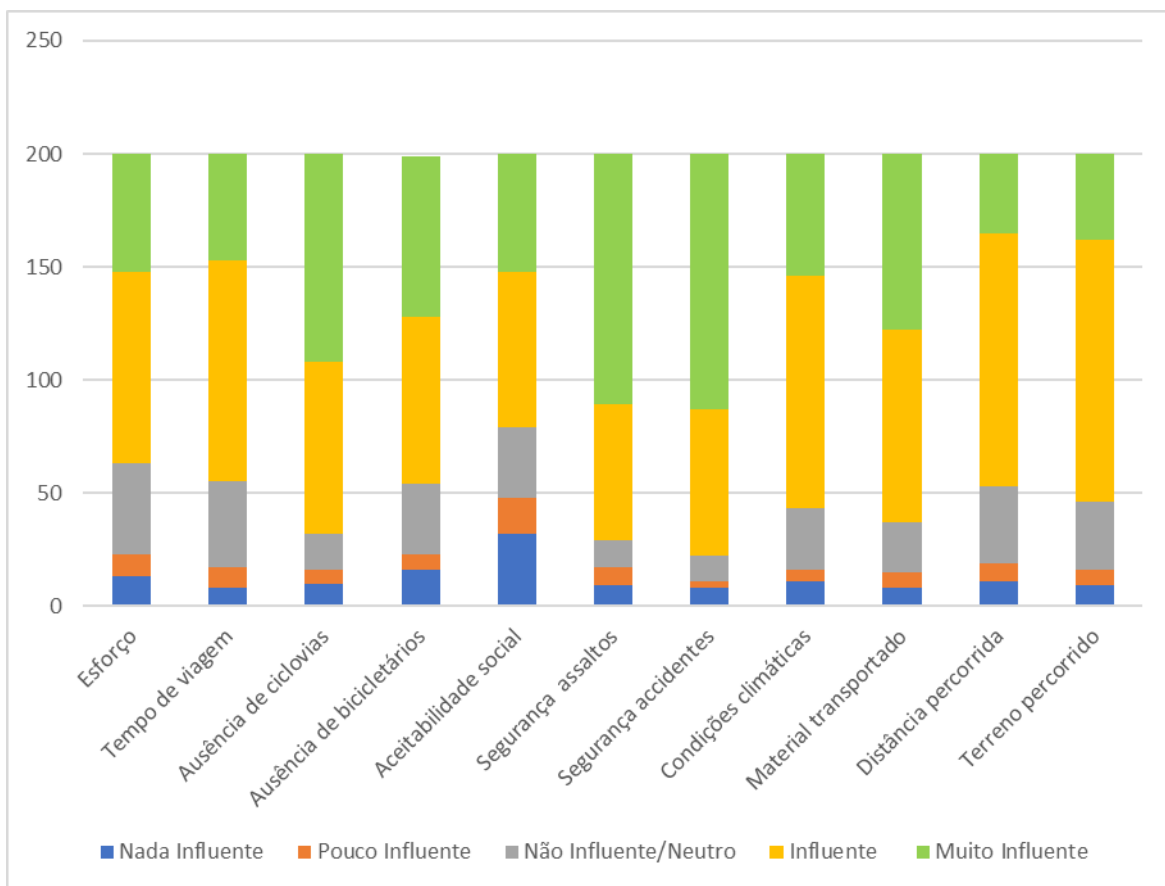
Figura 29. Mapa origens e destinos obtidos do questionário



Fonte: Autoria própria (2020)

Na última parte do questionário se apresentam as preferências com relação ao uso da bicicleta (pergunta 14 do questionário). Nestas preferências fatores de segurança são os de maior relevância para a população e a aceitabilidade social, a de menor relevância. Os demais fatores foram considerados de forma constante. A Figura 30 apresenta com maior detalhe estes dados.

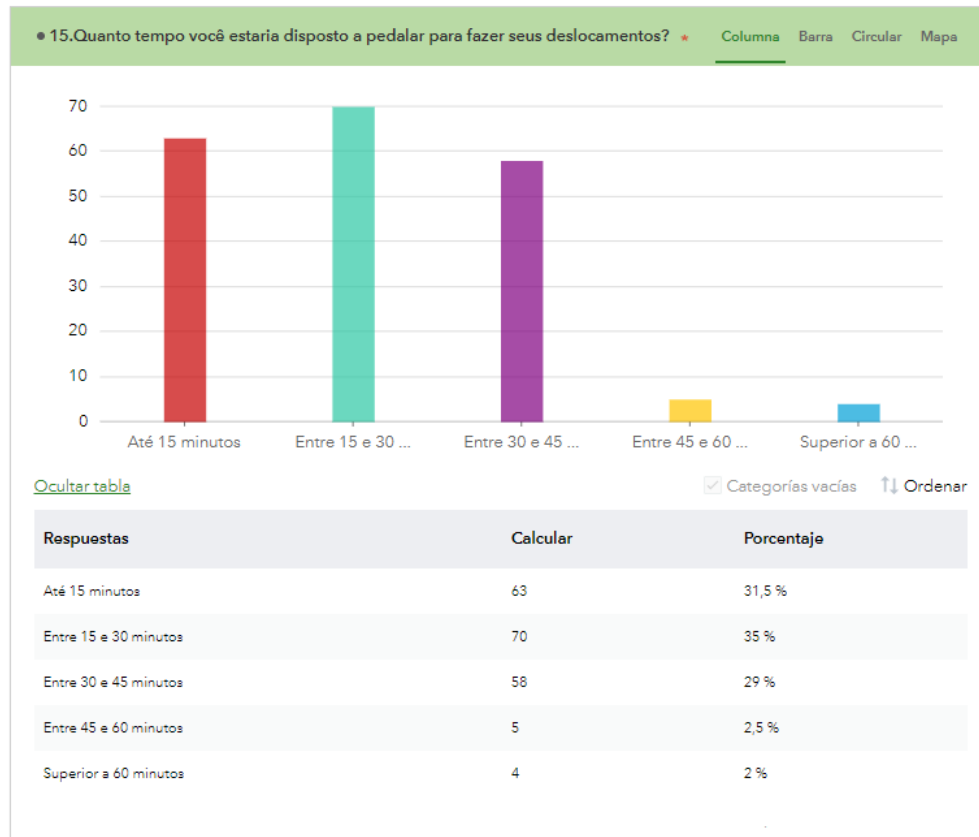
Figura 30. Resultados da pergunta 14 do questionário



Fonte: Autoria própria (2020)

A pergunta 15 mostra o tempo que as pessoas estariam dispostas a pedalar para realizar um deslocamento, como se apresenta na Figura 31.

Figura 31. Resultados da pergunta 15 Quanto tempo você estaria disposto a pedalar para fazer seus deslocamentos?



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

As perguntas 16 e 17 mostram as escolhas relacionadas com o conforto associado à temperatura e declividade, respectivamente, na hora de utilizar um possível sistema de bicicletas compartilhadas. Na Figura 32 e Figura 33 apresentam-se os resultados.

Figura 32. Resultados da pergunta 16 De acordo com os valores de temperatura expostos, você se sentiria mais confortável para deslocar-se em um possível sistema de bicicletas?



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

Figura 33. Resultados da pergunta 17 De acordo com os valores de declividade expostos, você se sentira mais confortável para deslocar-se em um possível sistema de bicicletas?



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

As perguntas 18-20 estão relacionadas com a aceitabilidade do sistema de bicicletas compartilhadas. Na pergunta 18 foi questionado se existia um nível de conhecimento, por parte do entrevistado, sobre o SBC e obteve-se 132 repostas afirmativas, e 68 negativo o que foi um resultado interessante, demonstrando que já existe um nível de referência deste tipo de sistemas, apresenta-se na Figura 34.

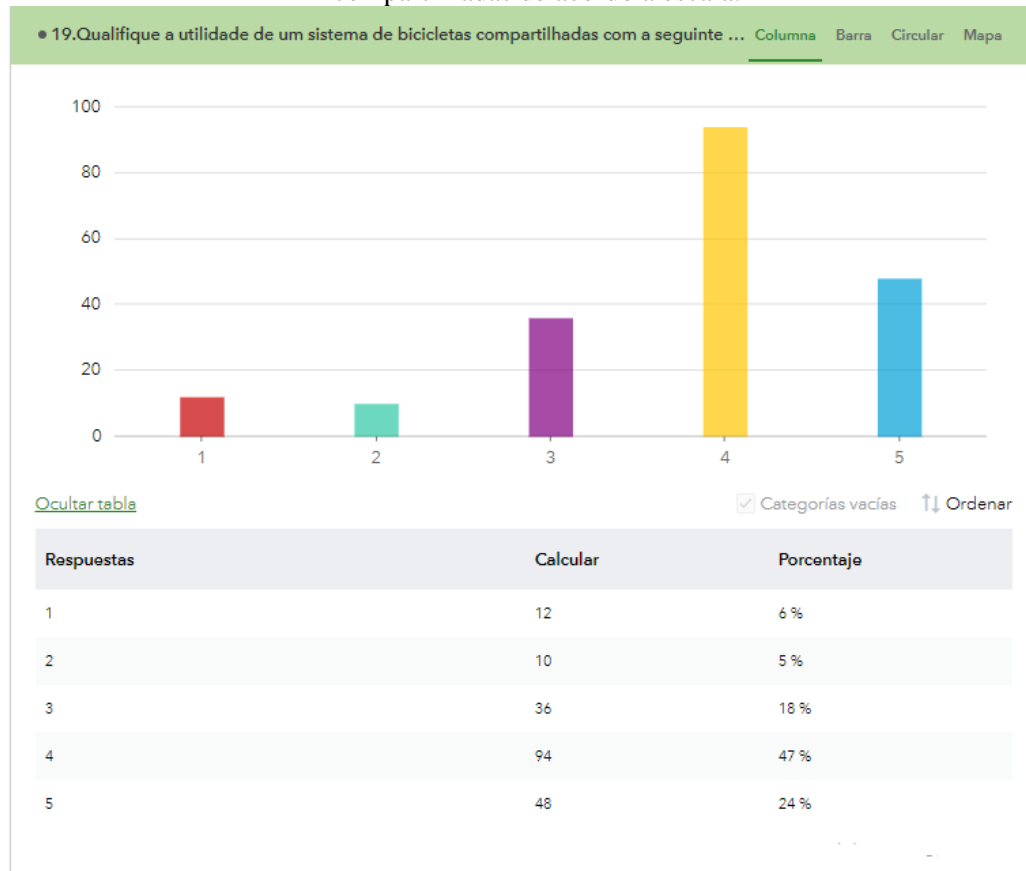
Figura 34. Resultados das perguntas 18 Conhece como é o funcionamento de um sistema de bicicletas públicas compartilhadas?



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

Na pergunta 19 o SBC foi questionado quanto à sua utilidade e obteve-se 151 respostas o classificando como útil e muito útil, o que permite pensar em um fator de sucesso maior na hora de implementar um projeto destas características, apresenta-se na Figura 35.

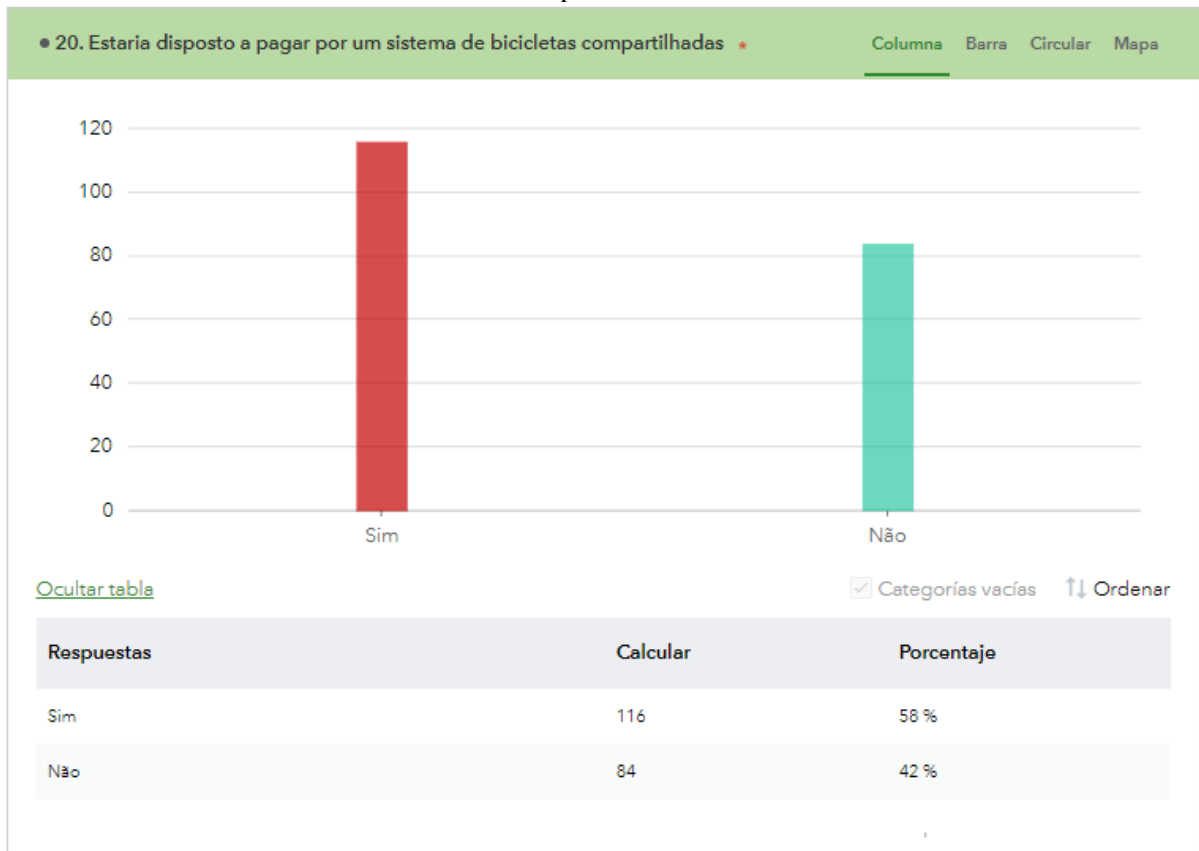
Figura 35. Resultados das perguntas 19 Qualifique a utilidade de um sistema de bicicletas compartilhadas de acordo a escala.



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

Por fim, a pergunta 20 questionou os entrevistados sobre a disposição em pagar por utilizar um possível sistema de bicicletas compartilhadas, obtendo-se 116 respostas positivas, ou seja, que se está disposto a pagar, apresenta-se na Figura 36.

Figura 36. Resultados das perguntas 20 Estaria disposto a pagar por um sistema de bicicletas compartilhadas.



Fonte: Janela de administração *Survey123forArcGIS* (2020)

6.5. Passo 3: Determinação de pesos para cada critério - AHP

Foram realizadas algumas análises geográficas que ajudaram a desenvolver o método AHP com a determinação da matriz de comparação por pares para cada fator e seus respectivos critérios. Esta matriz foi construída na Tabela 15, para os fatores urbanos, e mostra o valor escolhido para cada critério.

Tabela 15. Matriz de comparação por pares para os fatores urbanos.

| Proximidade | Das universidades | Das escolas | Dos centros esportivos e parques | Dos pontos de turismo | Dos shoppings centers | Das áreas administrativas e outros comércios |
|--|-------------------|-------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| Das universidades | 1 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Das escolas | 1/2 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Dos centros esportivos e parques | 1/5 | 1/5 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Dos pontos de turismo | 1/5 | 1/5 | 1/2 | 1 | 2 | 2 |
| Dos shoppings centers | 1/5 | 1/5 | 1/2 | 1/2 | 1 | 2 |
| Das áreas administrativas e outros comércios | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/2 | 1/2 | 1 |

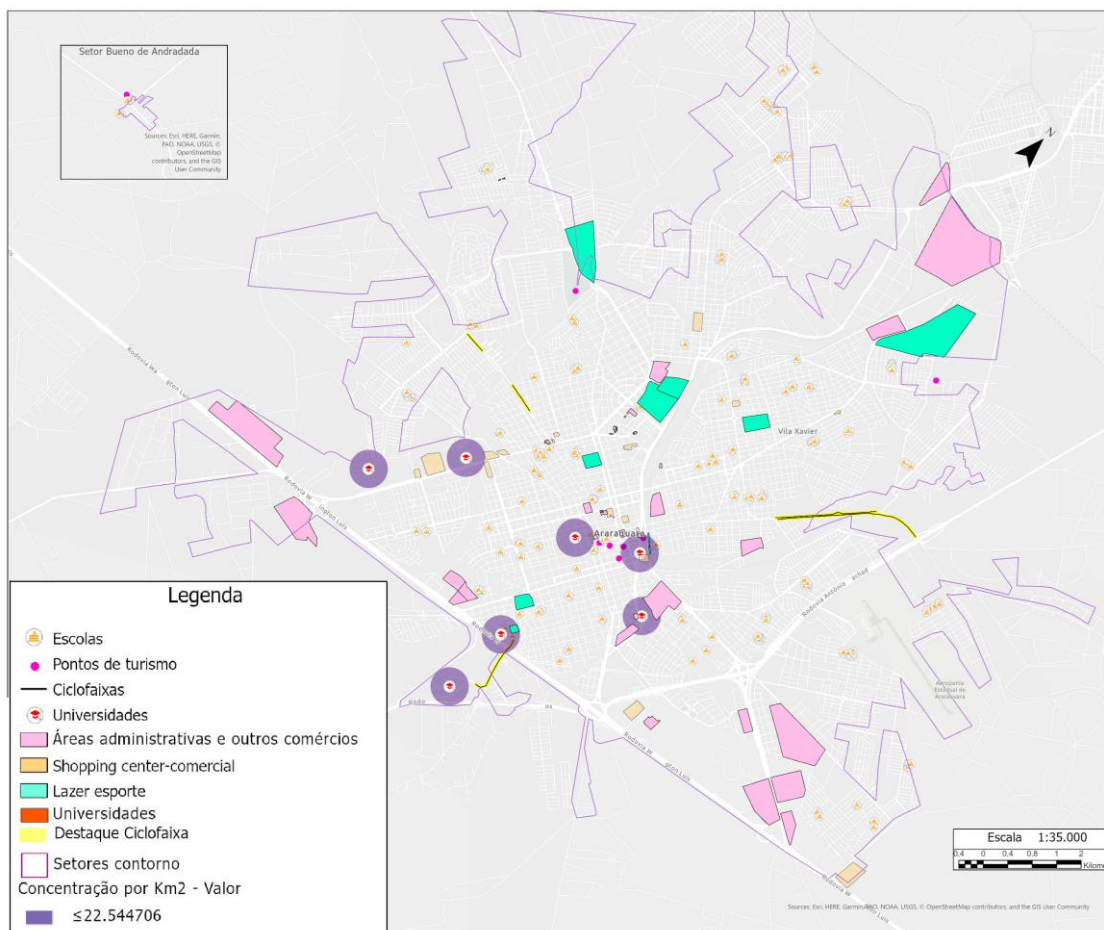
Fonte: Aatoria própria (2020)

O critério de proximidade das universidades, avaliado com relação ao critério proximidade das escolas, obteve um julgamento semelhante, outorgando-lhe um valor de 2, esta escolha se fundamentou na similitude das características destes espaços, como populações jovens, possíveis fluxos altos de viagens, e maior aceitabilidade para o uso da bicicleta.

Quando se comparou o critério proximidade das universidades, com os critérios proximidade dos centros esportivos e parques, proximidade dos pontos de turismo, proximidade dos shoppings centers, e proximidade das áreas administrativas e outros comércios, se determinou que é mais importante as universidades, e se atribuiu um valor de 5. Esta valoração foi associada ao fato de que espaços como as universidades apresentam características como maior fluxo de viagens, e maior aceitabilidade da bicicleta, em contraposição a outros critérios. Estas análises também são confirmadas pelo trabalho de TRAN *et al.* (2015), citado na revisão bibliográfica, que concluiu que estações de bicicleta localizadas perto dos *campi* universitários, têm um uso elevado por parte da população estudantil, especialmente com fluxos concentrados nos horários de pico da manhã e da tarde. Outro autor que fornece esta ideia é a de GHANDEHARI (2013), que concluiu em seu modelo pesos maiores para áreas educativas do que para áreas comerciais, áreas administrativas, e áreas de turismo.

A Figura 37 apresenta a distribuição dos espaços universitários, áreas administrativas e outros comércios, shopping centers, pontos de turismo e áreas de esporte, junto com os trechos cicloviários atuais. Além disso, foi construído um buffer (ou área de concentração) focado especificamente nas universidades mostrando quantas destas instituições se aglomeram em um quilometro quadrado. Deste mapa pode concluir-se que existe pouca interligação entre as ciclofaixas, com exceção da ciclovia da Avenida Alberto Toloi, a única que conecta dois espaços universitários, os quais são o *campus* de Química e o *campus* de Letras pertencentes à Universidade Estadual Paulista - UNESP. Também se destaca que não existe uma ligação com o centro da cidade, que denota um possível desinteresse do governo municipal para construir uma infraestrutura cicloviária.

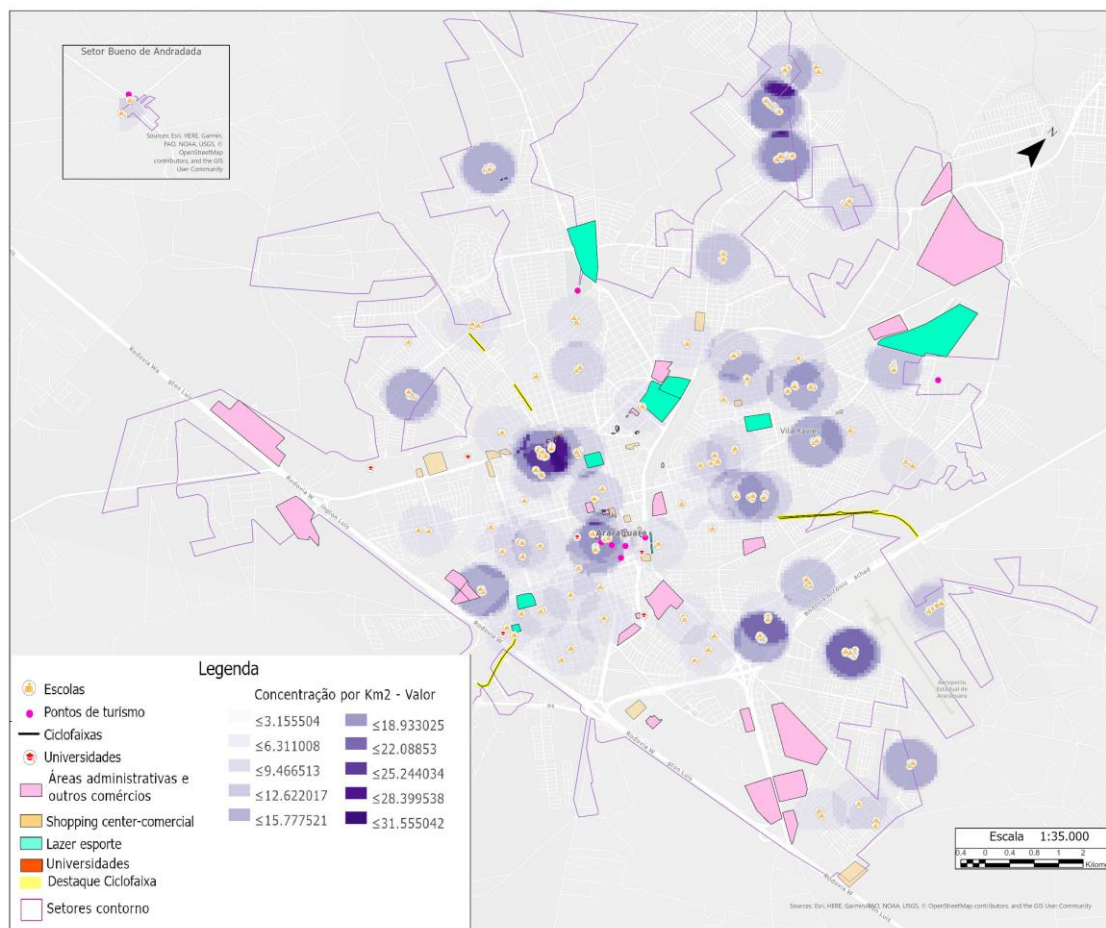
Figura 37. Mapa dos fatores urbanos, concentração por km² das universidades



Fonte: Autoria própria (2020)

Uma relação análoga ocorreu entre o critério proximidade das escolas e os critérios proximidade dos centros esportivos e parques, proximidade dos pontos de turismo, proximidade dos shoppings centers, e proximidade das áreas administrativas e outros comércios. Com base nisso, a proximidade das escolas se apresentou mais importante que os outros quatro critérios, e se atribuiu um valor de 5. Essa valoração se outorga baseada nas análises geográficas apresentadas anteriormente, as quais mostraram maior número de escolas e sua distribuição no território, em contraste aos parques, e dos pontos de turismo, dos shoppings centers, e proximidade das áreas administrativas e outros comércios o que resultaria na possibilidade de maior uso da bicicleta. Novamente cita-se o autor GHANDEHARI (2013), que concluiu em seu modelo pesos maiores para áreas educativas, do que para áreas comerciais, áreas administrativas, e áreas de turismo. A Figura 38 apresenta os fatores urbanos com a concentração por km² para as escolas.

Figura 38. Mapa dos fatores urbanos, concentração por km² para as escolas.



Fonte: Autoria própria (2020)

Comparando os critérios proximidade dos pontos de turismo com proximidade dos shoppings centers, e proximidade das áreas administrativas e outros comércios, se expõe uma relação similar referente às características que se avaliaram, o que permite mostrar que têm julgamentos semelhantes se atribuir um valor de 2. Finalmente a proximidade dos shoppings centers comparadas com as áreas administrativas e outros comércios também foi atribuído um valor 2, assim como um julgamento semelhante.

A Tabela 16 mostra a matriz de comparações para os fatores de transporte urbano, para o critério de proximidade das estações de ônibus ou terminal de integração. No caso de Araraquara este foi definido como o terminal de integração de ônibus e se determinou que é mais importante que os critérios de proximidade da rodoviária e proximidade dos pontos de ônibus com maior número de viagens, atribuindo-lhe um valor 5 devido à concentração de viagens e sua localização perto do centro da cidade, espaço com uma alta oferta de serviços. O terminal de ônibus do

município de Araraquara, apresenta uma situação especial com relação aos transbordos, pois um elevado número destes são realizados neste local, ainda que exista a possibilidade de realizar-se em outras paradas de ônibus. Esta situação tem origem em um comportamento cultural da população, que sente uma sensação de conforto e segurança no espaço do terminal.

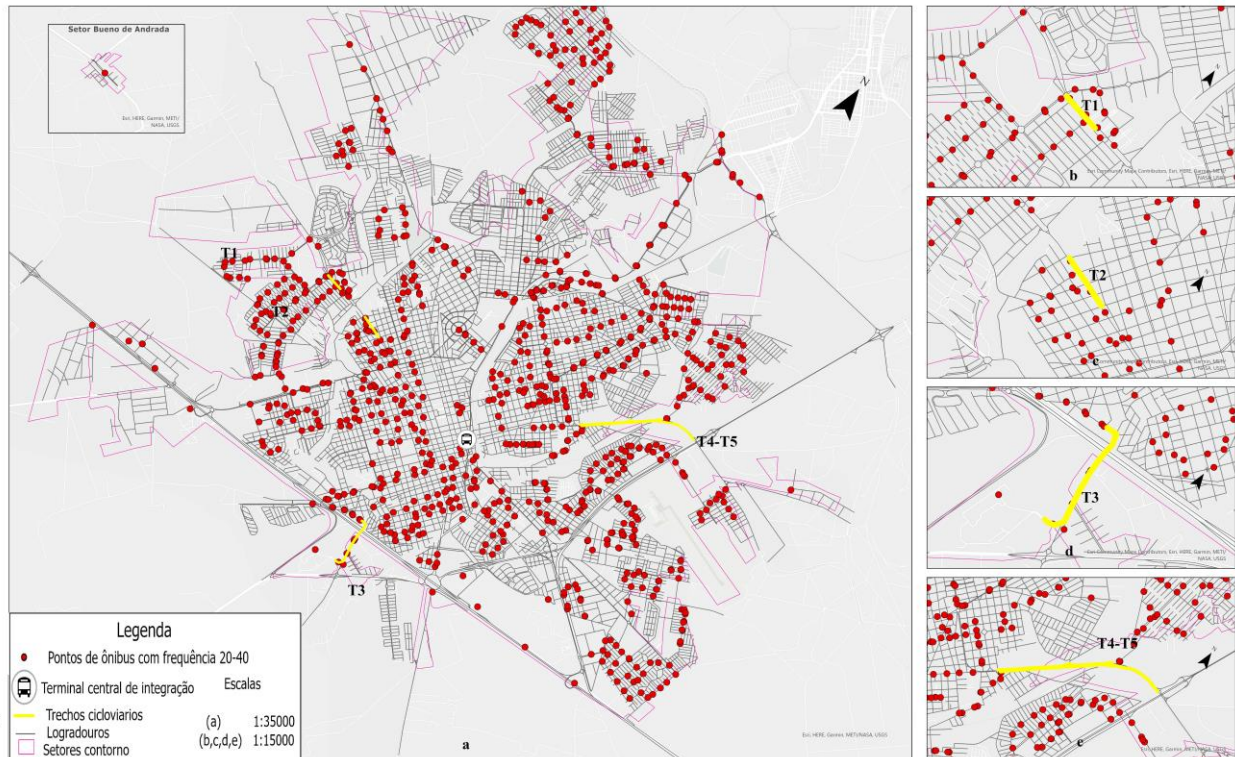
Tabela 16. Matriz de comparação por pares para os fatores de transporte.

| Proximidade | Da rodoviária | Das estações de ônibus | Dos pontos de ônibus com maior número de viagens | Das ciclofaixas atuais e projetadas |
|--|---------------|------------------------|--|-------------------------------------|
| Da rodoviária | 1 | 1/5 | 1/3 | 1/3 |
| Das estações de ônibus | 5 | 1 | 5 | 3 |
| Dos pontos de ônibus com maior número de viagens | 3 | 1/5 | 1 | 1/3 |
| Das ciclofaixas atuais e projetadas | 3 | 1/3 | 3 | 1 |

Fonte: Autoria própria (2020)

Quando se comparam a proximidade das estações de ônibus (terminal) e proximidade das ciclofaixas atuais e projetadas, se outorga um pouco mais de importância para as estações de ônibus do que para as ciclofaixas com um valor de 3, devido à pouca infraestrutura cicloviária que tem o município e à característica da elevada concentração de viagens, nomeada anteriormente. A Figura 39 apresenta a distribuição espacial dos fatores de transporte.

Figura 39. Mapa fatores transporte



Fonte: Autoria própria (2020)

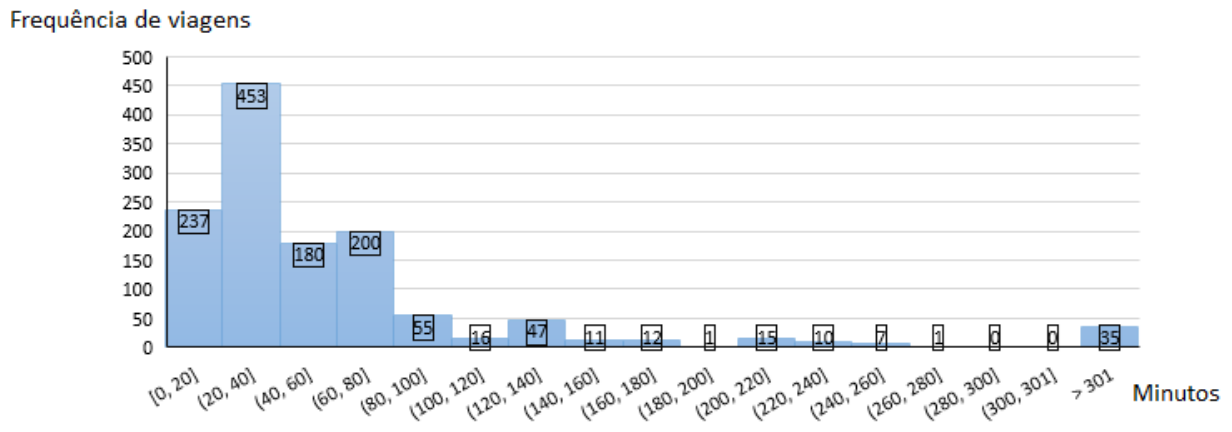
No quadro (a) observa-se o total dos fatores de transporte da cidade de Araraquara, o quadro (b) mostra o trecho ciclovário - T1 da Rua Jose Palomone Lepre e os fatores de transporte para este, quadro (c) mostra o trecho ciclovário - T2 da Rua Armando Salles de Oliveira os fatores de transporte para este, quadro (d) mostra o trecho ciclovário - T3 Avenida Alberto Toloi os fatores de transporte para este e no quadro (f) mostra os trechos ciclovários T4-T5 da Rua Joao Batista Oliveira (Sentido Oeste Leste) e Rua Joao Batista Oliveira (Sentido Leste Oeste) e os fatores de transporte para estes.

Analisando as relações de proximidade da ciclofaixa atual e projetada com a rodoviária e os pontos de ônibus com maior número de viagens, se outorga um pouco mais de importância para a ciclofaixa do que para os outros dois critérios, outorgando-lhe um valor de 3. Ainda que a infraestrutura ciclovária deveria ter uma maior importância, suas características atuais como pouca extensão e conectividade, faz com que seja avaliada com este valor.

Com base em dados de linhas e frequências de ônibus na faixa horaria das 5h às 22h e disponibilizados pela Controladoria do Transporte de Araraquara (CTA) e NOVOCARD (2020), realizou-se o histograma (Figura 40). As concentrações dos pontos de ônibus com frequências de

viagens foram representadas no eixo X, e no eixo Y os pontos que se encontram nessa frequência de viagens. O intervalo entre 20-40 minutos concentrou 453 pontos de ônibus de um total de 1300.

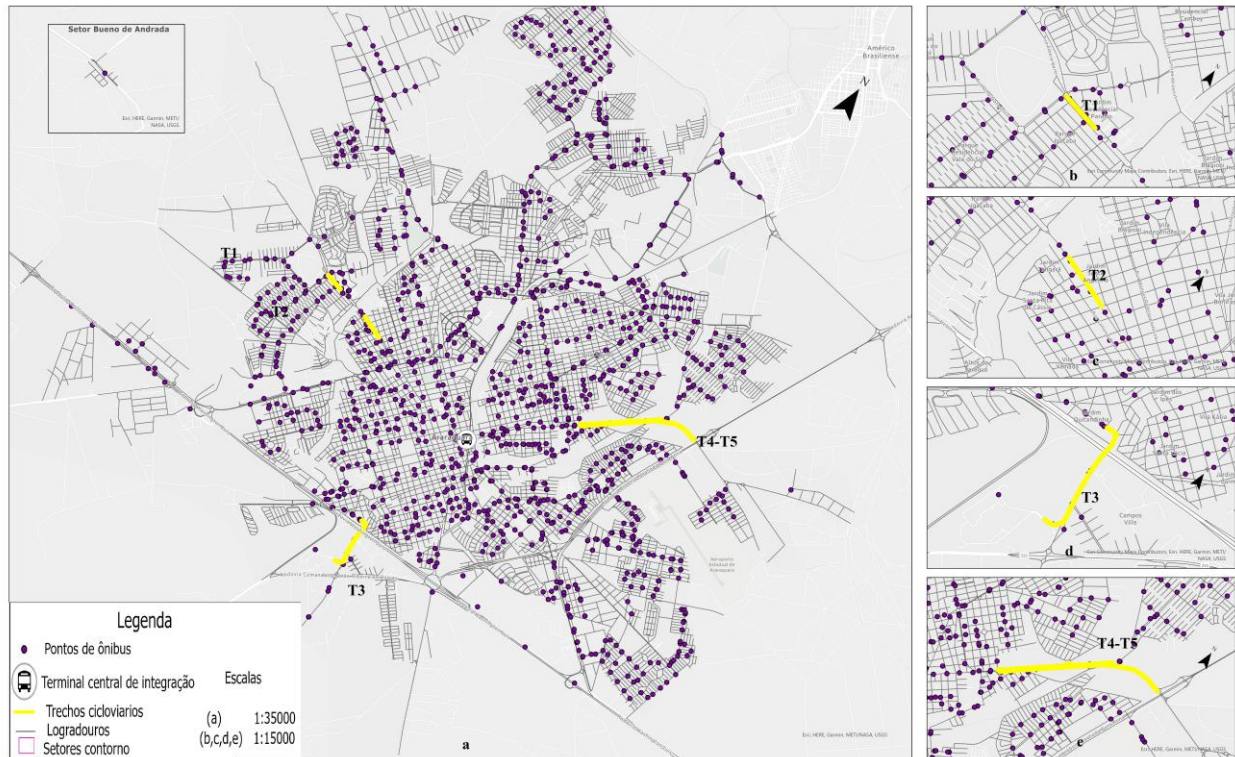
Figura 40. Histograma da frequência dos pontos de ônibus



Fonte: Autoria própria (2020)

Uma das razões para tal pode ser a característica do sistema de transporte coletivo de Araraquara, essencialmente diametral ligando os bairros através do centro da cidade utilizando os corredores principais, o que diminui a frequência das viagens. A localização espacial dos 453 pontos é apresentada na Figura 41. Vale destacar que o elemento de segurança por temas de roubos associado ao horário não foi considerado, pois não se tinham dados exatos sobre roubos aos usuários da bicicleta.

Figura 41. Mapa Pontos de ônibus com maior número de viagens associado à frequência diária de linhas



Fonte: Autoria própria (2020)

No quadro (a) observa-se o total dos pontos de ônibus com frequências entre 20-40 minutos para a cidade de Araraquara, o quadro (b) mostra os pontos perto do trecho cicloviário - T1 da Rua Jose Palomone Lepre, quadro (c) mostra os pontos perto do trecho cicloviário - T2 da Rua Armando Salles de Oliveira, quadro (d) mostra os pontos perto do trecho cicloviário - T3 Avenida Alberto Tolo e no quadro (f) mostra os pontos perto dos trechos cicloviários T4-T5 da Rua Joao Batista Oliveira (Sentido Oeste Leste) e Rua Joao Batista Oliveira (Sentido Leste Oeste).

Por último a Tabela 17, apresenta a matriz de comparação por pares, com os valores escolhidos para os fatores de caracterização dos usuários, sendo mais próximas as relações entre todos os critérios. Por exemplo, o critério de população dos setores de IBGE, comparado com os critérios declividade, temperatura e caracterização do usuário (questionário), têm julgamentos semelhantes, atribuindo-lhe um valor de 2, já que as características propostas para cada um destes critérios podem limitar a utilização dos sistemas de bicicletas, quase no mesmo nível, tal como descrito por (CADURIN, 2016).

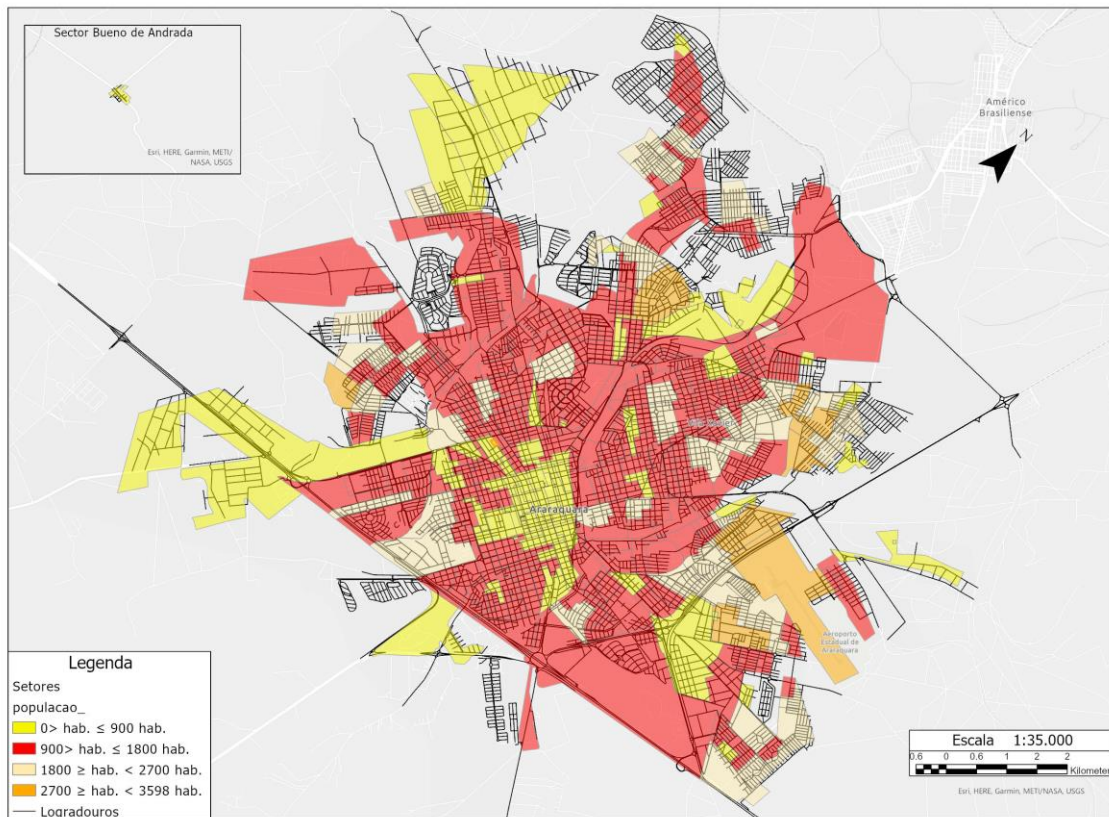
Tabela 17. Matriz de comparação por pares para os fatores caracterização do usuário.

| Proximidade | População dos setores do IBGE | Declividade | Temperatura | Caracterização do usuário (*Utilidade questionário) |
|---|-------------------------------|-------------|-------------|---|
| População dos setores do IBGE | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Declividade | 1/2 | 1 | 3 | 3 |
| Temperatura | 1/2 | 1/3 | 1 | 2 |
| Caracterização do usuário (*Utilidade questionário) | 1/2 | 1/3 | 1/2 | 1 |

Fonte: Autoria própria (2020)

A distribuição espacial da população presente nos setores censitários do IBGE é apresentada na Figura 42.

Figura 42. Mapa setores censitários e população IBGE

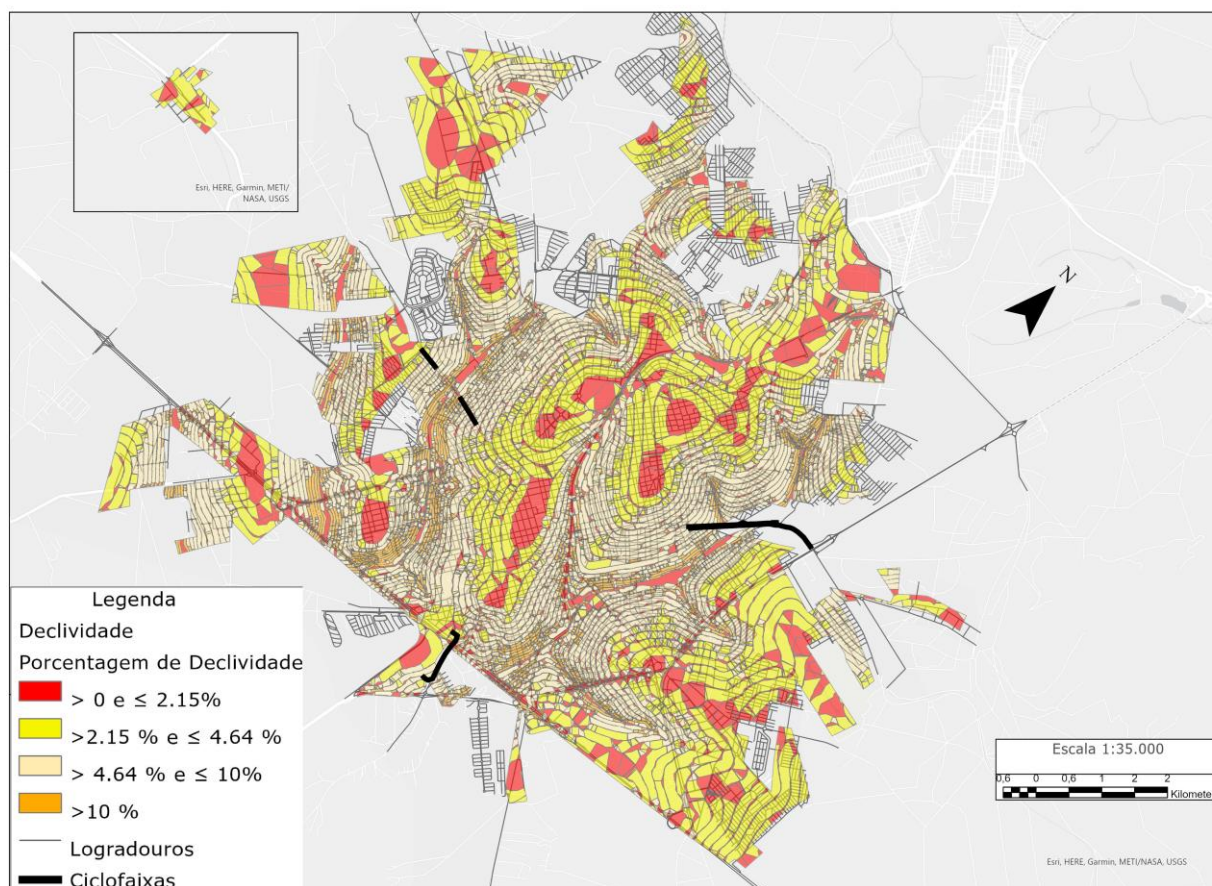


Fonte: Autoria própria (2020)

Para o critério de declividade (Figura 43), comparado com os critérios de temperatura, e caracterização do usuário (questionário), se outorga um pouco mais de importância para a

declividade do que para os outros dois critérios, com um valor de 3. Esta escolha, se fundamenta na ideia de que o elemento topográfico, afeta o uso da bicicleta em relação ao esforço que deve realizar o usuário. O trabalho desenvolvido por BARBAREAN (2017) mostrou que os usuários de sistemas de bicicleta ainda estão se familiarizando com seu uso, e por esta razão preferem inclinações menores.

Figura 43. Modelo TIN de elevação, construído a partir das curvas de nível



Fonte: Autoria própria (2020)

Finalmente existe uma relação direta entre temperatura e caracterização do usuário (questionário), razão pela qual foi atribuído o valor 2.

Para ressaltar os critérios aqui descritos, devem ser complementados com outro elemento metodológico formulado, que é a aplicação do questionário, este permitiu realmente conhecer qual critério influi mais para o possível público-alvo no uso da bicicleta.

Dando prosseguimento à aplicação do método AHP, a seguir se apresentam as matrizes de comparação por pares com qualificação numérica para cada um dos fatores e a qualificação total para cada critério. Na Tabela 18 tem-se a matriz referente aos fatores urbanos.

Tabela 18. Matriz de comparação por pares com qualificação numérica para os fatores urbanos

| Proximidade | Das universidades | Das escolas | Dos centros esportivos e parques | Dos pontos de turismo | Dos shoppings centers | Das áreas administrativas e outros comércios |
|--|-------------------|-------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| Das universidades | 1.0 | 2.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Das escolas | 0.5 | 1.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Dos centros esportivos e parques | 0.2 | 0.2 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Dos pontos de turismo | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 2.0 |
| Dos shoppings centers | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 2.0 |
| Das áreas administrativas e outros comércios | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1.0 |
| Total | 2.30 | 3.80 | 12.50 | 14.00 | 15.50 | 17.00 |

Fonte: Autoria própria (2020)

Na Tabela 19 tem-se a matriz referente aos fatores de transporte.

Tabela 19: Matriz de comparação por pares com qualificação para os fatores de transporte

| Proximidade | Da rodoviária | Das estações de ônibus | Dos pontos de ônibus com maior número de viagens | Das ciclofaixas atuais e projetadas |
|--|---------------|------------------------|--|-------------------------------------|
| Da rodoviária | 1 | 0.20 | 0.33 | 0.33 |
| Das estações de ônibus | 5 | 1 | 5 | 3 |
| Dos pontos de ônibus com maior número de viagens | 3 | 0.20 | 1 | 0.33 |
| Das ciclofaixas atuais e projetadas | 3 | 0.33 | 3 | 1 |
| Total | 12 | 1.73 | 9.33 | 4.66 |

Fonte: (Autoria própria, 2019)

Na Tabela 20 a matriz referente aos fatores caracterização do usuário.

Tabela 20. Matriz de comparação por pares com qualificação para os fatores caracterização do usuário

| Proximidade | População dos setores do IBGE | Declividade | Temperatura | Caracterização do usuário (*Utilidade questionário) |
|---|-------------------------------|-------------|-------------|---|
| População dos setores do IBGE | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Declividade | 0.50 | 1 | 3 | 3 |
| Temperatura | 0.50 | 0.33 | 1 | 2 |
| Caracterização do usuário (*Utilidade questionário) | 0.50 | 0.33 | 0.50 | 1 |
| Total | 2.50 | 3.67 | 6.50 | 8 |

Fonte: Autoria própria (2020)

De acordo com a metodologia AHP, o cálculo do vetor de pesos dos critérios da matriz de comparação por pares com qualificação, proporciona a ponderação de cada um dos critérios. Ou seja, os componentes do vetor de pesos dos critérios da matriz apresentam as pesagens que têm cada um dos critérios sobre a tomada da decisão final. Para calcular o vetor de pesos dos critérios de uma matriz, é necessário gerar a matriz normalizada de comparação por pares, a qual obtém-se dividindo cada valor de cada uma das colunas pela soma total da coluna. Na Tabela 21 se apresenta a matriz normalizada para os fatores urbanos.

Tabela 21. Matriz normalizada de comparação por pares para os fatores urbanos

| | Das universidades | Das escolas | Dos centros esportivos e parques | Dos pontos de turismo | Dos shoppings centers | Das áreas administrativas e outros comércios |
|--|-------------------|-------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| Das universidades | 0.43 | 0.53 | 0.40 | 0.36 | 0.32 | 0.29 |
| Das escolas | 0.22 | 0.26 | 0.40 | 0.36 | 0.32 | 0.29 |
| Dos centros esportivos e parques | 0.09 | 0.05 | 0.08 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| Dos pontos de turismo | 0.09 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.13 | 0.12 |
| Dos shoppings centers | 0.09 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.06 | 0.12 |
| Das áreas administrativas e outros comércios | 0.09 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.06 |

Fonte: Autoria própria (2020)

A Tabela 22 apresenta a matriz normalizada para os fatores de transporte.

Tabela 22. Matriz normalizada de comparação por pares para os fatores de transporte

| | Da rodoviária | Das estações de ônibus | Dos pontos de ônibus com maior número de viagens | Das ciclofaixas atuais e projetadas |
|--|---------------|------------------------|--|-------------------------------------|
| Da rodoviária | 0.08 | 0.12 | 0.04 | 0.07 |
| Das estações de ônibus | 0.42 | 0.58 | 0.54 | 0.64 |
| Dos pontos de ônibus com maior número de viagens | 0.25 | 0.12 | 0.11 | 0.07 |
| Das ciclofaixas atuais e projetadas | 0.25 | 0.19 | 0.32 | 0.21 |

Fonte: Autoria própria (2020)

A Tabela 23 apresenta matriz normalizada para os fatores caracterização do usuário.

Tabela 23. Matriz normalizada de comparação por pares para os fatores caracterização do usuário

| | População dos setores do IBGE | Declividade | Temperatura | Caracterização do usuário (*Utilidade questionário) |
|---|-------------------------------|-------------|-------------|---|
| População dos setores do IBGE | 0.40 | 0.55 | 0.31 | 0.25 |
| Declividade | 0.20 | 0.27 | 0.46 | 0.38 |
| Temperatura | 0.20 | 0.09 | 0.15 | 0.25 |
| Caracterização do usuário (*Utilidade questionário) | 0.20 | 0.09 | 0.08 | 0.13 |

Fonte: Autoria própria (2020)

Depois de calcular a matriz normalizada de comparação por pares, se procedeu à geração do vetor de pesos dos critérios de cada um dos fatores. Tal vetor foi utilizado como o fator de peso para cada cobertura *raster* na elaboração dos mapas com a ferramenta álgebra de mapas. A Tabela 24 apresenta vetor de pesos dos critérios dos fatores urbanos.

Tabela 24. Vetor de pesos dos critérios para os fatores urbanos

| Critério | Ponderação | Porcentagem |
|--|-------------------|--------------------|
| Proximidade das universidades | 0.39 | 39% |
| Proximidade das escolas | 0.31 | 31% |
| Proximidade dos centros esportivos e parques | 0.10 | 10% |
| Proximidades dos pontos do turismo | 0.08 | 8% |
| Proximidades dos shoppings centers | 0.07 | 7% |
| Proximidade das áreas administrativas e outros comércios | 0.05 | 5% |
| Total | 1.00 | 100% |

Fonte: Autoria própria (2020)

A Tabela 25 apresenta vetor de pesos dos critérios dos fatores de transporte.

Tabela 25. Vetor de pesos dos critérios para os fatores de transporte

| Critério | Ponderação | Porcentagem |
|--|-------------------|--------------------|
| Proximidade da rodoviária | 0.08 | 8% |
| Proximidade das estações de ônibus | 0.54 | 54% |
| Proximidade dos pontos de ônibus com maior número de viagens | 0.14 | 14% |
| Proximidades das ciclofaixas atuais e projetadas | 0.24 | 24% |
| Total | 1.00 | 100% |

Fonte: Autoria própria (2020)

A Tabela 26 apresenta o vetor de pesos dos critérios para os fatores caracterização do usuário.

Tabela 26. Vetor de pesos dos critérios para os fatores caracterização do usuário

| Critério | Ponderação | Porcentagem |
|--|-------------------|--------------------|
| População dos setores do IBGE | 0.38 | 38% |
| Declividade | 0.33 | 33% |
| Temperatura | 0.17 | 17% |
| Caracterização do usuário (questionário) | 0.12 | 12% |
| Total | 1.00 | 100% |

Fonte: Autoria própria (2020)

Depois de obter a ponderação de cada uma das variáveis, foi necessário realizar uma validação dos resultados obtidos. SAATY (1980), dentro da metodologia AHP, propõe um cálculo da razão de consistência (RC), o qual determina se os resultados obtidos no vetor critério são adequados ou se devem fazer ajustes na matriz de comparação por pares, para otimizar os resultados. De acordo com a metodologia AHP, o (RC) deve ser inferior ou igual a 0,1. Se o resultado for maior, os valores da matriz de comparação por pares devem ser reconsiderados e modificados.

Primeiro foi necessário calcular o λ_{max} autovalor máximo, o qual foi calculado pela multiplicação da matriz de pesos dos critérios pelo vetor coluna de prioridades. A Tabela 27 apresenta o cálculo do autovalor máximo insumo para o RC referente aos fatores urbanos.

Tabela 27. Autovalor máximo insumo para o IC - fatores urbanos

| Pesos dos critérios | | Total | Pesos dos critérios*total |
|--|------|----------|---------------------------|
| Das universidades | 0.39 | 2.30 | 0.90 |
| Das escolas | 0.31 | 3.80 | 1.17 |
| Dos centros esportivos e parques | 0.10 | 12.50 | 1.27 |
| Dos pontos de turismo | 0.08 | 14.00 | 1.16 |
| Dos shoppings centers | 0.07 | 15.50 | 1.03 |
| Das áreas administrativas e outros comércios | 0.05 | 17.00 | 0.88 |
| | | Σ | 6.41 |

Fonte: Aatoria própria (2020)

A Tabela 28 apresenta o cálculo do autovalor máximo insumo para o IC referente aos fatores de transporte.

Tabela 28. Autovalor máximo insumo para o IC - fatores de transporte

| Pesos dos critérios | | Total | Pesos dos critérios*total |
|--|------|----------|---------------------------|
| Da rodoviária | 0.08 | 12.00 | 0.92 |
| Das estações de ônibus | 0.54 | 1.73 | 0.94 |
| Dos pontos de ônibus com maior número de viagens | 0.14 | 9.33 | 1.27 |
| Das ciclofaixas atuais e projetadas | 0.24 | 4.67 | 1.14 |
| | | Σ | 4.27 |

Fonte: Aatoria própria (2020)

A Tabela 29 apresenta o cálculo do autovalor máximo insumo para o IC referente aos fatores de caracterização do usuário.

Tabela 29. Autovalor máximo insumo para o IC - fatores caracterização do usuário

| Pesos dos critérios | | Total | Pesos dos critérios*total |
|--|------|----------|---------------------------|
| População dos setores do IBGE | 0.38 | 2.50 | 0.94 |
| Declividade | 0.33 | 3.67 | 1.20 |
| Temperatura | 0.17 | 6.50 | 1.13 |
| Caracterização do usuário (questionário) | 0.12 | 8.00 | 0.99 |
| | | Σ | 4.25 |

Fonte: Autoria própria (2020).

Com o autovalor máximo calculado, calculou-se o (IC) insumo para o (RC), para cada fator, conforme apresentado na Tabela 30.

Tabela 30. Índice de consistência para cada fator

| Fatores | N | (IC) |
|-----------------------------------|---|--------|
| Fatores urbanos | 6 | 0.0822 |
| Fatores de transporte urbano | 4 | 0.0897 |
| Fatores caracterização do usuário | 4 | 0.0848 |

Fonte: Autoria própria (2020)

Finalmente o método AHP permitiu avaliar a coerência dos fatores com a razão de consistência (RC), que se calcula da seguinte forma Tabela 31.

Tabela 31. Razão de consistência para cada fator

| Fatores | N | RI (tabelado) | (RC)= IC *RI |
|-----------------------------------|---|---------------|--------------|
| Fatores urbanos | 6 | 1.24 | 0.101 |
| Fatores de transporte urbano | 4 | 0.9 | 0.08 |
| Fatores caracterização do usuário | 4 | 0.9 | 0.07 |

Fonte: Autoria própria (2020)

Para cada um dos fatores, os valores dos (RC) foram inferiores ou iguais à 0,1. Determina-se como aceitáveis os valores obtidos e são validados os resultados da análise matricial e do vetor critério, que se convertem nas variáveis geográficas para usar na álgebra de mapas.

6.6. Passo 3: Geração de mapas e classificação de informação-SIG

Para a geração dos mapas previamente foi necessário estruturar ou criar informação geográfica, a qual foi obtida das seguintes fontes: prefeitura municipal, dados coletados em campo (as ciclofaixas), criação de forma manual (pontos de turismo), e informação pertencente ao questionário. Os resultados das análises geográficas (coberturas *raster*) têm o sistema de referência *SIRGAS 2000 UTM Zone 22S* e seu modelamento e análises espaciais foi realizado no software *ArcGIS Pro*. Os procedimentos desenvolvidos em cada cobertura para a construção dos critérios de forma geográfica são resumidos na Tabela 32.

Tabela 32. Resumo das coberturas e análises realizadas para cada um dos critérios

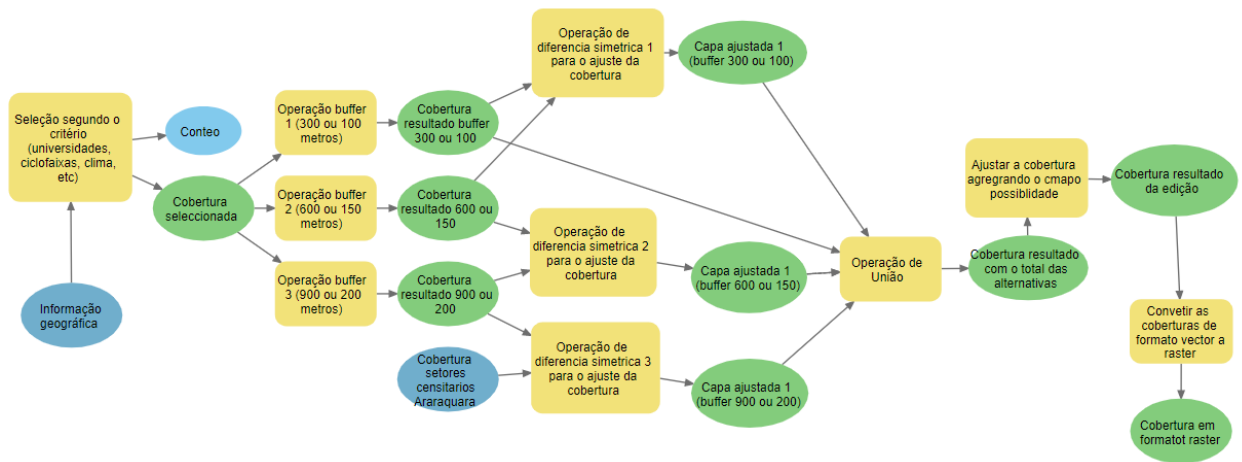
| Critério | | Vetor pesos dos critérios em porcentagem | Análises |
|----------|--|--|---|
| C 1.1 | Proximidade das universidades | 39% | Geração de buffers de 300, 600 e 900 metros. Posteriormente se transforma a cobertura vetor em uma cobertura <i>raster</i> . |
| C 1.2 | Proximidade das escolas | 31% | |
| C 1.3 | Proximidade dos centros esportivos e parques | 10% | |
| C 1.4 | Proximidade dos pontos de turismo | 8% | |
| C 1.5 | Proximidade dos shoppings centers | 7% | |
| C 1.6 | Proximidade das áreas administrativas e outros comércios | 5% | |
| C 2.1 | Proximidade da rodoviária | 8% | |
| C 2.2 | Proximidade das estações de ônibus | 54% | |
| C 2.3 | Proximidade dos pontos de ônibus com maior número de | 14% | |
| C 2.4 | Proximidade das ciclofaixas atuais e projetadas | 24% | |
| C 3.1 | População dos setores IBGE | 38% | Agrupamento dos setores pelos intervalos de 500, 1500, 2500 e 3598. Posteriormente se transforma a cobertura vetor em uma cobertura |
| C 3.2 | Declividade | 33% | Geração de um modelo TIN a partir da altimetria ou curvas de nível. Posteriormente se transforma a cobertura vetor, a uma cobertura |
| C 3.3 | Temperatura | 17% | |
| C 3.4 | Caracterização usuário | 12% | |

Fonte: Autoria própria (2020)

A construção dos mapas, se realizou da seguinte forma: primeiro se desenvolveu em *ArcGIS Pro* um *Model Builder* como apresentado na Figura 44, o qual é um elemento que

permite reunir diversas ferramentas de análises, automatizando-as e estabelecendo um fluxo de trabalho, uma vez que o processo se apresenta repetitivo ou contínuo.

Figura 44. *Model Builder* de trabalho



Fonte: Janela de trabalho software *ArcGIS Pro* (2020)

O modelo automatizou a seleção de cada fator (ciclofaixas, pontos de turismo, universidades etc.). Em seguida construíram-se os *buffers* de 300 m, 600 m, e 900 m, de forma a obter as coberturas certas de cada um.

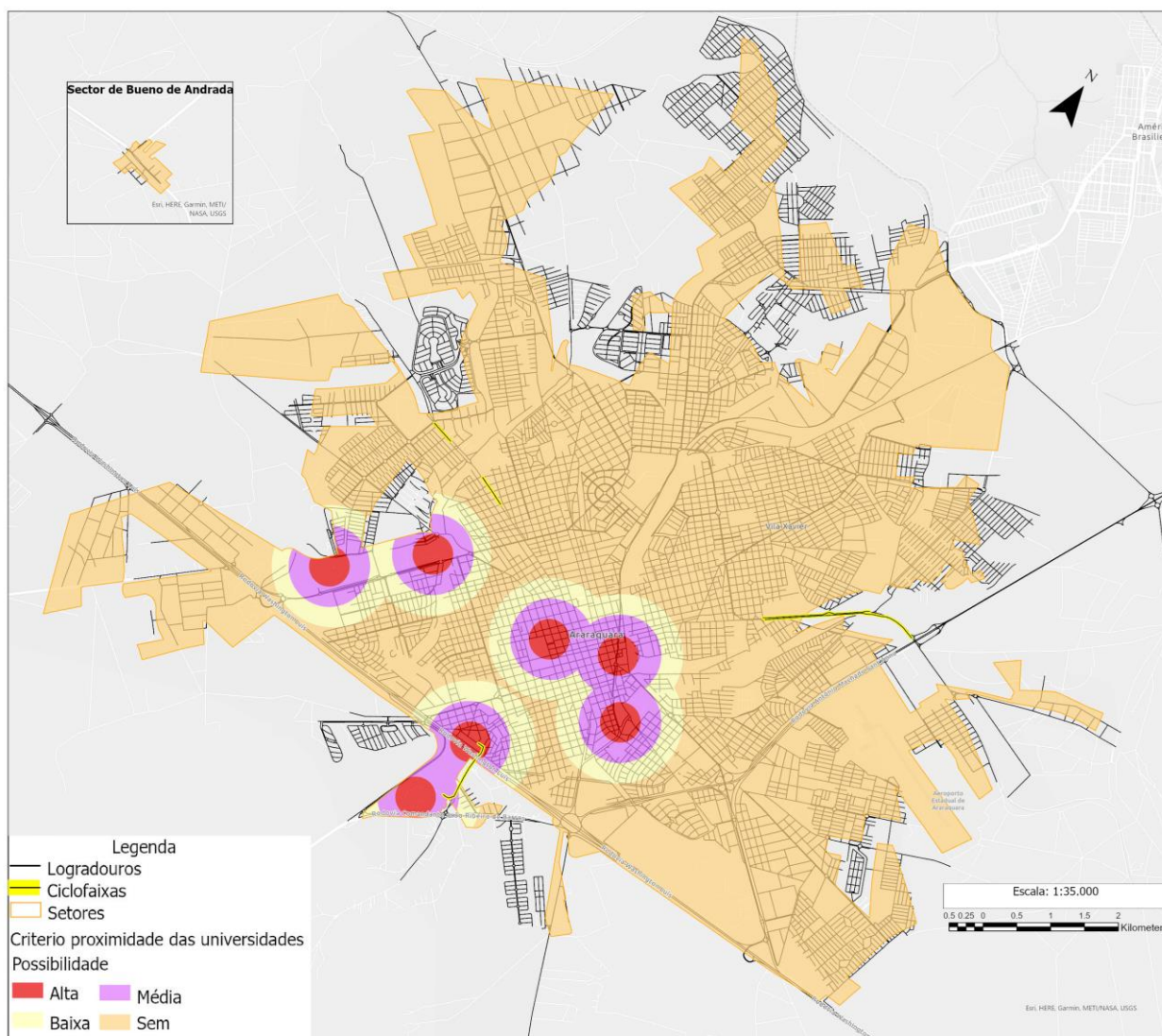
Posteriormente, utilizando a ferramenta de união, juntou-se cada cobertura de *buffer* para conformar uma cobertura total por cada critério, criando um atributo chamado “Possibilidade” e calculando-se os valores alta, média, baixa e sem possibilidade.

Estas coberturas são parciais por estarem em formato vetor, formato no qual foram desenhados os mapas ou saídas gráficas, avaliando aspectos de simbologia, escala e legenda e usando as coberturas vetor por ter uma melhor visualização nos elementos de mapa. Finalmente estas coberturas em formato vetor foram transformadas em coberturas tipo *raster*, formato que é aceito pela ferramenta de álgebra de mapas.

A seguir se mostram os mapas construídos desde a Figura 45 até a Figura 56, a partir dos processos aplicados na informação em formato vetorial. Sua classificação foi de acordo com o planejado na metodologia AHP, usando a escala: alta possibilidade, média possibilidade, baixa possibilidade, e sem possibilidade.

A Figura 45 apresenta o critério de proximidade das universidades com as alternativas propostas construído a partir da análise espacial de buffer com distâncias de 300, 600 e 900 metros. Além disso, as áreas de influência foram limitadas ao perímetro dos setores com características urbanas e o centro da cidade apresentou-se como o elemento visual onde ocorreu a maior concentração destes espaços.

Figura 45. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade das universidades

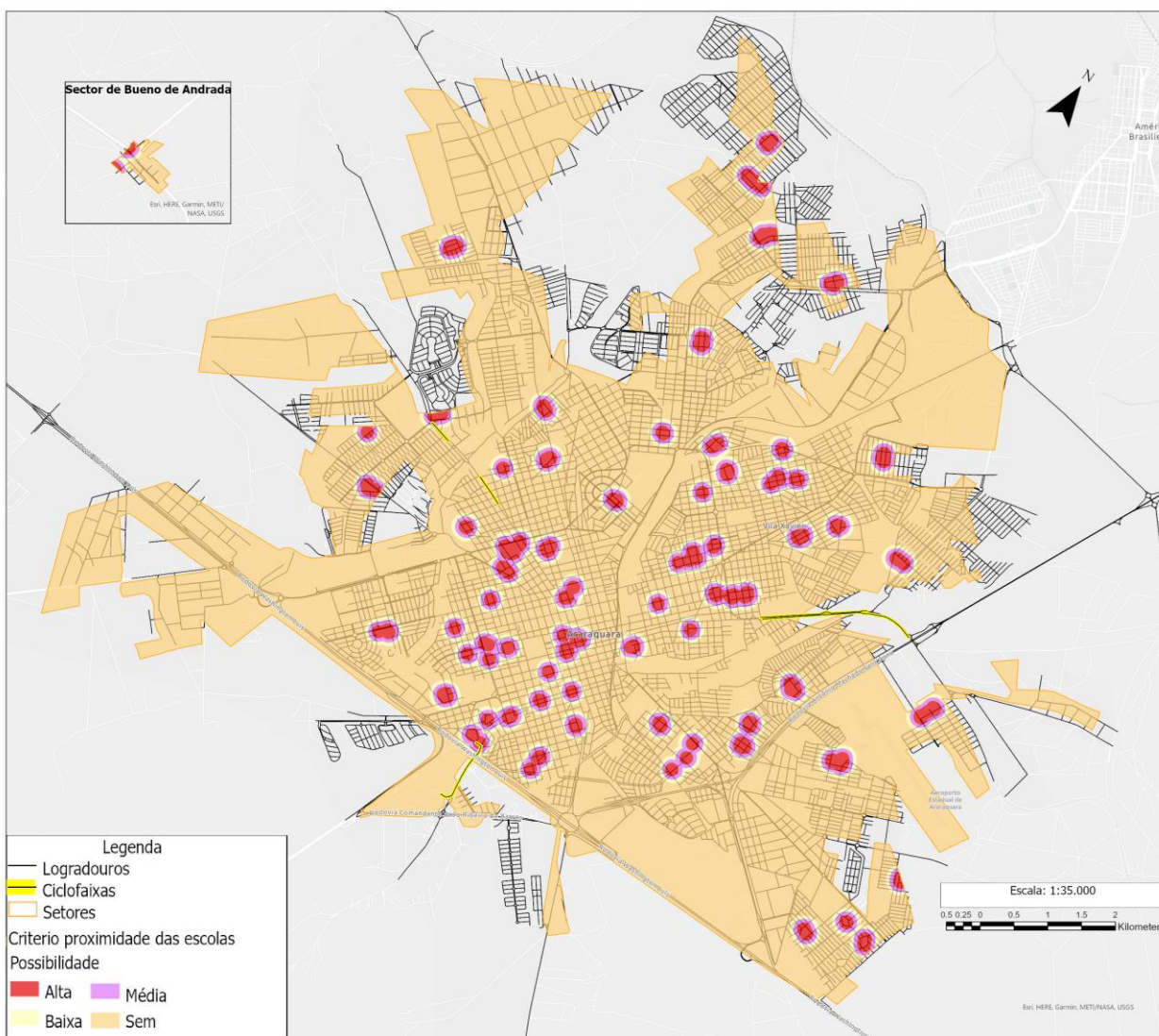


Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 46 apresenta o critério de proximidade das escolas com as alternativas propostas, sendo desenvolvido a partir da análise espacial de buffer com distâncias de 100, 150 e 200 metros. Os valores para este critério são diferentes, como nomeou-se anteriormente e baseado na

segurança das crianças que são a maior parte da população destes espaços, e se limitaram as áreas de influência ao perímetro dos setores com características urbanas. Destacam-se as escolas amplamente distribuídas pela cidade.

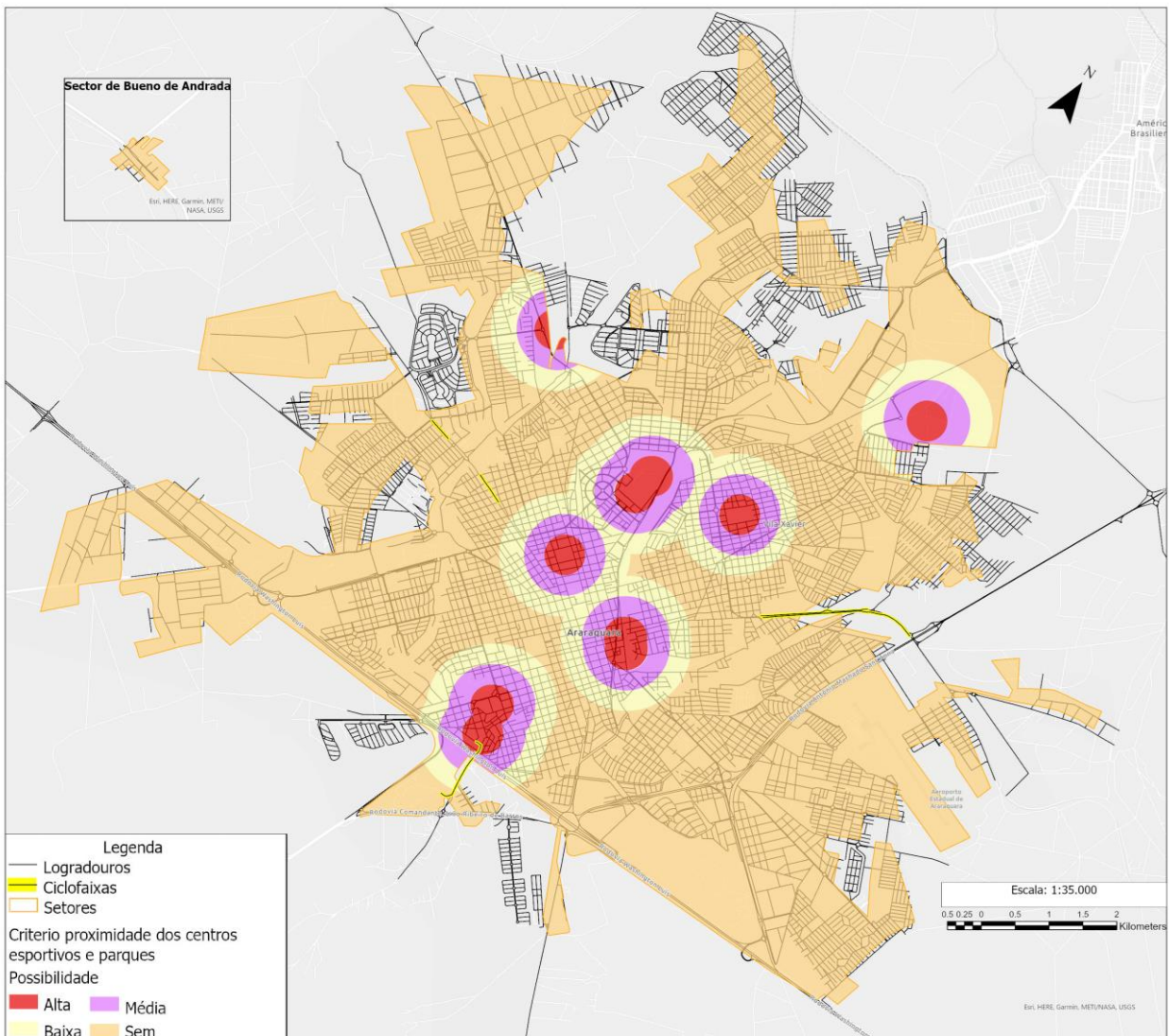
Figura 46. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade das escolas



Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 47 apresenta o critério de proximidade dos centros esportivos e parques, com as alternativas propostas e desenvolvido a partir da análise espacial de buffer como distâncias de 300, 600 e 900 metros, as quais foram limitadas ao perímetro dos setores com características urbanas. Como elemento visual para destacar existe uma concentração destes espaços no centro da cidade, e ao Norte-Leste com o Parque Basalto e Parque Pinheirinho e ao Norte-Oeste com o Bosque do Jardim Botânico.

Figura 47. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade dos centros esportivos e parques

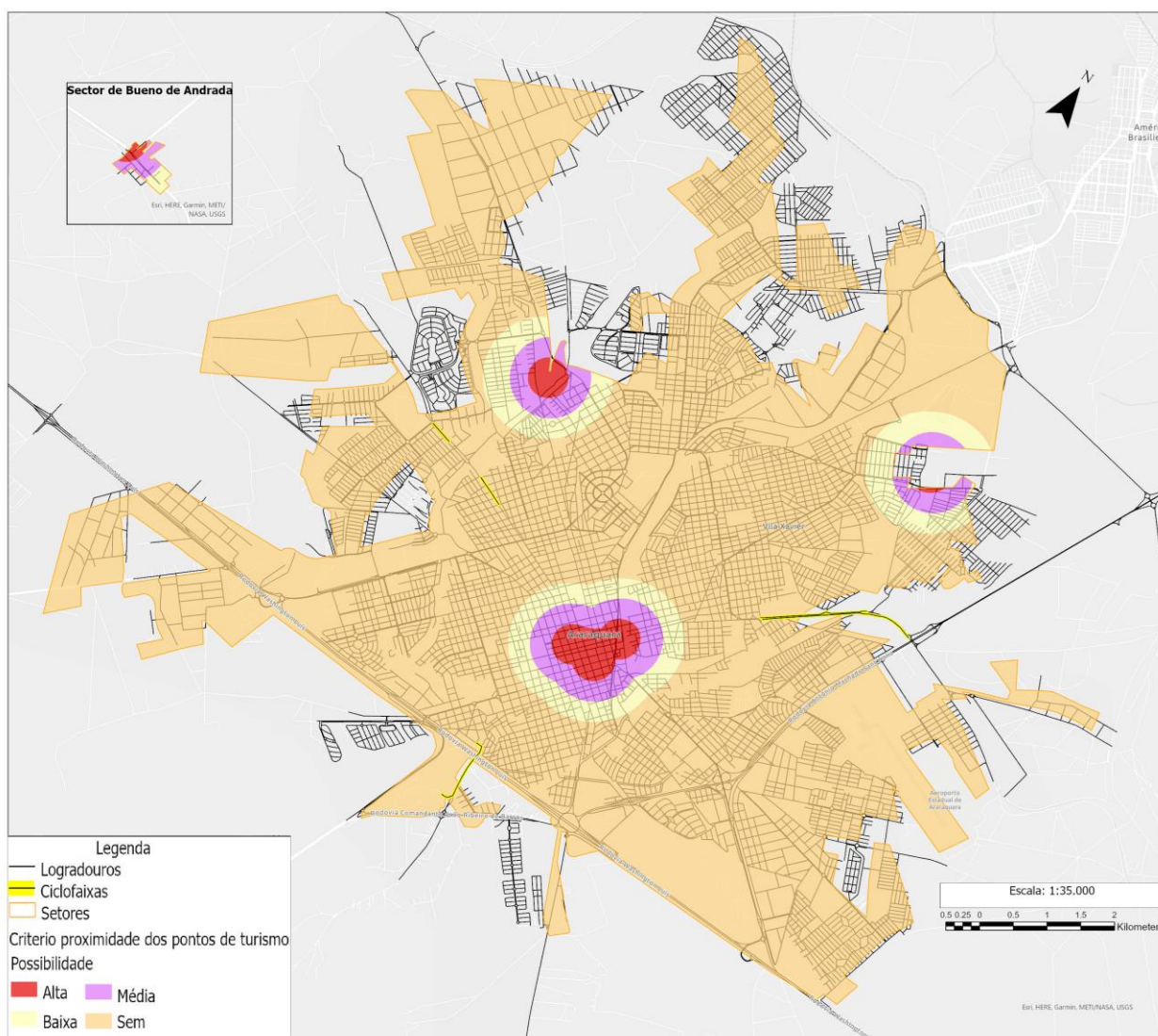


Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 48 apresenta o critério de proximidade dos pontos de turismo, com as alternativas propostas e a construção de buffer com distâncias de 300, 600 e 900 metros, as quais

foram limitadas ao perímetro dos setores com características urbanas. Nota-se uma concentração destes espaços no centro da cidade decorrente de vários museus localizados nesta região da cidade.

Figura 48. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade pontos de turismo

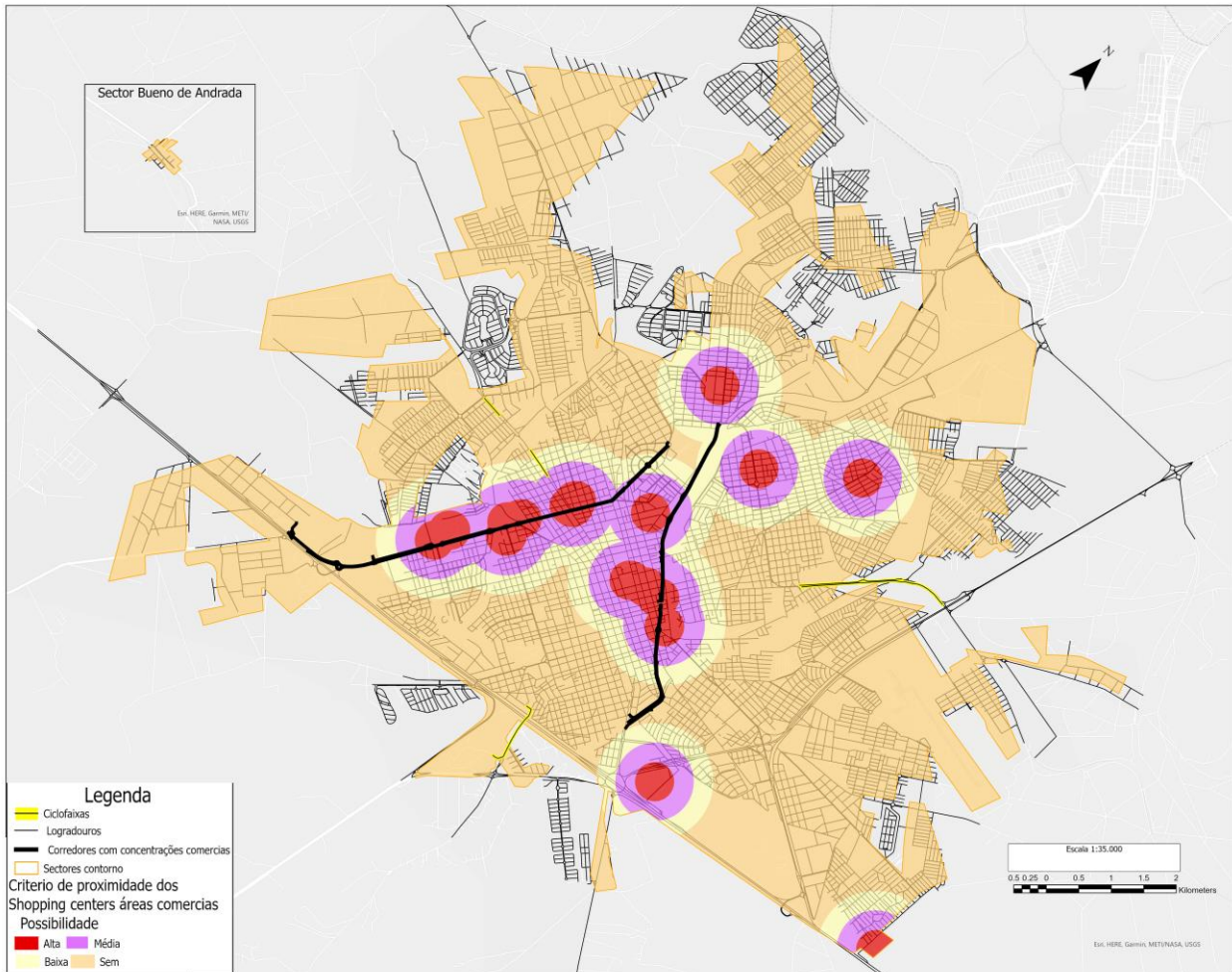


Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 49 apresenta o critério de proximidade dos Shopping centers-áreas comerciais, com as alternativas propostas, desenvolvido a partir da análise espacial de buffer como distâncias de 300, 600 e 900 metros. Visualmente destacam-se os seguintes corredores com concentrações

Avenida Maria Antônia Camargo de Oliveira, Avenida Bento de Abreu, Avenida Padre Francisco Colturato e Avenida Alberto Benassi que tem presença de lojas de importância para a cidade.

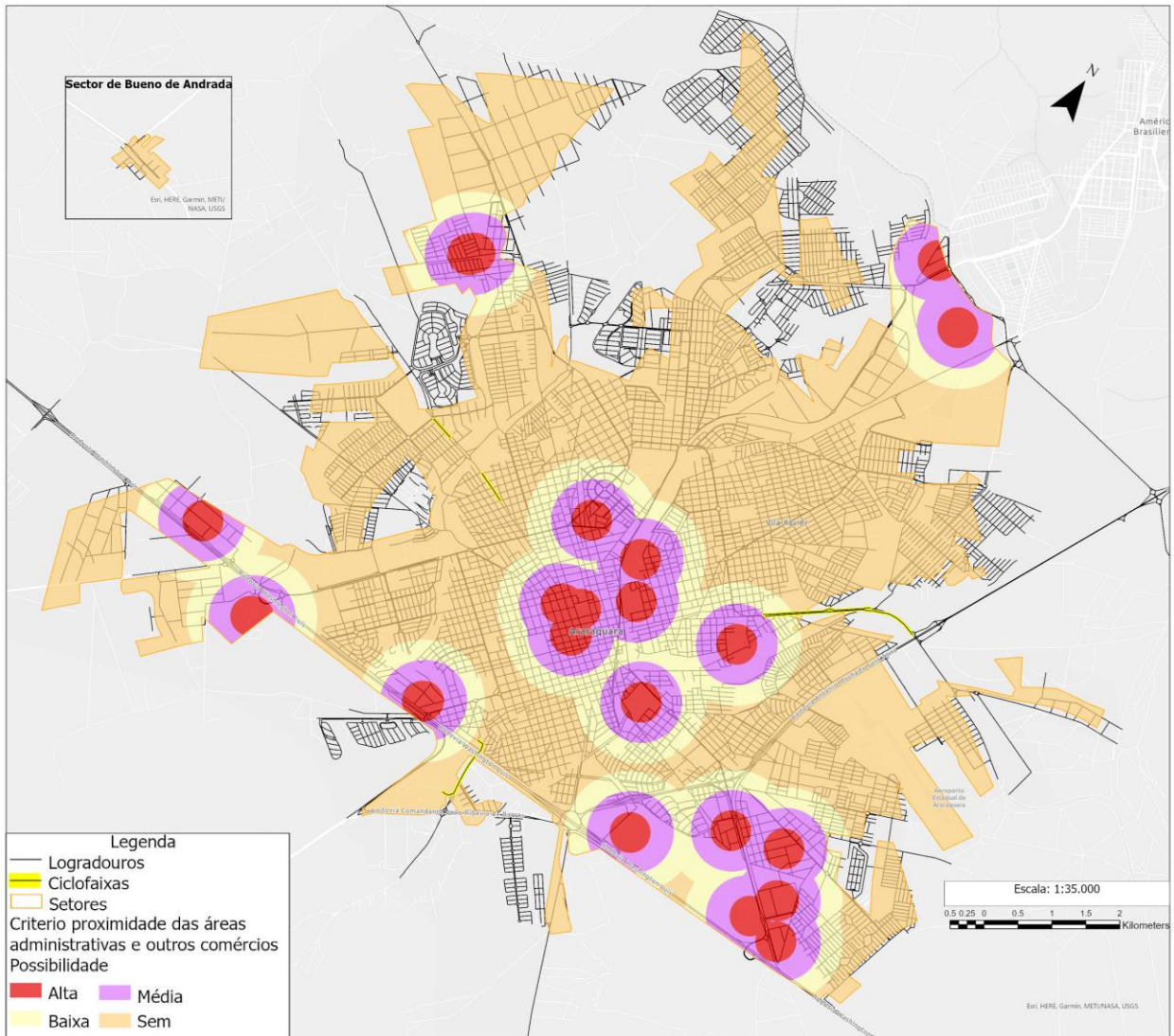
Figura 49. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade dos Shopping centers-áreas comerciais



Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 50 apresenta o critério de proximidade das áreas administrativas e outros comércios, com as alternativas propostas (construção de buffer com distâncias de 300, 600 e 900 metros e as áreas de influência sendo limitadas ao perímetro dos setores com características urbanas). Destaca-se que também existe uma concentração de espaços industriais ao Sul-Leste da cidade, como também no centro da cidade, uma vez que nesta região se concentram comércios e prédios da administração municipal.

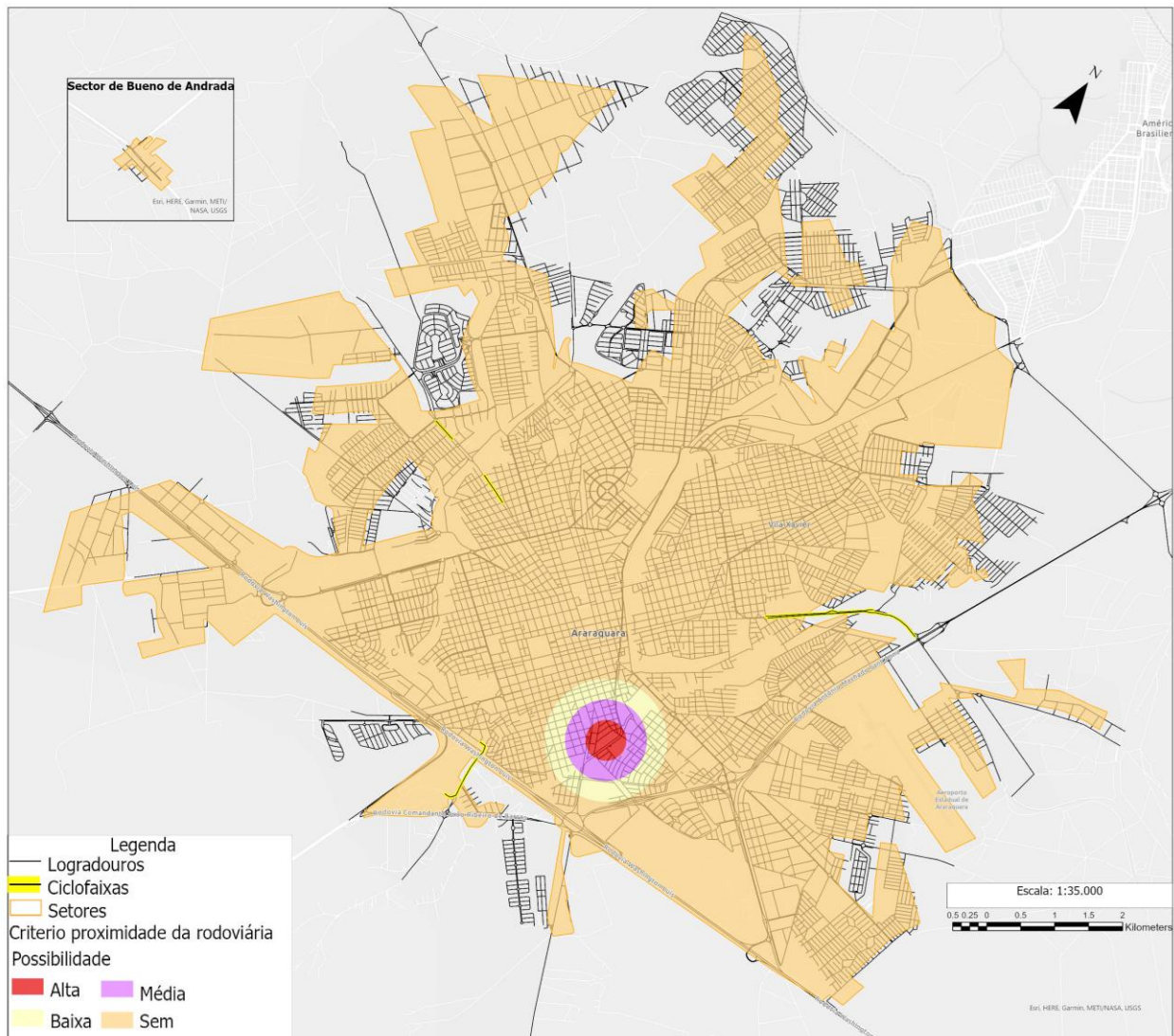
Figura 50. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade das áreas administrativas e outros comércios



Fonte: Autoria própria (2020)

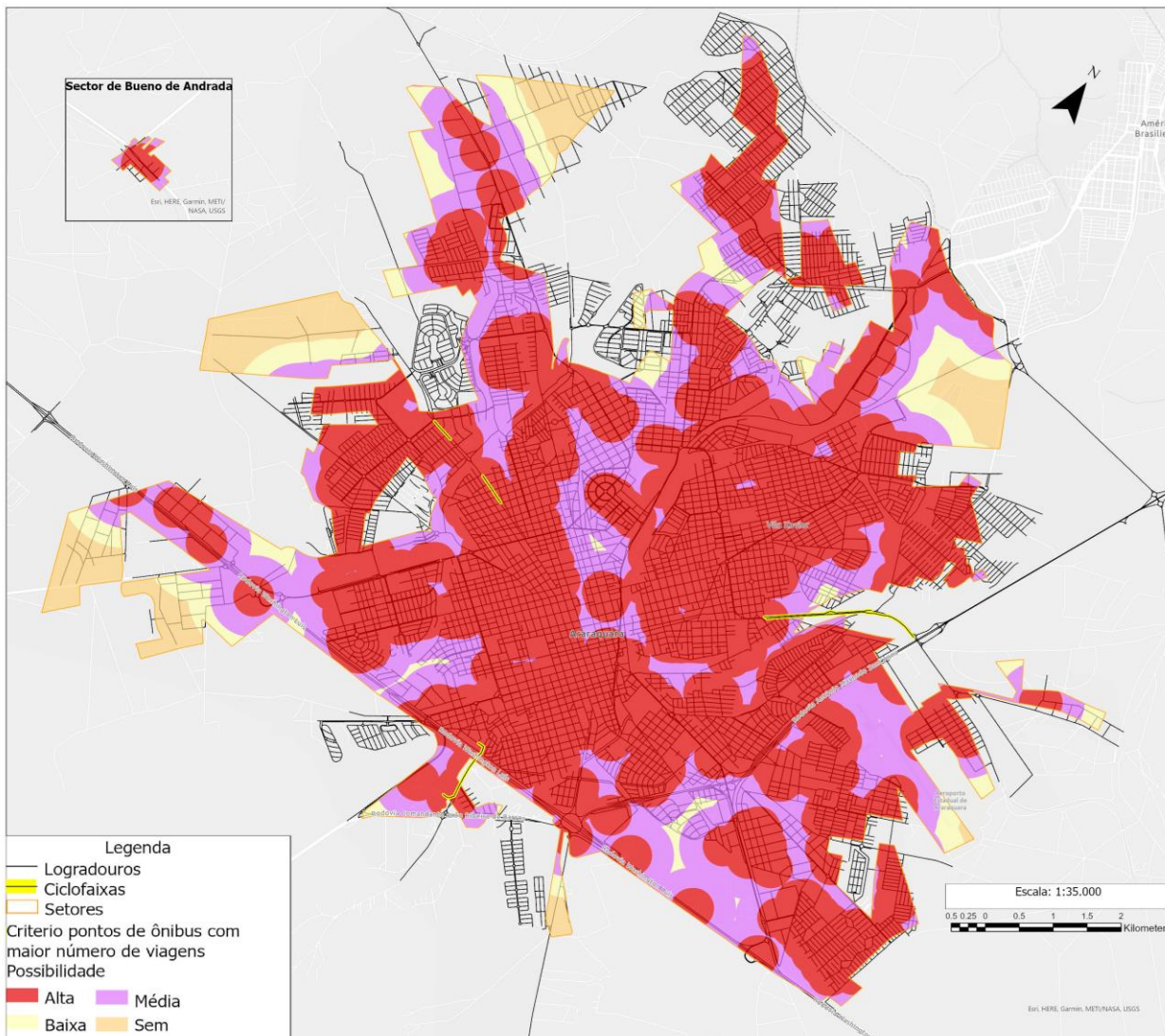
A Figura 51 apresenta o critério de proximidade da rodoviária, através da construção de buffer como distâncias de 300, 600 e 900 metros, havendo um único espaço desta característica e que se concentra perto do centro da cidade.

Figura 51. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade da rodoviária



A Figura 52 apresenta o critério de proximidade dos pontos de ônibus com maior número de viagens (construção de buffer como distâncias de 300, 600 e 900 metros). As alternativas de alta e média possibilidade, 300 e 600 metros respectivamente, abrangem uma grande parte do território da cidade. Como foi dito anteriormente, estes pontos são o reflexo de viagens que interligam os bairros aos destinos, passando pelo centro de Araraquara.

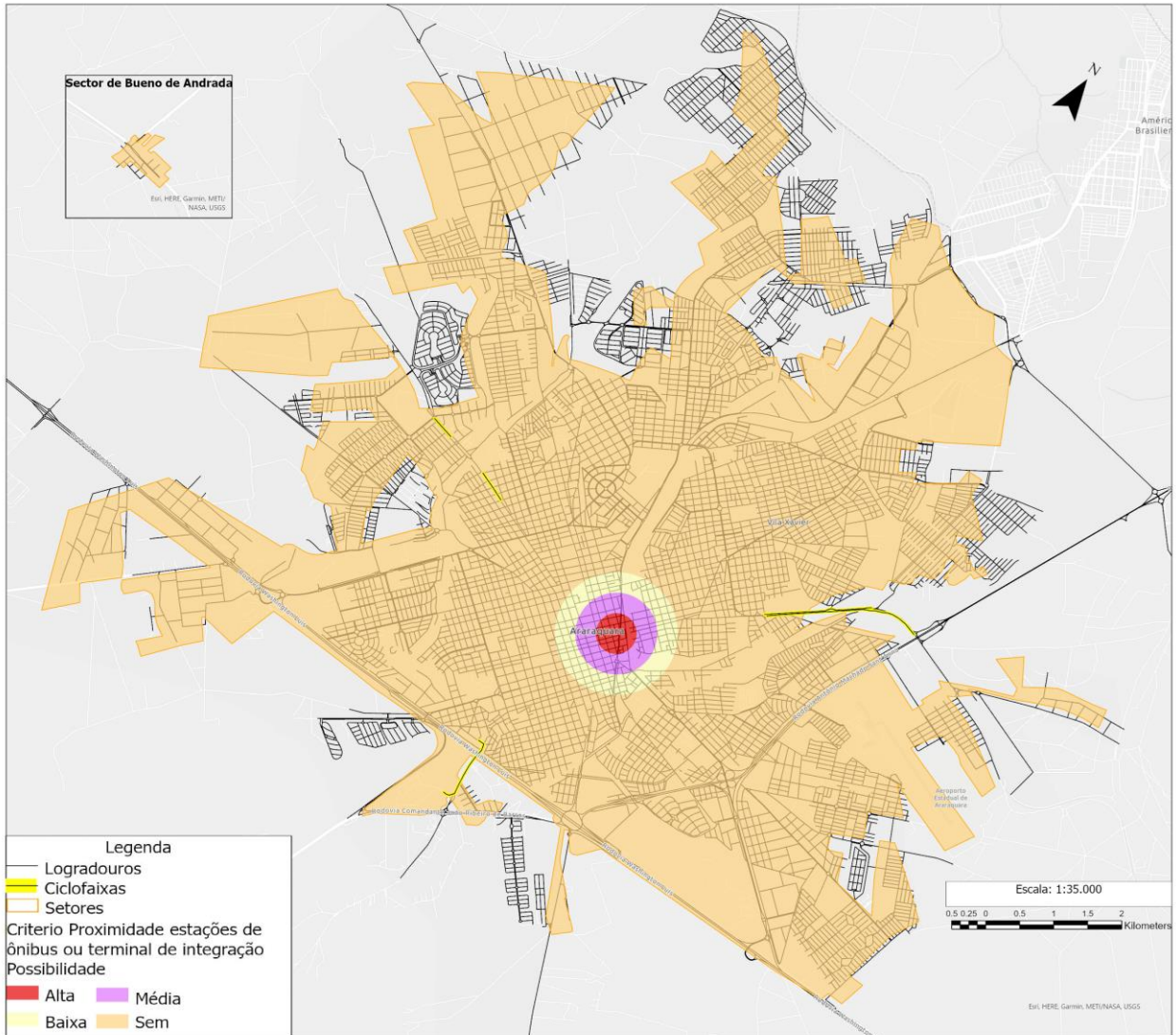
Figura 52. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade dos pontos de ônibus com maior número de viagens



Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 53 apresenta o critério de proximidade das estações de ônibus ou terminal de integração (construção de buffer com distâncias de 300, 600 e 900 metros). A cidade apresentou um único espaço desta característica, o qual se concentra perto do centro da cidade.

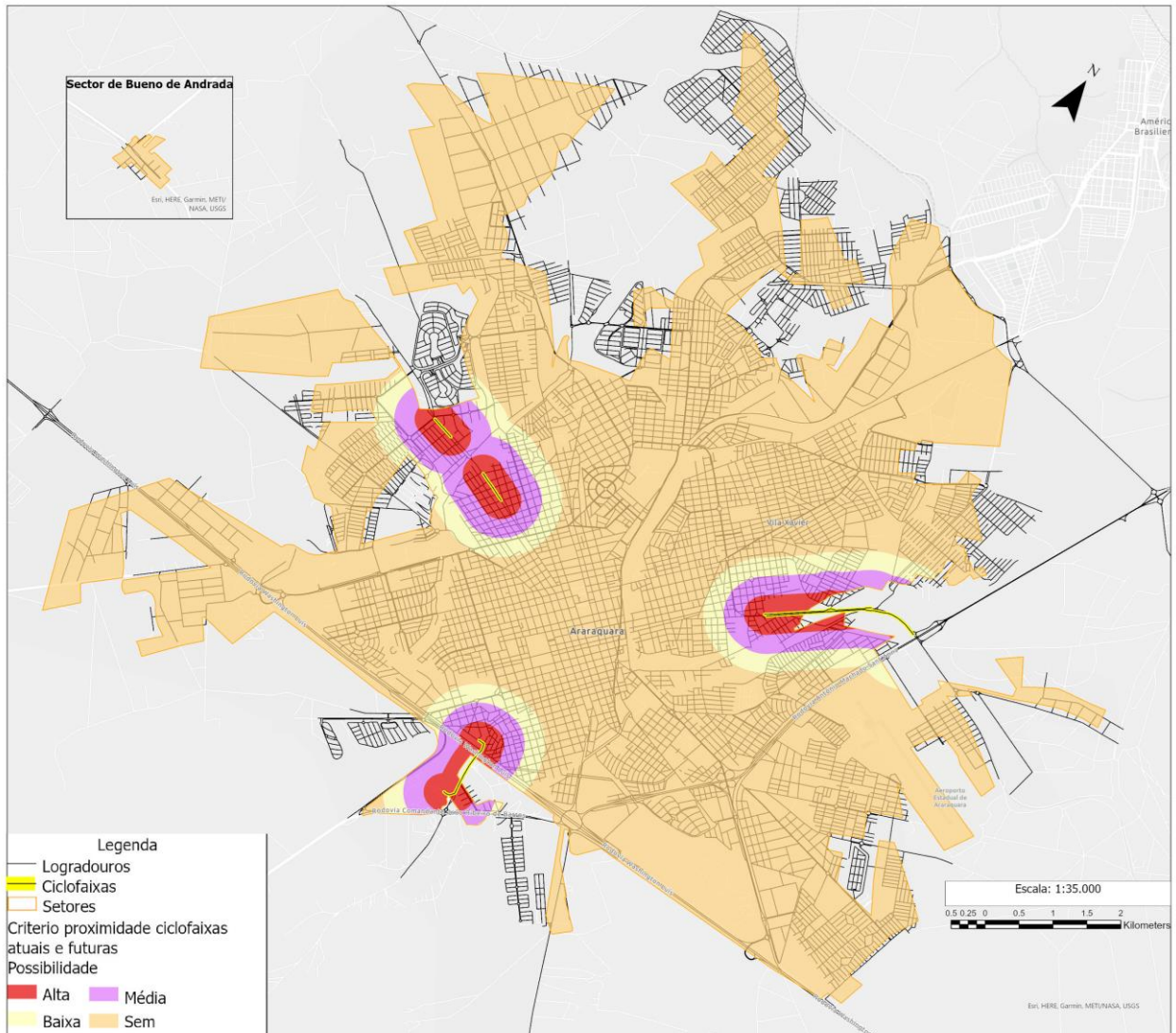
Figura 53. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério proximidade das estações de ônibus ou terminal de integração



Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 54 apresenta o critério de proximidade das ciclofaixas atuais e projetadas, com a construção de buffer com distâncias de 300, 600 e 900 metros. A cidade apresenta três áreas repartidas ao Norte-Leste, Norte-Este e Sul e quase com a mesma extensão. É o único critério urbano que não tem uma concentração.

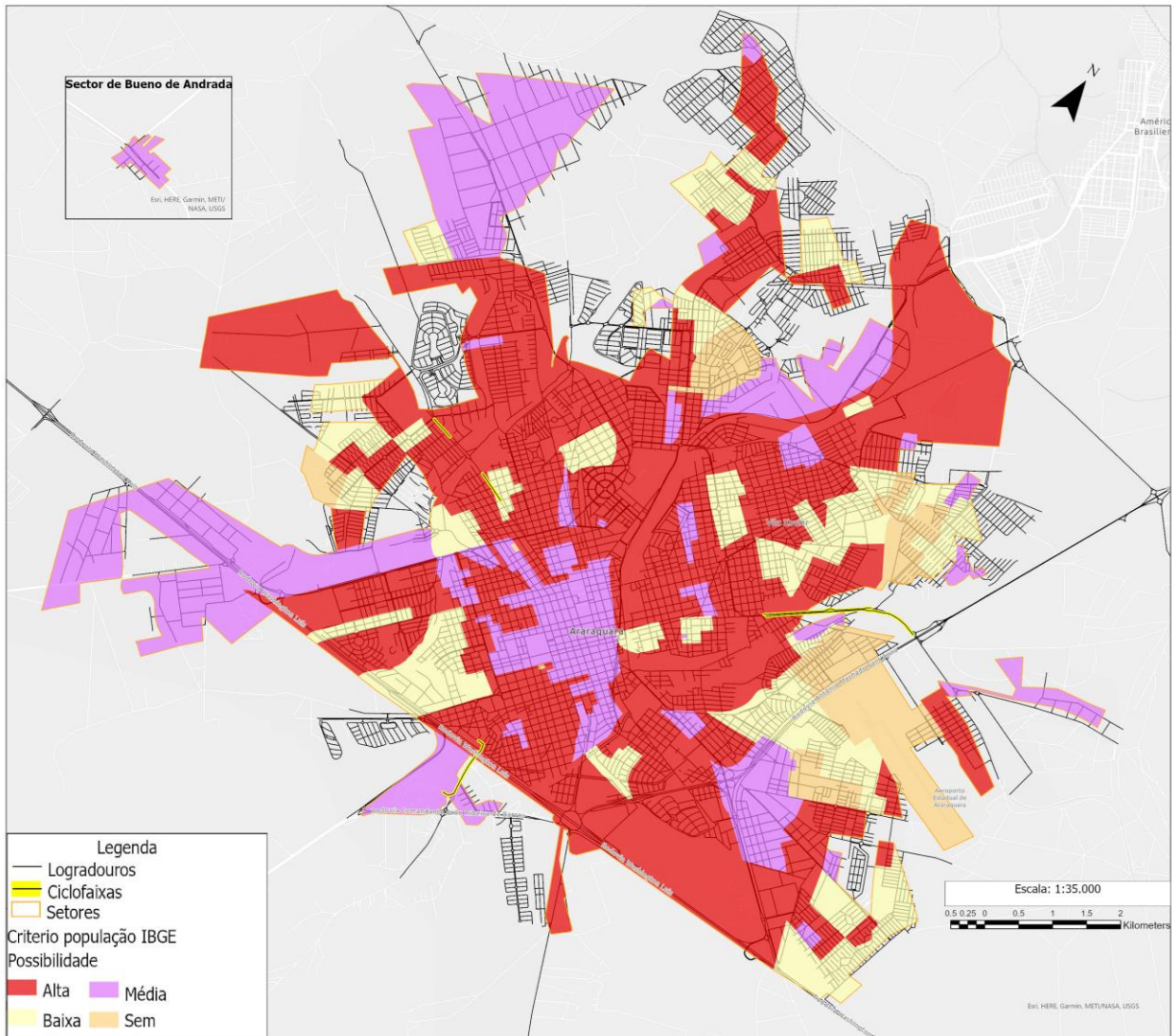
Figura 54. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para proximidade das ciclofaixas atuais e futuras



Fonte: Autoria própria (2020)

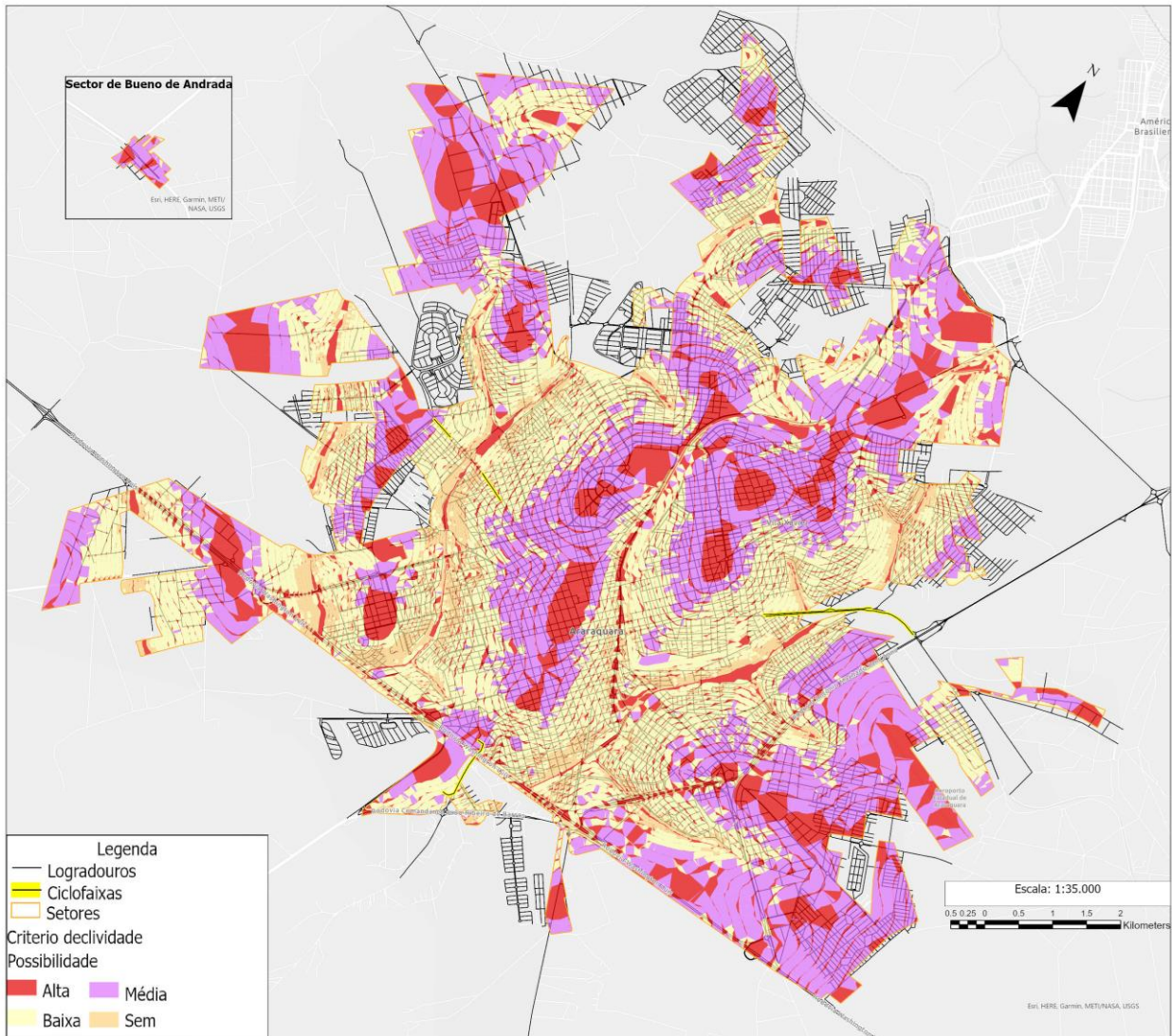
A Figura 55 apresenta o critério população do IBGE, com as alternativas propostas. O critério foi desenvolvido a partir da análise espacial considerando intervalos de população (habitantes – hab.), a saber: $0 > \text{hab.} \leq 900 \text{ hab.}$, $900 > \text{hab.} \leq 1800 \text{ hab.}$, $1800 > \text{hab.} \leq 2700 \text{ hab.}$ e entre $2700 > \text{hab.} \leq 3598 \text{ hab.}$. De acordo com os resultados obtidos, a cidade apresenta no centro setores com população classificada como média possibilidade (valores de habitantes entre 0 e 900), ao redor deste, setores com alta possibilidade (entre 900 e 1800 habitantes), permitindo concluir que a cidade não está adensada com relação à população.

Figura 55. Mapa das alternativas de possibilidade definidas para o critério população IBGE



A Figura 56 apresenta o critério de declividade, com as alternativas propostas. Este critério foi desenvolvido a partir da análise espacial de modelo de elevação para transformá-lo posteriormente no mapa de declividade. A distribuição da declividade na cidade apresenta grandes áreas com espaços de baixa e média declividade (entre 0 e 4,6 %), e outra parte composta por áreas com declividade alta entre (4,6 % e 10,0%), sendo as áreas com declividades acima do 10,0% as de menor participação dentro da cidade. Observando o mapa também se pode concluir que a cidade não apresenta elevadas declividades e que a área central tem declividades baixas e médias em sua maioria.

Figura 56. Mapa das alternativas definidas para o critério declividade

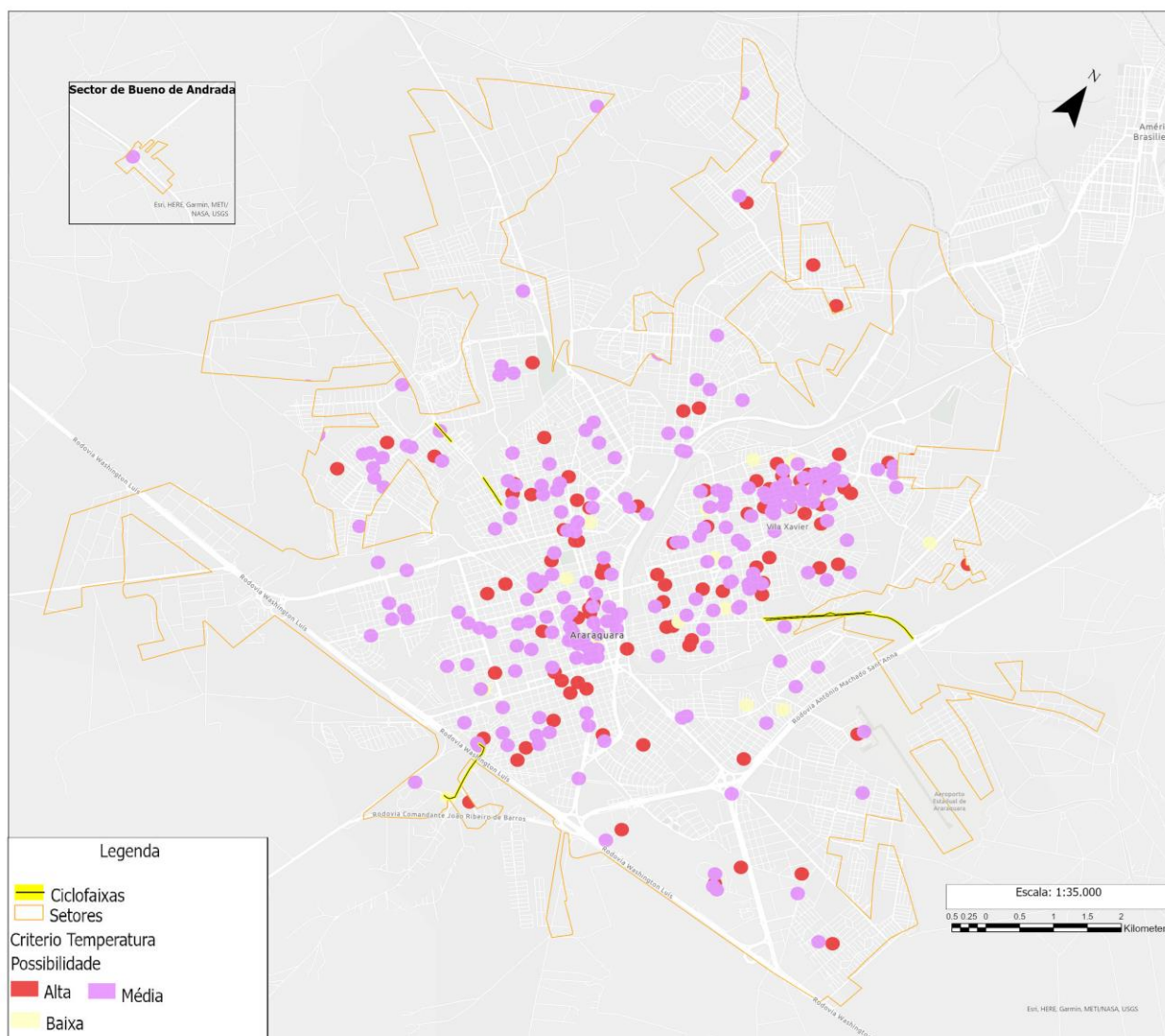


Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 57 apresenta o critério de temperatura, com as alternativas propostas e provenientes do questionário. Originalmente são dados do tipo ponto e se referem às origens e destinos informados pelos entrevistados. Sobre estes dados foi criado um *buffer* igual a 100 metros, uma vez que tal procedimento era exigido para a aplicação da análise de álgebra de mapas. Quanto ao valor igual a 100 metros, fundamentou-se em estabelecer um padrão para este critério devido a que este foi obtido das opiniões do público que respondeu o questionário. O valor de possibilidade foi associado à escala apresentada a seguir: alta possibilidade, temperaturas entre 18°C e 25°C; média possibilidade com temperaturas entre 5°C e 18 °C; baixa possibilidade,

temperaturas acima de 25°C e sem possibilidade, temperaturas menores de 5°C. Ressalta que para esta última possibilidade não se obteve áreas, pois nenhum entrevistado escolheu esta opção.

Figura 57. Mapa das alternativas definidas para o critério temperatura

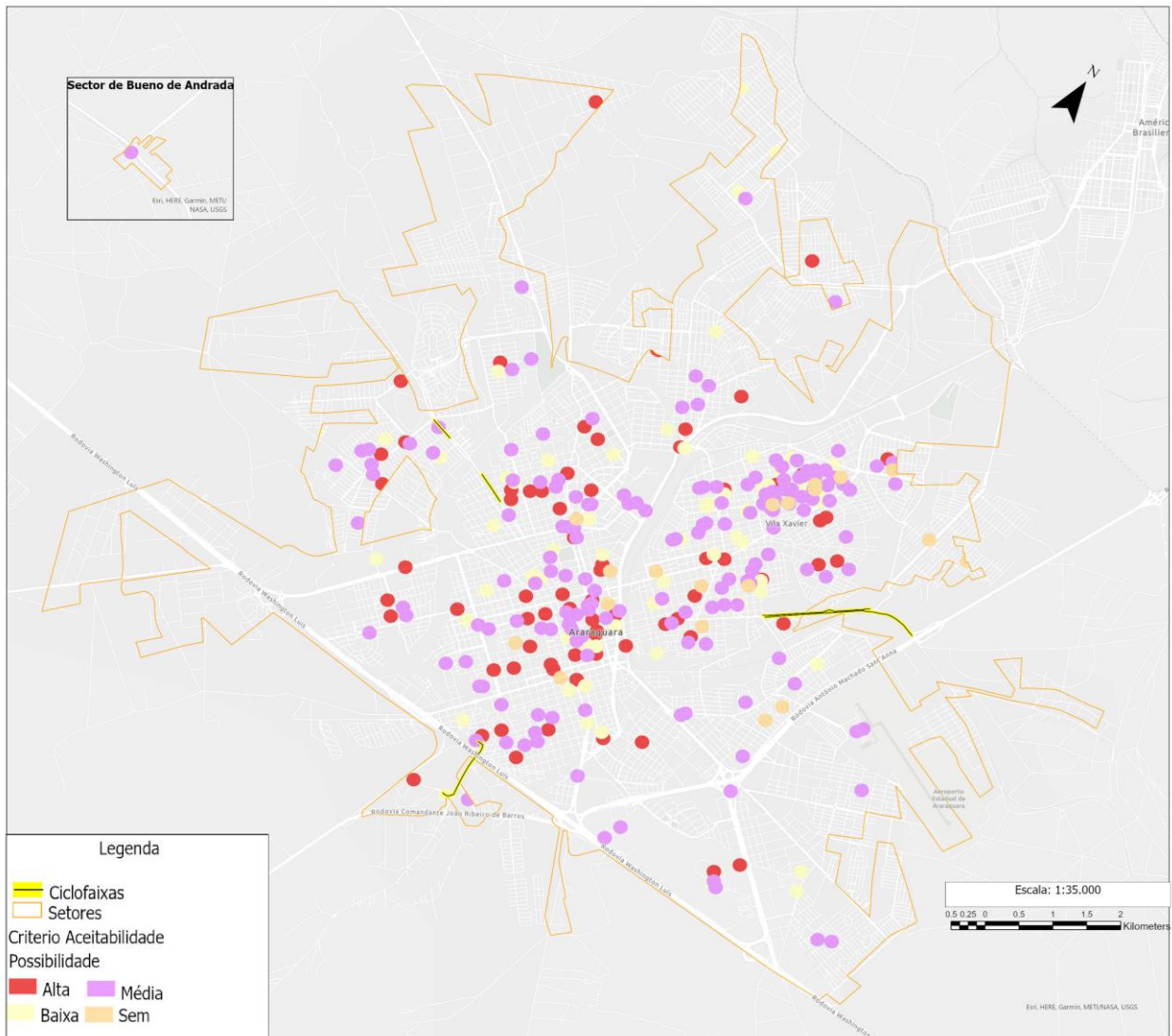


Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 58 apresenta o critério de aceitabilidade. Tal como o critério temperatura, este também provém do questionário e, originalmente, são dados do tipo ponto e se referem às origens e destinos informados pelos entrevistados. Sobre estes dados foi criado um *buffer* igual a 100 metros, uma vez que tal procedimento era exigido para a aplicação da análise de álgebra de mapas. A razão para escolher o valor de 100m como foi descrito anteriormente, sua escolha fundamentou-se em ideia de seguir um padrão para os critérios provenientes do questionário. O

valor de possibilidade foi associado de acordo com a escala apresentada a seguir: 5-Muito útil, alta possibilidade; 4-Útil, média possibilidade; 3-Neutro ou 2-Pouco útil, ambas para baixa possibilidade e 1-Nada útil, sem possibilidade.

Figura 58. Mapa das alternativas definidas para o critério aceitabilidade



Fonte: Autoria própria (2020)

6.7. Passo 4: Tratamento de dados

Como resultado das metodologias AHP e SIG obtiveram-se as áreas para os diferentes tipos de fatores. A nível espacial e cartográfico foi necessário realizar um processo de edição, eliminando aqueles polígonos com áreas menores de 0,001 km², como também espaços ou vazios

que se geraram durante o processo de transformação da cobertura *raster* em uma cobertura vetor. Isto foi realizado com objetivo de evitar áreas extremamente pequenas e de perímetros de muitas irregularidades, os quais geravam descontinuidades nas áreas já estabelecidas. É importante enfatizar que, por ser um exercício acadêmico, se eliminarão estas áreas (menores de 0,001 km²) porém, dentro de uma implementação, podem ser descartadas áreas maiores procurando maior estabilidade. Este procedimento é conhecido como controle e qualidade da informação geográfica. As áreas e o número de polígonos para as possibilidades alta e médias são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33. Resumo das áreas para cada uma das possibilidades

| Possibilidade | Área (km ²) | Número de polígonos |
|---------------|-------------------------|---------------------|
| Média | 6.66 | 119 |
| Alta | 2.84 | 39 |
| Total | 9.50 | 158 |

Fonte: Autoria própria (2020)

6.8. Passo 4: Integração SIG e AHP

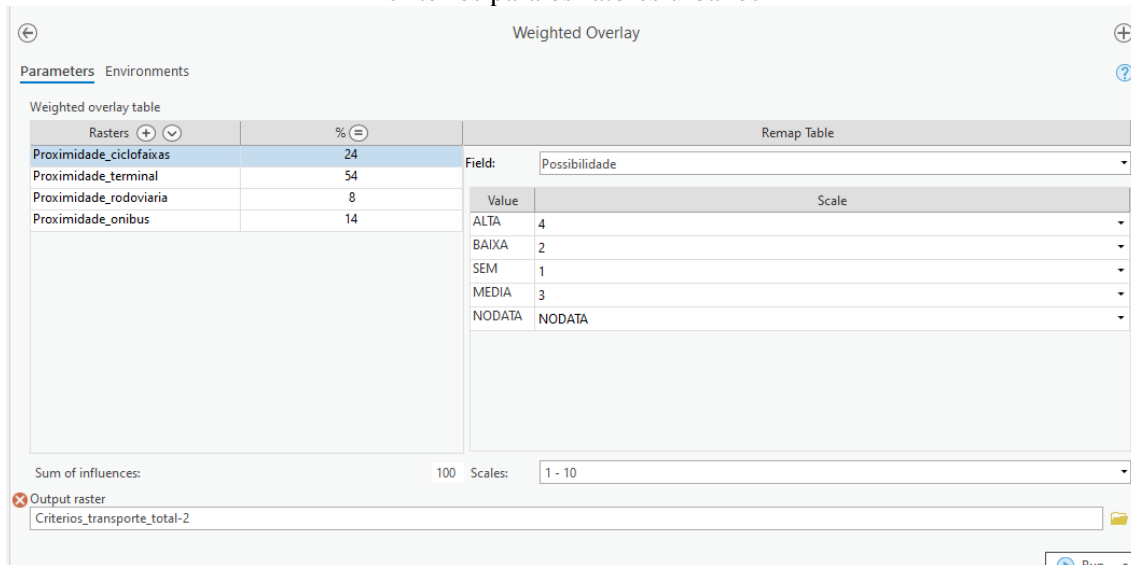
Com a geração dos critérios, a classificação em formato *raster* com a escala de possibilidades (alta, média, sem e baixa,) e com os pesos para estes critérios obtidos mediante o método AHP (Tabela 24, 25, e 26), se procedeu à utilização da ferramenta contida no SIG e denominada de “Álgebra de Mapas”. Esta permitiu uma primeira aproximação das áreas para localizar as estações do sistema de bicicletas compartilhadas, no caso do estudo, a cidade de Araraquara.

Para obter estas localizações, que geograficamente se apresentam como uma cobertura *raster*, se utilizou a ferramenta presente no software *ArcGIS Pro* conhecida como *Weighted Overlay* ou “Superposição Ponderada”, a qual permite realizar uma soma das coberturas *raster* de cada critério, e considerar os pesos e ponderações diferentes para cada uma destas coberturas. Os pesos utilizados se definiram anteriormente pelo cálculo do vetor de pesos dos critérios usando o método AHP e se encontram nas Tabela 24, 25, e 26 para os fatores urbanos, de transporte, e do usuário respectivamente.

O processo de execução da ferramenta com o software *ArcGIS Pro* mostra-se na Figura 59 até 61 para os fatores urbanos, fatores de transporte e fatores do usuário, respectivamente. Na

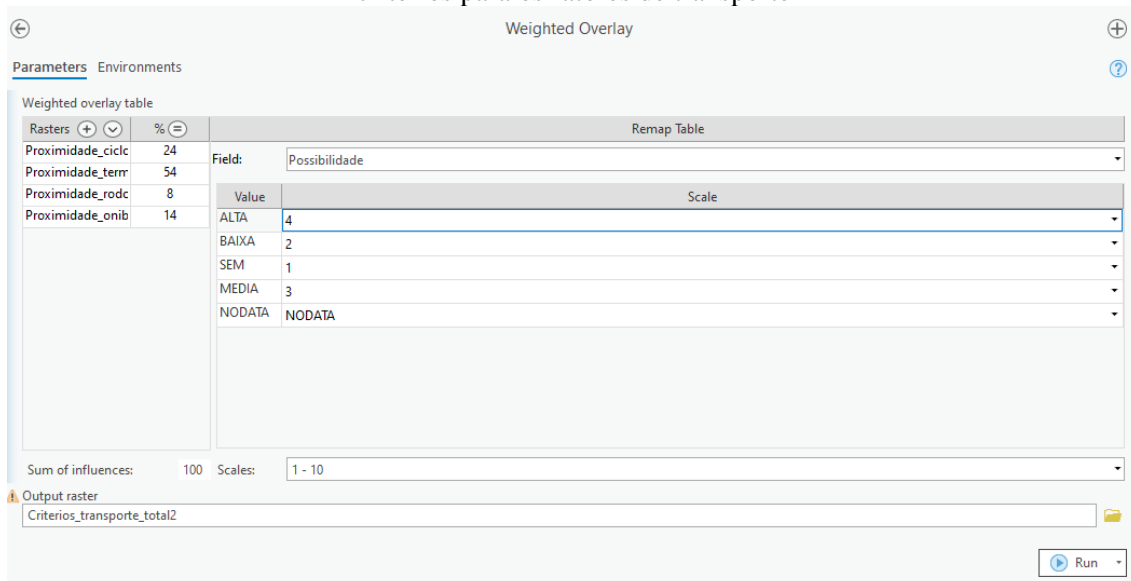
parte esquerda se coloca cada uma das coberturas *raster* obtidas com seu peso correspondente, e na parte direita o campo pelo qual se realizou a classificação.

Figura 59. Execução da ferramenta álgebra de mapa *Weighted Overlay*, realizando a superposição dos critérios para os fatores urbanos



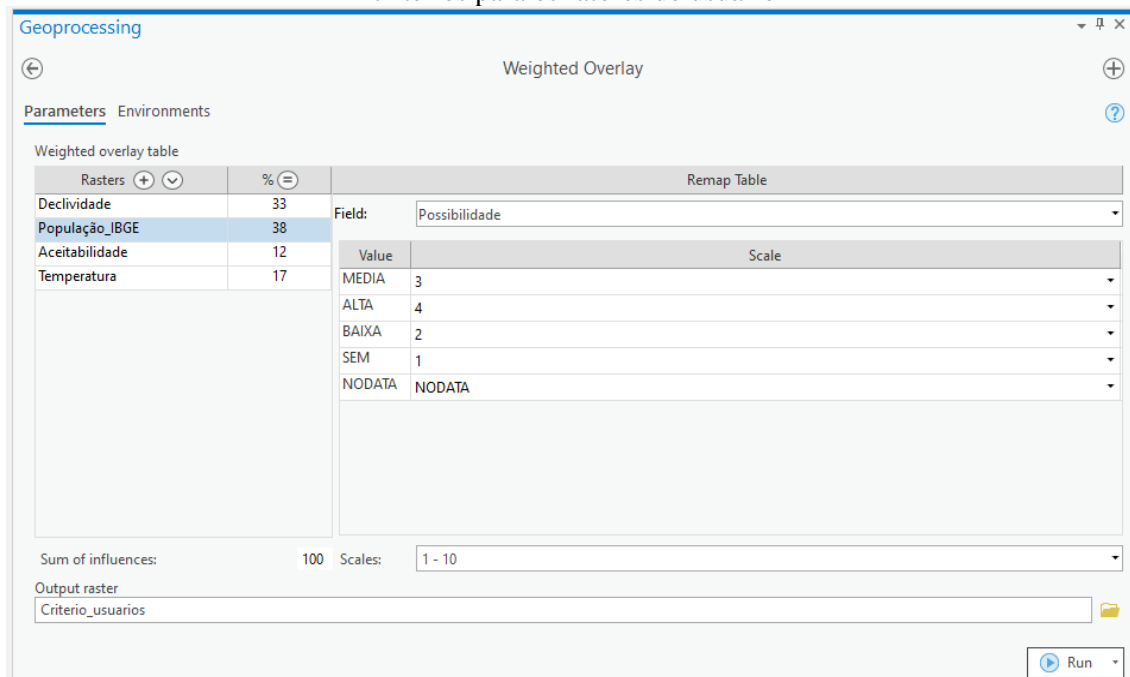
Fonte: Janela de trabalho software *ArcGIS Pro* (2020)

Figura 60. Execução da ferramenta álgebra de mapa *Weighted Overlay*, realizando a superposição dos critérios para os fatores de transporte



Fonte: Janela de trabalho software *ArcGIS Pro* (2020)

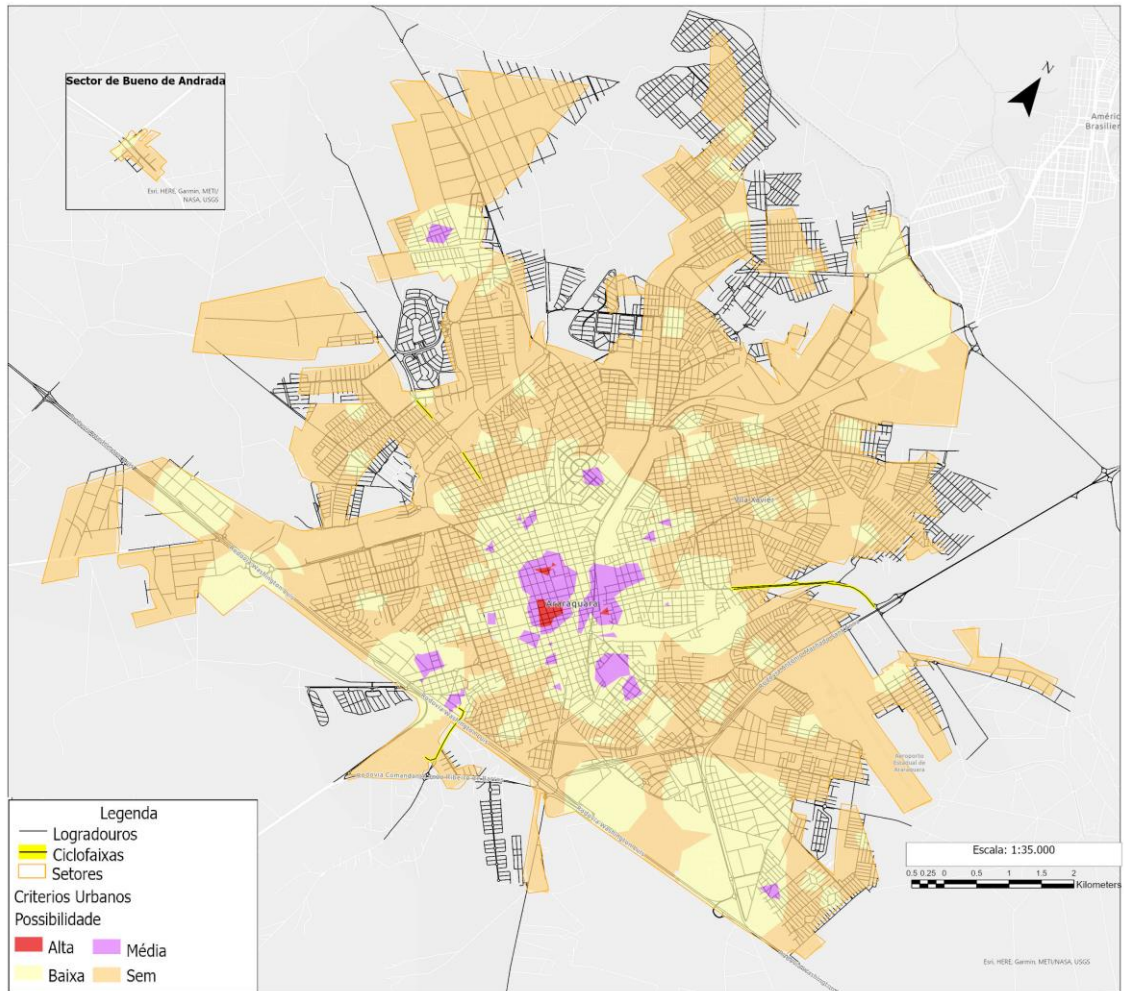
Figura 61. Execução da ferramenta álgebra de mapa *Weighted Overlay*, realizando a superposição dos critérios para os fatores do usuário



Fonte: Janela de trabalho software *ArcGIS Pro* (2020)

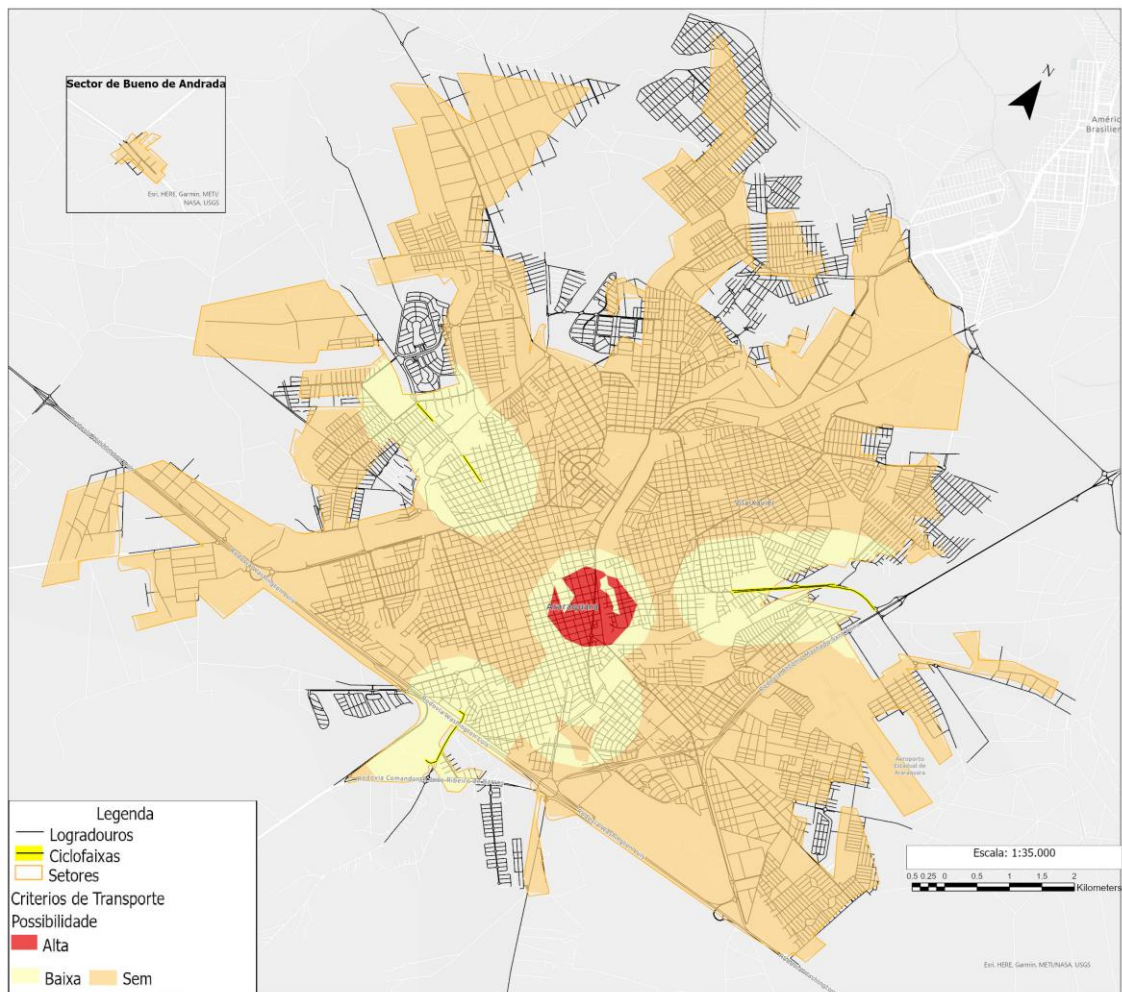
A partir do uso desta ferramenta, obtiveram-se tres coberturas *raster* para os fatores urbanos, de transporte e da caracterização do usuário, respectivamente, e que contem as áreas para localizar as estações do sistema de bicicletas compartilhadas, com as possibilidades (alta, média, baixa e sem). Cada uma das coberturas que compreendem os fatores foi exportada em um formato vetorial, que permitiu uma visualização mais clara destes espaços, assim como um cálculo de áreas com maior facilidade. Estas coberturas, no formato vetor, são apresentadas nas Figura 62 até 64.

Figura 62. Mapa das áreas para localizar as estações do sistema de bicicletas compartilhadas, com base nos fatores urbanos



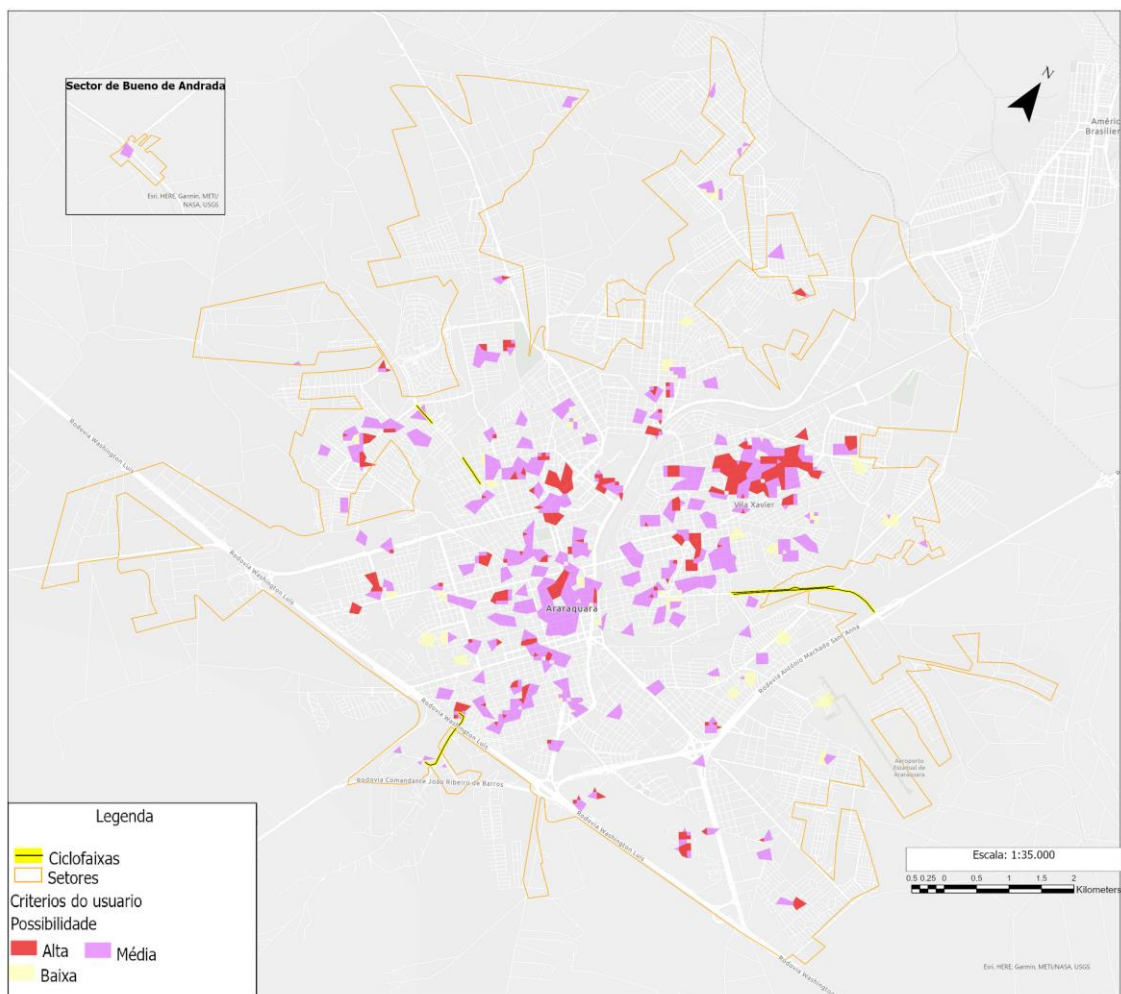
Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 63. Mapa das áreas para localizar as estações do sistema de bicicletas compartilhadas, com base nos fatores de transporte



Fonte: Autoria própria (2020)

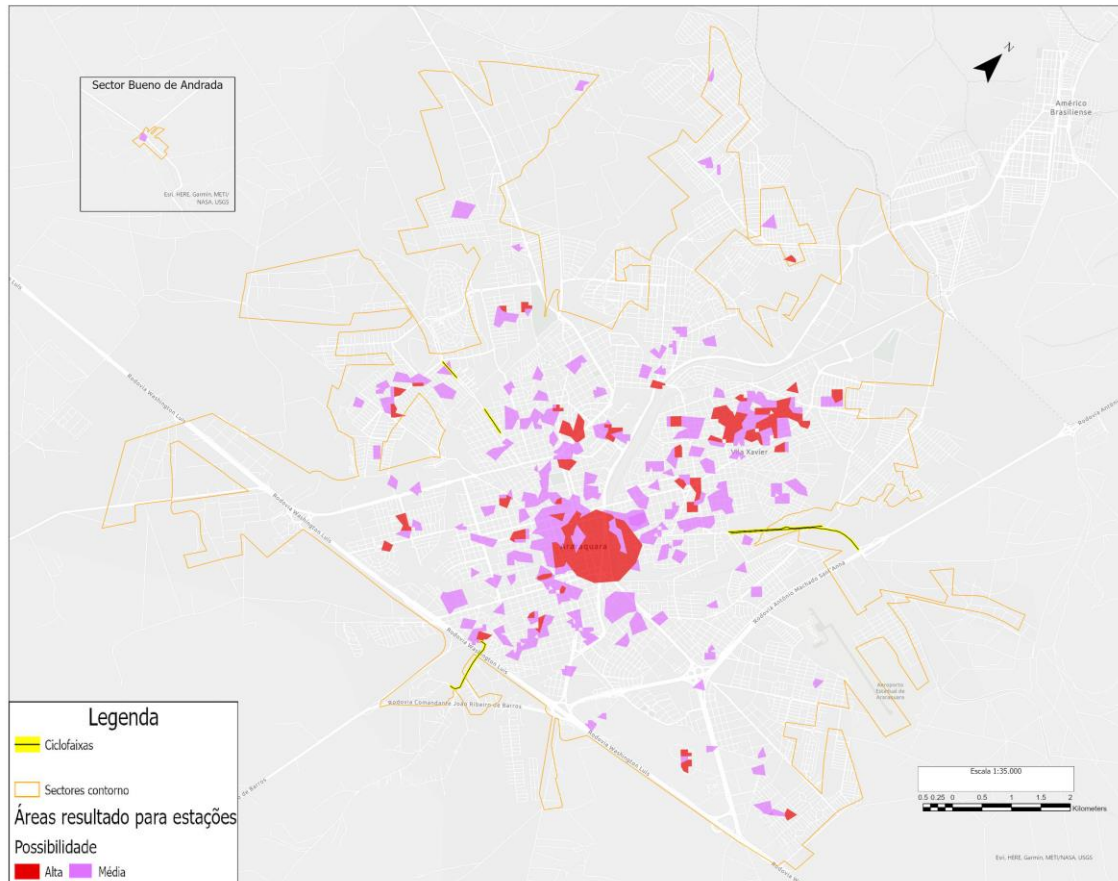
Figura 64. Mapa das áreas para localizar as estações do sistema de bicicletas compartilhadas, com base nos fatores do usuário



Fonte: Autoria própria (2020)

Como resultado das análises anteriores, as possibilidades sem e baixa foram desconsideradas, por apresentar-se como lugares nos quais localizar estações do sistema de bicicletas compartilhadas não teria nenhuma relevância. Associado a isto as áreas geográficas com as alternativas contempladas são as de alta e média possibilidade e mostram-se na Figura 65.

Figura 65. Mapas - áreas média e alta da compilação de fatores



Fonte: Autoria própria (2020)

6.9. Paso 4: Mapa de ponderação de pesos - Ranking de localização das estações usando o MOORA

A partir das áreas estabelecidas com os métodos AHP e SIG, procedeu-se com a avaliação de características específicas dos sistemas de bicicletas compartilhadas, avaliando as seguintes características: i) número total de estações, ii) custo de operação total, e iii) uso do sistema (número total de viagens diárias). A decisão de avaliar estas características, está baseada naquela que permite escolher a melhor alternativa para o SBC, a partir da comparação de aspectos como dimensão do sistema, estabilidade econômica, capacidade de funcionamento e progresso do sistema. A seguir na Tabela

34, apresentam-se as três alternativas com os respectivos valores escolhidos para cada característica.

Tabela 34. Alternativas de estações - Aplicação do método MOORA

| Alternativa | Número total de estações | Número total de bicicletas por estação | Custo operação total R\$ (ano / bicicleta.) | Uso do sistema (número total de viagens diárias) |
|--------------------|---------------------------------|---|--|---|
| A1 | 36 | 540 | 8.400 | 5 |
| A2 | 65 | 975 | 14.760 | 7 |
| A3 | 65 | 540 e 435 | 8.400 e 14.760 | 5 e 7 |

Fonte: Autoria própria (2020)

Os cálculos, para obter os valores de cada alternativa, tiveram como referência os documentos: i) Guia Metodológica para a Implementação de Sistemas de Bicicletas Públicas em Espanha (IDAE, 2007), ii) Guia Planejamento de Sistemas de Bicicletas Compartilhadas (ITDP, 2014), iii) *The Bikeshare Planning Guide* (ITDP, 2018), iv) Artigo Técnico de Trabalho # 3: Custos Operacionais, Opções de Financiamento, Sistema, Partes interessadas e Modelo de negócio, desenvolvido na região de Sacramento Estados Unidos (SACRAMENTO DISTRITO METROPOLITANO, 2013), e v) *Performance Evaluation for Bike-Sharing Systems: a Benchmarking among 50 Cities* (DE VASSIMON, 2016), a seguir descreve-se com maior detalhe os procedimentos realizados.

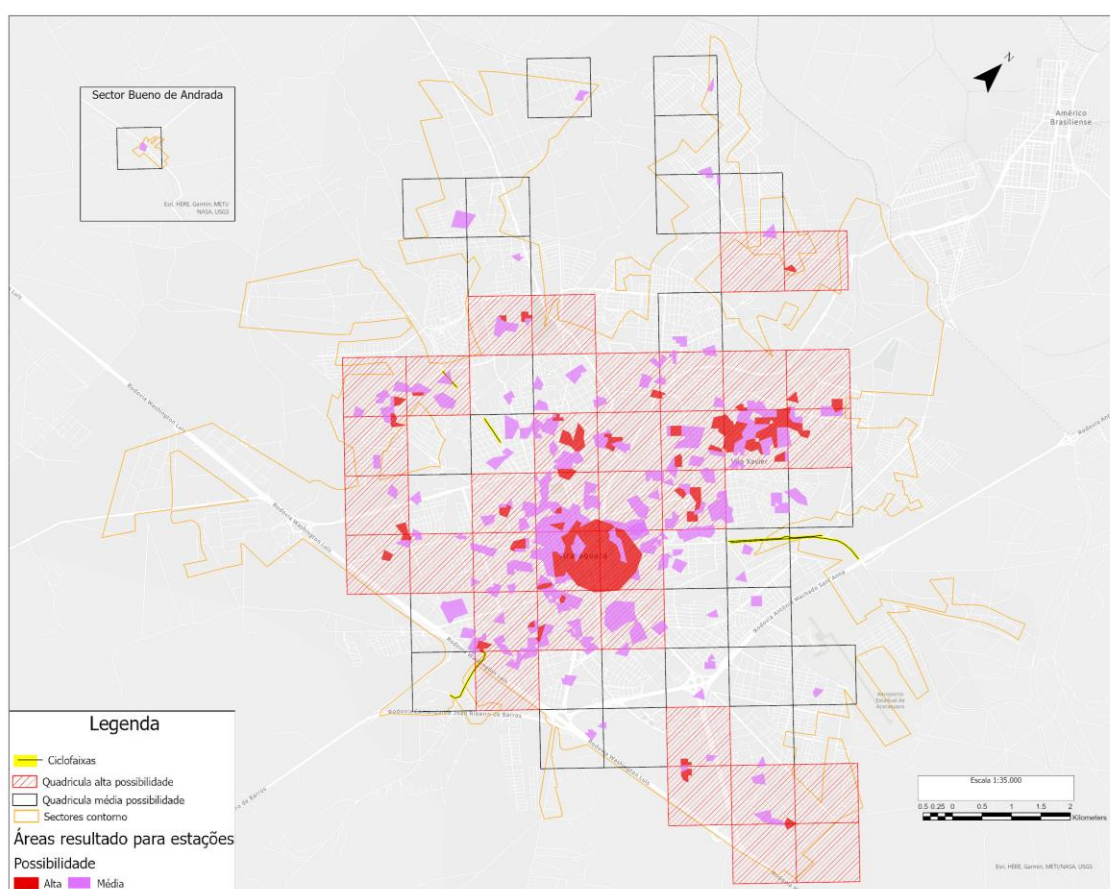
6.9.1. Número total de estações

O número total de estações utilizou as áreas com média e alta possibilidade como, mostra-se na Figura 66. Além disso, segue-se a recomendação da Guia de Planejamento de Sistemas de Bicicletas Compartilhadas (ITDP, 2014), que sugere criar uma rede com quadriculas de dimensões de 1 km por 1 km, de qual selecionaram-se aquelas que contém ou intersectam uma área de média ou alta possibilidade. Ademais, nas quadriculas que apresentaram as duas possibilidades se deu prioridade para a opção de alta possibilidade. Finalmente, as quadriculas obtidas deste procedimento permitiram obter a possível localização e o número de estações a estabelecer, lembrado que para este caso só se está contemplando uma estação por quadricula. Entretanto, por sugestão de outros técnicos, aspectos econômicos ou de funcionamento pode-se reduzir ou ampliar este valor. A seguir se descreve com maior detalhe cada uma das alternativas:

- Número total de estações / A1: Se propõe 36 estações, com base nas quadriculas que contém ou intersectam áreas com alta possibilidade; e
- Número total de estações / A2 / A3: Se propõe 65 estações, com base, nas 36 quadriculas que contém alta possibilidade e agregando as 29 quadriculas com média possibilidade. Novamente utiliza-se o conceito da rede, com as quadriculas que contém ou intersectam as áreas de alta e média possibilidade.

Na Figura 66 se apresentam as quadriculas que compõe as alternativas.

Figura 66. Mapa das estações - áreas alta e média possibilidade



Fonte: Autoria própria (2020)

Além disso dentro de cada uma destas estações considera-se outra recomendação do ITDP, relacionada com a quantidade de bicicletas. Tal recomendação indica um número entre 10 e 30 bicicletas por estação, sem diferenciar o tipo de sistema, manual ou automático (ITDP, 2018). Desta forma, decidiu-se tomar um valor médio de 15 bicicletas para cada estação, sem fazer distinção do tipo de sistema.

6.9.2. Custo operação total

Com relação aos custos de operação dos sistemas de bicicletas compartilhadas, seguiu-se as publicações de IDAE (2007) e SACRAMENTO DISTRITO METROPOLITANO (2013), uma vez que as mesmas apresentam enfoques das análises clássicas, considerando diversos aspectos econômicos e permitindo obter a relação custo / bicicleta total, a qual é uma variável de muita utilidade na hora de realizar a implementação definitiva de um SBC.

Os enfoques contemplam os seguintes custos de operação para estabelecer um SBC: i) preparação de um estudo ou plano de mobilidade, ii) compra das bicicletas, iii) compra e instalação das estações de bicicletas, iv) serviço de manutenção e reparo das bicicletas (equipamentos, instalações e pessoal), v) serviço de distribuição de bicicletas (equipamentos, veículos de transporte e pessoal), vi) comunicação e marketing (*web*, brochuras, publicidade), vii) serviço de manutenção das estações, e viii) sistema de controle e gerenciamento (software, elementos de pago).

O cálculo destes custos para os SBC varia de acordo com o tipo de sistema (manual ou automático), da participação do governo e da região de implementação. Por estas razões estabelecer um valor preciso do custo de implementação apresenta um nível de dificuldade elevado. No caso de IDAE (2007) avaliaram-se os custos nomeados em 14 sistemas de bicicletas localizados na Espanha, os quais apresentam características diversas com relação à população, o tipo de sistema, o tipo de operador, a tarifa de uso, entre outras. No caso da região de Sacramento o total de sistemas analisados foram 4, todos de tipo automático. Os valores foram convertidos de Euros e Dólares para Reais usando taxas de conversão médias de 4,5415 e 3,9736, respectivamente, para agosto de 2020, segundo o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 2020).

Primero, calculou-se o custo médio associado aos custos máximos e mínimos gerados pelas referências adotadas (IDAE (2007) e SACRAMENTO DISTRITO METROPOLITANO (2013)). Em seguida, calculou-se o custo final médio baseado nos custos médios por organização, obtendo-se os valores para cada tipo de sistema e apresentados na Tabela 35.

Tabela 35. Custo aproximado de cada tipo de sistema

| Tipo de sistema / Organização | Custos mínimos e máximos (R\$) (ano / bicicleta) | Custo médio (R\$) (ano / bicicleta) | Custo final médio (R\$) - Sistema manual (ano / bicicleta) | Custo final médio (R\$) - Sistema automático (ano / bicicleta) |
|--|---|--|---|---|
| Manual (IDAE, 2007) | 5.900 - 10.900 | 8.400 | 8.400 | |
| Automático (IDAE, 2007) | 6.360 - 17.710 | 12.035 | | |
| Automático (Sacramento Distrito Metropolitano, 2013) | 16.690 - 18.820 | 17.485 | | 14.760 |

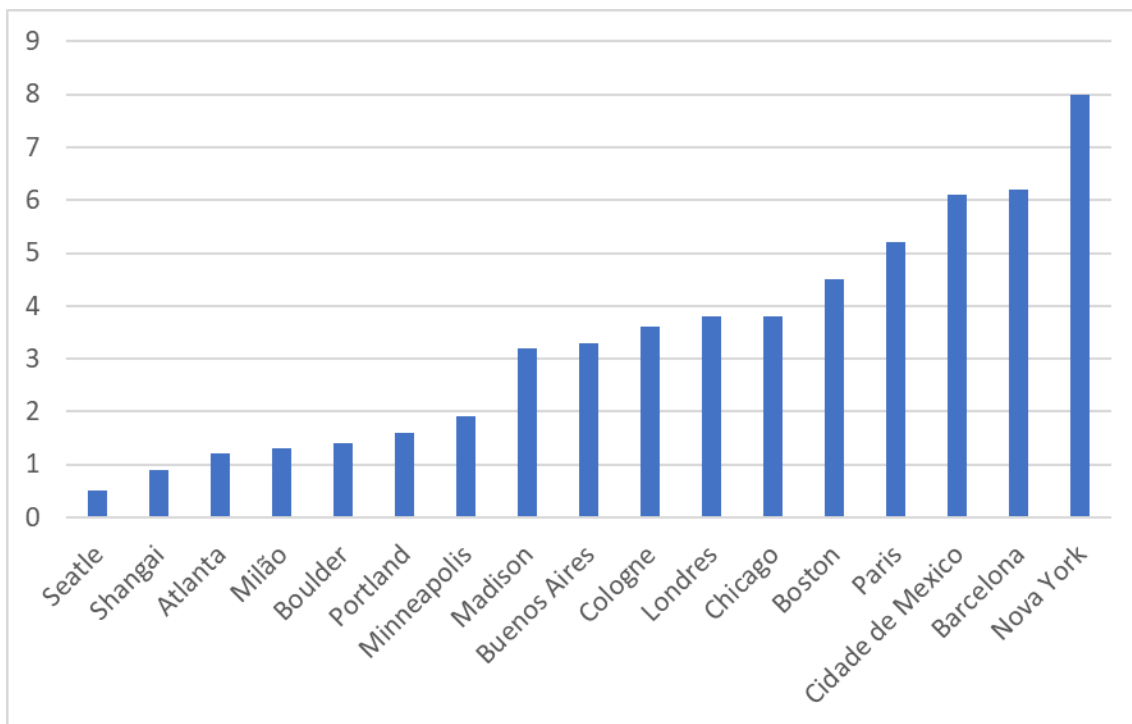
Fonte: IDAE (2007) e Sacramento Distrito Metropolitano (2013)

- Custo operação total/ A1: Considera-se um sistema manual, que é mais econômico e se ajusta a uma cidade de porte médio, porém conforme o sistema se expande, apresentará dificuldades em sua administração (IDAE, 2007). No caso desta alternativa o custo médio é de R\$8.400 ano / bicicleta;
- Custo operação total / A2: Considera-se a outra opção, o sistema automático. Destaca-se que este tipo de sistema permitem um melhor controle e administração, pois involucram elementos tecnológicos (GPS, conexão à internet, etc), porém apresentam um maior custo (IDAE, 2007). No caso desta alternativa um sistema automático, tem-se um custo médio de R\$14.760 ano /bicicleta; e
- Custo operação total / A3: Considera-se as duas opções o sistema automático e o sistema manual, destacando que o primeiro estará nas áreas de alta possibilidade, devido a que pode apresentar um maior uso, implicando em uma administração de maior complexidade. O segundo sistema estará nas áreas com média possibilidade, pensando em uso menor e administração menos complexa. Além disso, um sistema misto pode reduzir custos na hora da implementação. No caso desta alternativa, o sistema manual tem um custo médio de R\$8.400 ano / bicicleta e o sistema automático, um custo médio de R\$14.760 ano / bicicleta.

6.9.3. Uso do sistema (número total de viagens diárias)

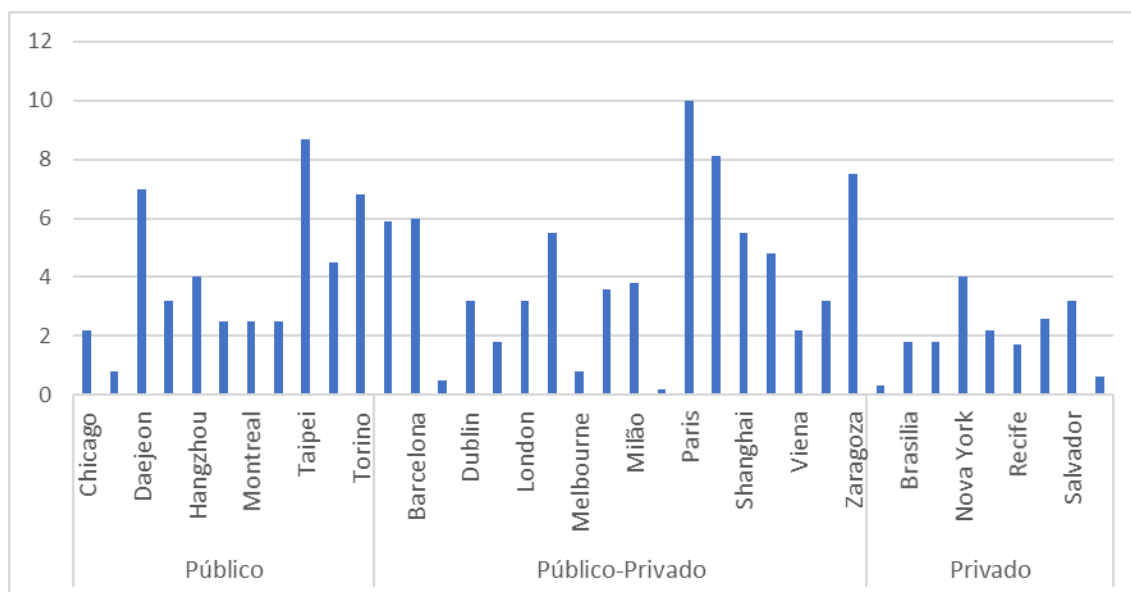
O valor para esta característica baseou-se em estudos desenvolvidos por ITDP (2018) e DE VASSIMON (2016). O primeiro analisou 21 sistemas de bicicletas compartilhadas automáticos e suas viagens efetuadas nas áreas de serviço com mais de 1.000 residentes, como visualizado na Figura 67. O segundo comparou 50 sistemas de bicicletas compartilhadas automáticos do mundo separando-os pelo modelo de contratação (público, público-privado, privado), como se mostra na Figura 68.

Figura 67. Viagens médias dos sistemas de bicicletas compartilhadas medidos para 2017



Fonte: Adaptado ITDP (2018)

Figura 68. Viagens médias dos sistemas de bicicletas compartilhadas medidos para 2015



Fonte: Adaptado De Vassimon (2016)

Estas referências apresentam como conclusão de que 5-10 viagens diárias são uma média de possibilidades de sucesso para um SBC, além disso ITDP (2018) recomenda adicionalmente realizar a medição desta característica de forma progressiva e constante. Sendo assim, decidiu-se para a alternativa automática tomar o valor médio aproximado entre 5 e 10 viagens que são 7 viagens, e para o sistema manual, por apresentar uma menor capacidade, escolheu-se o valor de 5 viagens. A seguir se descreve com maior detalhe as alternativas.

- Uso do sistema / A1: por ser um sistema manual decidiu-se um valor aceitável de 5 viagens diárias para cada estação. Devido a que o funcionamento deste sistema apresenta dificuldades como, tempos maiores de espera do que seria em um sistema automático, durante os procedimentos de empréstimos e devoluções. Além disso, o monitoramento das bicicletas é realizado com menor precisão;
- Uso do sistema / A2: por ser um sistema automático decidiu-se trabalhar com o valor médio de 7 viagens diárias para cada estação; e
- Uso do sistema / A3: por ter um sistema misto optou-se pela média de viagens de acordo com o sistema existente em cada estação.

Com os valores de cada alternativa, também foi necessário estabelecer os pesos para cada característica, os quais foram utilizados na última parte do método MOORA,

na escolha da melhor alternativa. Os pesos foram determinados com o método AHP, utilizado anteriormente. A seguir, na Tabela 36, apresenta-se a matriz de comparação.

Tabela 36. Matriz de comparação para os pares das características do SBC.

| Características | Número total de estações | Custo de operação total | Uso do sistema (número total de viagens diárias) |
|--|--------------------------|-------------------------|--|
| Número total de estações | 1 | 1/7 | 1/7 |
| Custo operação total | 7 | 1 | 3 |
| Uso do sistema (número total de viagens diárias) | 7 | 1/3 | 1 |

Fonte: Autoria própria (2020)

A Tabela 37, apresenta a matriz de comparação por pares, com os valores escolhidos para cada característica.

Tabela 37. Matriz de comparação com a qualificação numérica para as características do SBC

| Características | Número total de estações | Custo de operação total | Uso do sistema (número total de viagens diárias) |
|--|--------------------------|-------------------------|--|
| Número total de estações | 1.00 | 0.14 | 0.14 |
| Custo operação total | 7.00 | 1.00 | 3.00 |
| Uso do sistema (número total de viagens diárias) | 7.00 | 0.33 | 1.00 |
| Total | 15 | 1.48 | 4.14 |

Fonte: Autoria própria (2020)

De acordo com a metodologia AHP, o cálculo do vetor de pesos dos critérios da matriz de comparação por pares com qualificação, proporciona a ponderação de cada uma das características. Ou seja, os componentes do vetor de pesos dos critérios da matriz apresentam as pesagens que têm cada uma das características sobre a tomada da decisão final. Para calcular o vetor de pesos dos critérios de uma matriz, foi necessário gerar a matriz normalizada de comparação por pares, a qual obteve-se dividindo cada valor de cada uma das colunas pela soma total da coluna. A seguir se apresenta a matriz normalizada para cada uma das características (Tabela 38).

Tabela 38. Matriz normalizada de comparação por pares das características do SBC

| | Número total de estações | Custo operação total | Uso do sistema (número total de viagens diárias) |
|--|--------------------------|----------------------|--|
| Número total de estações | 0.07 | 0.10 | 0.03 |
| Custo operação total | 0.47 | 0.68 | 0.72 |
| Uso do sistema (número total de viagens diárias) | 0.47 | 0.23 | 0.24 |

Fonte: Autoria própria (2020)

Depois de calcular a matriz normalizada de comparação por pares, procedeu-se à geração do vetor de pesos dos critérios das características, tal como apresentado na Tabela 39, que posteriormente será utilizado como o fator de peso no método MOORA.

Tabela 39. Vetor de pesos dos critérios das características do SBC

| Critério | Ponderação | Porcentagem |
|--|-------------------|--------------------|
| Número total de estações | 0.07 | 7% |
| Custo operação total | 0.62 | 62% |
| Uso do sistema (número total de viagens diárias) | 0.31 | 31% |
| Total | 1.00 | 100% |

Fonte: Autoria própria (2020)

Depois de obter a ponderação de cada uma das variáveis, foi necessário realizar uma validação dos resultados obtidos (SAATY, 1980). Dentro da metodologia AHP, propõe-se um cálculo da razão de consistência (RC), a qual determinou se os resultados obtidos no vetor critério estavam adequados ou se deviam fazer ajustes na matriz de comparação por pares, para otimizar os resultados. De acordo com a metodologia AHP, a (RC) deve ser inferior ou igual a 0,1. Se o resultado for maior, os valores da matriz de comparação por pares devem ser reconsiderados e modificados.

Primeiro foi necessário calcular o λ_{max} autovalor máximo, o qual foi calculado pela multiplicação da matriz de pesos dos critérios pelo vetor coluna de prioridades, conforme apresentado na Tabela 40.

Tabela 40. Autovalor máximo para características do SBC

| Pesos das características | | Total | Pesos das características *total |
|--|------|----------------|----------------------------------|
| Número total de estações | 0.07 | 15.00 | 1.05 |
| Custo operação total | 0.62 | 1.48 | 0.91 |
| Uso do sistema (número total de viagens) | 0.31 | 4.14 | 1.28 |
| | | Σ 20.62 | |

Fonte: Autoria própria (2020)

Com o autovalor máximo calculado, calculou-se o (IC) insumo para o (RC), Tabela 41.

Tabela 41. Índice de consistência para características do SBC

| Características | N | (IC) |
|------------------------|---|------------------------------------|
| | | $\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ |
| Características do SBC | 3 | 0.099 |

Fonte: Autoria própria (2020)

Finalmente, o método AHP permitiu avaliar a coerência dos fatores com a razão de consistência (RC), calculado da seguinte forma (Tabela 42).

Tabela 42. Razão de consistência para cada fator

| Fatores | N | RI (tabelado) | (RC)= IC *RI |
|------------------------|---|---------------|--------------|
| Características do SBC | 3 | 0.58 | 0.058 |

Fonte: Autoria própria (2020)

Para as características, o valor do (RC) é inferior de 0,1. Determinou-se como aceitáveis os valores obtidos e foram validados os resultados da análise matricial e do vetor de pesos dos critérios, que se converteram nos pesos do método MOORA.

O método MOORA, começou com a formulação da matriz de decisão final ou MDF, apresentada na Tabela 43, com as três características i) número total de estações calculadas das metodologias AHP e SIG, ii) custo de operação total, calculado a partir do total de bicicletas por estação multiplicado pelo custo, segundo o tipo de sistema manual ou automático, e iii) uso do sistema de acordo com o número total de viagens diárias, calculado pelo total de bicicletas por estação multiplicado pela média de viagens diárias segundo tipo de sistema manual ou automático. É importante ressaltar que o método propõe o conceito de critério de benefício no qual se maximiza e minimiza as

características. Com base neste, o número total de estações e uso do sistema número total de viagens diárias foram maximizadas (benefício), enquanto o custo de funcionamento ou implementação foi minimizado (não benefício).

Tabela 43. Matriz de decisão final (MDF)

| Características | Número total de estações | Custo operação total R\$ (ano / bicicleta.) | Uso do sistema (número total de viagens diárias) |
|-----------------------------|--------------------------|---|--|
| Alternativas | Benefício | Não Benefício | Benefício |
| A1 | 36 | 4.536.000 | 2.700 |
| A2 | 65 | 14.391.000 | 6.825 |
| A3 | 65 | 11.624.400 | 5.955 |
| Pesos obtidos do AHP | 0.07 | 0.62 | 0.31 |

Fonte: Autoria própria (2020)

Como os valores das características estão expressos em diferentes unidades, foi calculada uma normalização de cada um destes que no caso específico das matrizes, consistiu em dividir cada um de seus elementos por longitude euclidiana (raiz da somatória de cada elemento elevado ao quadrado), tal como apresentado nas definições das seguintes equações:

$$|X_n| = \sqrt{\sum_1^x x_i^2} \quad (13)$$

$$N_{x_j} = \frac{x_j}{|X_n|} \quad (14)$$

Como resultado destes cálculos se obteve a matriz de decisões normalizada, apresentada na Tabela 44.

Tabela 44. Matriz de decisões normalizada

| Características | Número total de estações | Custo operação total (ano / bicicleta.) | Uso do sistema (número total de viagens diárias) |
|---------------------|--------------------------|---|--|
| Alternativas | Benefício | Não Benefício | Benefício |
| A1 | 0.36 | 0.24 | 0.29 |
| A2 | 0.66 | 0.76 | 0.72 |
| A3 | 0.66 | 0.61 | 0.63 |

Fonte: Autoria própria (2020)

A seguir, foi calculada a matriz de pesos normalizada (Tabela 45), através da multiplicação dos pesos estabelecidos com o método AHP e a matriz de decisões normalizada.

Tabela 45. Matriz de pesos normalizada

| Características | Número total de estações | Custo operação total (ano / bicicleta.) | Uso do sistema (número total de viagens diárias) |
|---------------------|--------------------------|---|--|
| Alternativas | Benefício | Não Benefício | Benefício |
| A1 | 0.026 | 0.148 | 0.089 |
| A2 | 0.046 | 0.468 | 0.224 |
| A3 | 0.046 | 0.378 | 0.195 |

Fonte: Autoria própria (2020)

De acordo com o critério de benefício calculou-se o vetor de contribuição alternativa, que para este caso, correspondeu à somatória dos pesos normalizados das características número total de estações e uso do sistema (número total de viagens diárias), subtraindo o “critério de custo” que é o custo de funcionamento ou implementação do SBC, como apresenta-se na Tabela 46. O maior valor e a posição do ranking representaram a melhor alternativa de localização e caracterização das estações de bicicleta para o SBC. Apesar dos valores obtidos terem sido negativos, o maior neste caso foi a alternativa 1 sendo a mais indicada de acordo com o ranking, seguida da alternativa 2 e finalmente, da alternativa 3.

Tabela 46. Matriz índice de decisão

| Atributos | Vetor de contribuição | Critério de custo | Índice de decisão (β_i) | Ranking |
|---------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------------|---------|
| Alternativas | | | | |
| A1 | 0.114 | 0.148 | -0.034 | 1 |
| A2 | 0.270 | 0.468 | -0.198 | 3 |
| A3 | 0.241 | 0.378 | -0.137 | 2 |

Fonte: Autoria própria (2020)

7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho permitiu mostrar o retrato da realidade do município de Araraquara, destacando as características da infraestrutura cicloviária, sua pouca conectividade e extensão, as quais não se tem sido foco de investimentos por parte dos governos. Isto refletiu nas análises dos métodos AHP e SIG, com a presença de um menor número de áreas com alta e média possibilidade de implantação de um SBC. Caso a realidade fosse diferente, permitiria pensar em um sistema de bicicletas compartilhadas mais estruturado e de maior extensão geográfica.

Com relação à metodologia desenvolvida, a utilização de métodos de análises multicritério se apresentaram como uma ferramenta excelente, pois possibilitou a integração com o SIG, permitindo a standardização de diferentes variáveis e uma maior integração, que de outra forma não permitiria tomar decisões com análises espaciais.

Durante os processos de cálculos para os métodos AHP e o MOORA, deve-se prestar atenção e cuidado com o fim de evitar erros. Com relação ao MOORA se apresentou uma dificuldade baseada na escolha das variáveis que gerariam o modelo. Além disso, dentro do componente SIG foi necessário ter conhecimento sobre as ferramentas que o software oferecia, de forma a possibilitar a realização de análises geográficas.

O uso dos métodos MOORA, AHP e SIG apresentou como aspectos positivos, sua versatilidade e adaptabilidade a diversos espaços, características estas que foram mostradas durante a revisão bibliográfica. Além disso, destacou-se também que a maior parte de documentos foram de fácil compressão e tornaram mais simples a realização das etapas do trabalho.

A disponibilidade da maior parte da informação geográfica também facilitou a realização do trabalho, já que a mesma estava atualizada e estruturada e sobre a qual não foi necessário realizar processos de revisão e reajuste que impactariam negativamente sobre o trabalho.

Como dificuldades ou elementos negativos se apresentaram a coleta de informação com o questionário online, pois apesar de ser amplamente divulgado é um processo que deve ser constantemente reforçado procurando adquirir os questionários necessários. À princípio elaborado para ser respondido de forma presencial, o mesmo

teve que ser readequado para ser respondido online, o que requereu maior disponibilidade dos entrevistados.

Outra dificuldade encontrada referiu-se à seleção das variáveis para o método MOORA que tiveram que ser avaliadas em cada alternativa, uma vez que houve pouca informação sobre valores de viagens médias para SBC e os respectivos custos da implementação.

Os critérios utilizados assim como a qualidade dos dados sugerem, portanto, que o método pode ser aplicado em cidades de porte maior, realizando-se pequenas adaptações nos critérios. A adaptabilidade geral da metodologia lhe permite selecionar outras características/critérios para serem avaliados dentro do método AHP e o método MOORA. Para cidades com características próximas às de Araraquara, este trabalho deixa uma linha base de critérios, e deve-se pensar em agregar outros critérios à avaliação junto com outras alternativas e características específicas para o método MOORA.

Com relação aos fatores urbanos, espaços como universidades e escolas, além de fornecerem infraestrutura cicloviária, possibilitam o incentivo ao uso da bicicleta, uma vez que a população destes espaços pode fazer uso contínuo no tempo, permitindo a funcionalidade e estabilidade do SBC.

Nos fatores de transporte, deve-se incentivar e desconcentrar a demanda das viagens de transporte público do terminal, com possíveis estações intermediárias de ônibus, medida que resultaria em novas áreas com possibilidades para estações do SBC.

Referente aos fatores de caracterização do usuário, a cidade tem um alto potencial para um SBC, pois dentro das perguntas realizadas, 71% responderam que o considera de útil para muito útil. Já a quanto à disposição em se pagar por utilizar um possível sistema de bicicletas compartilhadas, 58% dos entrevistados declararam que está disposto a pagar, apresentando-se como um nível de aceitabilidade importante.

O questionário foi aplicado de forma online o que permitiu desenvolver o projeto de forma mais simples. Porém é relevante dizer que se esperava ter uma maior e mais rápida participação pela ampla divulgação que se fez deste, e por sua natureza online.

Referente aos dados obtidos do questionário, ressalta-se a participação da bicicleta nas viagens utilitárias, sendo o segundo modal depois do veículo particular e superando modais como a moto e o transporte público (especificamente ônibus). Este resultado reforça a ideia de aproveitar e seguir incentivando este meio de transporte com

políticas públicas que se podem concretizar em infraestrutura: sistemas de bicicletas compartilhadas ou elementos de tipo esportivo, como a implantação de ciclofaixas de lazer.

A situação particular da pandemia que ainda se está experimentando, refletiu nas situações nas quais as pessoas realizaram viagens únicas ou com motivações específicas, evitando mais de um deslocamento como ir do trabalho para um local de compras, tal como mostrou a pesquisa de campo.

Outro aspecto a ressaltar é que um número considerável de pessoas segue realizando viagens pelo motivo de trabalho. Provavelmente são labores do tipo operacional, o que não lhes permite utilizar o *homeoffice*.

Quando se analisou a bicicleta e sua característica de permanência ou capacidade para manter os usuários que a utilizam como meio de transporte, se evidenciou a seguinte relação: é um modo de transporte que consegue atrair e manter as pessoas, pois cerca de um 45% destas permanecem utilizando a bicicleta entre 2 e 5 anos.

Fatores de segurança, relacionados com o tráfego ou com possíveis roubos/furtos, são os de maior importância para o possível uso da bicicleta ou sistema de bicicletas compartilhadas, seguidos dos elementos transportados. Por outro lado, dentro da importância dos fatores para o possível uso da bicicleta, fatores como o esforço, o tempo de viagem e a aceitabilidade social não estiveram no primeiro lugar, tal como se esperava.

As pessoas que não utilizaram o transporte público manifestaram como razões principais, os tempos de espera e os tempos de deslocamento. Por outro lado, a população que utiliza este modal o faz principalmente motivado pela economia ou redução de custos comparado com os outros modais.

As características de decisão utilizadas no método MOORA, mostraram que a melhor alternativa consiste em um sistema de 36 estações de tipo manual. Esta alternativa mostra-se atrativa para desenvolver um piloto por parte da autoridade local, focando-se em algumas áreas, o que implicaria priorizar este número de estações.

A segunda alternativa com possibilidade de implementação do SBC, propõe um sistema misto de estações (automáticas e manuais). Para esta alternativa, as áreas de alta possibilidade seriam automáticas, uma vez estariam em funcionamento, enquanto as áreas de media possibilidade seriam colocadas em funcionamento de forma progressiva. Sendo estas estações manuais, isto permitiria mudar sua localização ou fechar-lhes

quando necessário, produzindo um impacto econômico menor que no caso de um sistema automático.

O Distrito de Bueno de Andrada e a área Norte Leste da cidade, ficaram como áreas isoladas dentro dos resultados. A primeira por ser um local como área de turismo, apresentar escolas e ser um receptor de viagens, já a segunda por ser um novo assentamento que origina viagens. Para estabelecer estações de bicicleta nestes locais deve-se garantir a interligação deles, de forma a diminuir a probabilidade de que não sejam utilizadas.

Finalmente, a o trabalho realizado para a cidade de Araraquara cumpriu com os objetivos propostos, com algumas recomendações que devem ser realizadas. Porém, um aspecto fundamental para que este método se constitua em um instrumento efetivo para o planejamento e gestão de SBC consiste no desenvolvimento de processos periódicos e sistemáticos de coleta de dados que permitam a avaliação de outros critérios.

7.1. Contribuições para trabalhos futuros

Este trabalho apresenta ao nível metodológico uma orientação abrangente sobre como se deve abordar propostas de sistemas de bicicletas compartilhadas em cidades de médio porte. No caso do estudo aqui realizado, sugere-se reforçar ou ampliar a coleta de dados através do questionário, com o objetivo de ser ter diversidade de resultados.

Durante este período de pandemia verificou-se um crescente número de trabalhos acerca da importância da bicicleta como modal de transporte. Sugere-se apoiar-se nos mesmos para seguir desenvolvendo trabalhos ou propostas neste segmento.

Apesar de ter incluído diversos elementos na caracterização dos usuários, deve-se pensar em mais características que permitam avaliar o sistema de forma mais abrangente dentro do método MOORA, de forma a escolher a melhor alternativa para o SBC.

A concentração de viagens ao centro da cidade foi evidente, sugerindo desconcentrar alguns elementos que levam a esta característica e estudar medidas focadas na mobilidade ativa que mudem esta situação.

Ainda que o trabalho tenha um caráter acadêmico, já pode contribuir para o tema da demanda potencial pelo transporte cicloviário e, mais especificamente, no caso de estudo da cidade de Araraquara a possibilidade de um SBC ser apresentado à população

e ao governo local. A formulação de ideias, sugestões ou conclusões, permitirão ter elementos de julgamento para agregar ou tirar conceitos.

Por fim, desenvolver um elemento mais qualitativo, como um índice que apresenta a possibilidade de estabelecer um sistema de bicicletas compartilhadas, através da utilização dos fatores aqui apresentados também pode ser uma nova proposta para a continuidade deste trabalho.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACICLO Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas e Bicicletas. **Coletivas 2015**. Disponível em <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/araraquara_s_https://www.abraciclo.com.br/coletivas-de-2015p>. Acesso em: 19 jun. 2019.

ACERO, J. **Los sistemas de bicicletas públicas vistos desde la relación servicio producto. Estúdio de caso: El programa de bicicletas Bicirrun de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, 2011**. Tese (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Instituto de Ciências Ambientais, Universidade Nacional de Colômbia, Bogotá, 2011.

ALCARÁZ, J, *et al.* **Selección de proveedores usando el método MOORA**. Cultura Científica y Tecnológica, 2015. 41p.

ANDREAZZA, M. **Os transportes no Brasil. Planejamento e execução**. 1. Ed. Rio de Janeiro 1972. 6p.

ArcGIS Pro. Versão 2.5.2. Esri Disponível em < <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/get-started/install-and-sign-in-to-arcgis-pro.htm>>. Acesso em 15 jun. 2019.

ARIAS, D *et al.* **The Ws of MaaS: Understanding mobility as a service from a literatura review**. IATSS Research, 2020. 34 p.

ASSOCIAÇÃO DOS CICLISTAS URBANOS DE BELO HORIZONTE. Disponível em < <http://bhemiclo.org/analise-sobre-o-primeiro-mes-das-bicicletas-compartilhadas-em-bh/> > Acesso em: 18 ago. 2020.

ATLAS BRASIL. **Perfil Araraquara, ANO** Disponível em <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/araraquara_sp>. Acesso em: 19 jul. 2019.

BACHAND-MARLEAU, M *et al.* **Better understanding of factors influencing likelihood of using shared bicycle systems and frequency of use.** Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, v 2314, p 66–71, 2012.

BARBERAN, A *et al.* **Factors influencing bicycle use: a binary choice model with panel data.** Transportation research procedia, v 27, p. 253-260, 2017.

BECKER, H *et al.* **Assessing the welfare impacts of shared mobility and Mobility as a Service (MaaS).** Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2020, v 131, p. 228-243.

BENEDINI, J. **Bicicletas próprias e compartilhadas na cidade de São Paulo: perfil dos usuários e características das viagens** (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo), 2018.

BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Taxa de câmbio média vigente.** Disponível em : <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/servicos-online/credenciamento-de-equipamentos/taxa-cambio-media-vigente>> Acesso em: 28 sep. 2020.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.html>. Acesso em: 24 ago. 2020.

BRASIL. **Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001.** Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.html>. Acesso em: 24 ago. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Departamento Nacional de Trânsito. Sinalização Vertical de Regulamentação. **Manual de Sinalização Brasileiro de Sinalização.** v 1. 220 p, 2. ed. Brasília, 2007a.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Departamento Nacional de Trânsito. Sinalização Horizontal. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito**. v 4. 128 p, 1 ed. Brasília, 2007 b.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Departamento Nacional de Trânsito. Sinalização Vertical de Advertência. **Manual Brasileiro de Sinalização**. v 2. 218 p, 1 ed. Brasília, 2007c.

BRASIL. **Lei 12.587 3 De janeiro de 2012. Mobilidade Urbana**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm>. Acesso em: 14 abr. 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades-Transporte ativo**, WRI Brasil Cidades Sustentáveis, 2017. 120 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**, WRI Brasil Cidades Sustentáveis, 2015, 236 p.

BUEHLER, M e HAMRE, A. **Economic benefits of capital bikeshare: A focus on users and businesses**. U.S.: Mid-Atlantic Universities Transportation Centre. Disponível em <<http://ntl.bts.gov/lib/51000/51900/51965/VT-2013-06.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2020.

CADURIN, L. **Demanda potencial para um sistema de compartilhamento de bicicletas pedelecs: o caso de um campus universitário**. Dissertação (Mestrado em Ciências-Programa em Engenharia de Transportes) Departamento Programa em Engenharia de Transportes. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2016.

CEBRAP. **Estudos de mobilidade por bicicleta**. Disponível em <https://cebrap.org.br/wp-content/uploads/2019/07/DesafioMobilidade1_eBook.pdf> Acesso em: 18 ago. 2020.

CHANG, SK *et al.* **Mobility as a service policy planning, deployments and trials in Taiwan.** IATSS Research, v 43, n 4, p. 210-218, 2019.

CHINADAILY. **Coolqi steps up game in bike-sharing market with new model.** Disponível em < https://www.chinadaily.com.cn/business/tech/2017-06/12/content_29708469.htm> Acesso em: 23 set. 2019.

CNM CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. **Crise dos municípios a falta de recursos.** Disponível em <<https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/ET%20Vol%207%20-%202003.%20Crise%20dos%20Munic%EDpios%20-%20a%20falta%20de%20recursos.pdf>>
> Acesso em: 13 set. 2019.

CONNECTART. **SOFTWARE COMO SERVIÇO – SAAS.** Disponível em < https://blog.conectart.com/que-es-cloud-computing/#Tiposdel_Cloud_Computing>.
Acesso em: 25 ago. 2020.

CONUE COMISSÃO NACIONAL PARA O USO EFICIENTE DA ENERGIA. **MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL. Mobilidade Urbana y Sostenible.** Disponível em < <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/313972/movilidadurbanasostenible.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2019.

CTA Controladoria do transporte de Araraquara. **Horários de Transporte Coletivo.** Disponível em < <http://www.ctaonline.com.br/index.php/campus-vila-xavier.html>>.
>. Acesso em: 22 nov. 2019.

DAGERMOND, J. **What is GIS.** Disponível em < <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>> . Acesso em: 28 mar. 2019.

DA SILVA e BARCELOS. **Mobilidade Urbana no Brasil: Um Direito Social.** Virtuajus, v 3, n 5, p. 133-152, 2018.

DEMAIO, P. **Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future.** Journal of Public Transportation, Florida, 2009. 56 p.

DENATRAN Departamento Nacional de Trânsito. **Sinalização de áreas escolares,** 2000. 96p.

DE VASSIMON, P. **Performance Evaluation for Bike-Sharing Systems: a Benchmarking among 50 Cities.** Velo-City Global 2016, Disponível em < https://ecf.com/sites/ecf.com/files/67_29AM1-1-1216-Pedro%20Pimentel%20de%20Vassimon.pdf > Acesso em: 24 set. 2020.

ESRI. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Pendiente de superfície.** Disponível em <<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/surface-slope.htm>>. Acesso em: 10 mai. 2020.

ESRI ESPAÑA. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **web-gis-el-modelo-de-geoinformacion-esri.** Disponível em < <https://www.esri.es/entrada-de-blog/web-gis-el-modelo-de-geoinformacion-esri/>> Acesso em: 10 mai. 2019.

FISHMAN, E *et al.* **Bike share: A synthesis of the literature.** Transport Reviews, v 33, p. 148–165, 2013.

FISHMAN, E *et al.* **Bike share's impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia.** Transportation Research Part D: Transport and Environment, v 31, p. 13–20, 2014.

FULLER, D *et al.* **Impact evaluation of a public bicycle share program on cycling: A case example of BIXI in Montreal, Quebec.** American Journal of Public Health, V 103(3), p. 85–92, 2013.

GEIPOT. **Manual de planejamento cicloviário.** Brasília: Geipot. Empresa Brasileira de

Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes, 2001, 110p.

GHANDEHARI, M *et al.* **Locating of Bicycle Stations in the city Isfalan Using Mathematical Programing and Multi-Criteria Decision-Making Techniques.** International Journal of Academic Research in Accounting, Finance, Management Sciences, v 3, n 4, p. 18-26, 2013.

GOBIERNO DE ESPAÑA, **Estudio sobre el impacto de la implantacion de sistemas públicas em España, Cataluya.** . Bicicleta Club De Cataluya, Barcelona, 2009. 123 p.

HANDY S *et al.* **Factors associated with bicycle ownership and use: a study of six small US cities.** Transportation, v 37(6), p. 967-985, 2010.

IBGE. **Frota de veículos** .Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120?tipo=grafico>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

IBGE. **Araraquara.** Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/araraquara/panorama>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

IDAE. INSTITUTO PARA A DIVERSIFICAÇÃO E POUPANÇA DA ENERGIA. **Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España.** Madrid, 2007. 124 p.

ITDP. INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO. **Guia de Planejamento de Sistemas de Bicicletas compartilhadas.** Rio de Janeiro, 2014. 156 p.

ITDP. INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO. **Sistemas de bicicletas compartilhadas em Belo Horizonte, Distrito Federal, Rio de Janeiro e São Paulo. Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2016. 37 p.

ITDP. INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO. **The Bikeshare Planning Guide.** 110 p. México DF, 2018.

JELIJS, B *et al.* **Key factors for the bicycle use of visually impaired people: a Delphi study.** *Disability and rehabilitation*, v 41, p. 2758-2765, 2019.

JENSEN, P *et al.* **Characterizing the speed and paths of shared bicycle use in Lyon.** *Transportation Research Part D*, v 15(8), p. 522–524. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.trd>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

HAUSTEIN, S *et al.* **A comparison of cycling cultures in Stockholm and Copenhagen.** *International Journal of Sustainable Transportation*, v 14, n 4, p. 280-293, 2020.

HESSELGREN, M *et al.* **Understanding user practices in mobility service systems: Results from studying large scale corporate MaaS in practice.** *Travel Behaviour and Society*, 2019.

HUNTER, C *et al.* **Objective correlates and determinants of bicycle commuting propensity in an urban environment.** *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v 40, p. 132-143, 2015.

KABAK, M. *et al.* **A GIS-based MCDM approach for the evaluation of bike-share station.** *Journal of cleaner production*, v 201, p. 49-60, 2018.

KIM, S *et al.* **The review on MaaS application methods for smart cities.** *International Journal Of Transportation*, v 6(2), p. 33-46, 2018.

LEISTER, M *et al.* **"Understanding bike share reach, use, access and function: An exploratory study."** *Sustainable cities and society* v 43, p. 191-196, 2018.

LI, Y e VOEGE, T. **Mobility as a service (MaaS): Challenges of Implementation and Policy Required.** *Journal of transportation technologies*, v 7, p. 95-106, 2017.

LYONS, G *et al.* **The importance of user perspective in the evolution of MaaS.** *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v 121, p. 22-36, 2019.

MANCA, F *et al.* **The effect of social influence and social interactions on the adoption of a new technology: The use of bike sharing in a student population.** *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v 105, p. 611-625, 2019.

METE, S *et al.* Location and Coverage Analysis of Bike-Sharing Stations in University Campus, *Business Systems Research Journal*, v 9, n 2, p. 80-95, 2018.

MICROMOBILITY. **The Three Eras of Micromobility.** Disponível em < <https://micromobility.io/blog/2019/4/29/the-three-eras-of-micromobility> > Acesso em: 23 sep. 2020.

MOBILIZE. **Bike Rio cresce quase 3.000% em cinco anos, mas usuários criticam sucateamento.** Disponível em < <https://www.mobilize.org.br/noticias/9322/bike-rio-crece-3000-em-cinco-anos-mas-usuarios-criticam-sucateamento.html> > Acesso em: 23. abr. 2019.

MOLINA-GARCÍA, J *et al.* **Bicycling to university: Evaluation of a bicycle-sharing program in Spain.** *Health Promotion International*. Disponível em < <https://doi.org/10.1093/heapro/dat045> > Acesso em: 21 abr. 2020.

MULLEY, C *et al.* **Mobility as a service in community transport in Australia: Can it provide a sustainable future.** *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v 131, p. 107-122, 2020.

NAVARRO, M. **Análise da acessibilidade do Sistema de transporte público urbano. Estudo de caos na cidade de São Carlos- SP.** Dissertação (Mestrado em Ciências-Programa em Engenharia de Transportes) Departamento Programa em Engenharia de Transportes. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.

NOSAL, K e SOLECKA, K. **Application of AHP method for multi-criteria evaluation of variants of the integration of urban public transport.** Transportation Research Procedia, v 3, p. 269-278, 2014.

NOVOCARDARARAQUARA. **Linhas e horários.** Disponível em < <http://novocardararara.com.br/linhas-e-horarios/> > Acesso em: 22 fev. 2020.

ONU ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Assembleia General 1987.** Disponível em < <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml> > Acesso em: 22 fev. 2019.

ORSI, R. **Mobilidade urbana em Araraquara/SP: Desafios para uma cidade de porte médio,** Caderno Prudentino de Geografia, v 1, n 3, p. 199-214, 2017.

PINA, M. **A taxa de motorização nas cidades brasileiras e a questão da mobilidade urbana.** 19º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, v 19, p. 1-9, 2014.

PREFEITURA DE ARARAQUARA. **Números e dados.** Disponível em Disponível em < <http://www.araraquara.sp.gov.br/nossamorada/conteudo-nossamorada/numeros-e-dados> > Acesso em: 19 jul. 2019.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Plano de ações de mobilidade por bicicletas BH 2017-2020.** Disponível em < <http://bhemciclo.org/wp-content/uploads/2017/10/PlanBici-1.pdf> > Acesso em: 8 jan. 2020.

PREFEITURA DE BOGOTA **Tarifas de comparendos, patios y grúas tendrán un incremento del 6% en el 2019** Disponível em < <https://bogota.gov.co/servicios/tarifas-de-comparendos-patios-y-gruas> > Acesso em: 6 abr. 2019.

PREFEITURA DE BOGOTA. **Informe seguimiento plan maestro de movilidad.** Disponível em < <https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/06->

[12-2019/informe_acuerdo_223_de_2006_vigencia_2018.pdf](#) > Acesso em: 8 jan. 2020.

PREFEITURA DE BRASÍLIA. **Planejamento cicloviário do Distrito Federal.** Disponível em <http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/TD_2_Planejamento_Cicloviário_no_DF.pdf > Acesso em: 8 jan.2020.

PREFEITURA DE MENDOZA. **La ciudad suma nuevas bicis y estaciones automatizadas.** Disponível em < <https://www.ciudaddemendoza.gov.ar/2017/10/20/la-ciudad-suma-nuevas-bicis-y-estaciones-automatizadas> > Acesso em: 21 abr. 2019.

PREFEITURA DE PETROLINA. **Sistema de Bicicletas Públicas Probike. Petrolina, Br.: Mobilidade Tecnologia Ltda.** Disponível em < <http://www.petrobike.com> > Acesso em: 10 abr. 2019.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. **Diagnóstico da mobilidade no município de porto alegre e sua interface metropolitana.** Disponível em < https://prefeitura.poa.br/site/default/files/usu_doc/projetos/smim/Plano%20de%20Mobilidade%20Urbana/Relatorio_PMU_Diagnostico_da_Mobilidade.pdf > Acesso em: 8 jan. 2020.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Plano de Mobilidade de São Paulo- Modo Bicicleta.** Disponível em <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/plan_mobsp-rev002_1428005731.pdf?mobile > Acesso em: 18 ago. 2020.

PREFEITURA DE SOROCABA. **URBES Trânsito e Transporte-ciclovias.** Disponível em < <https://www.sorocaba.sp.gov.br/ciclovias> > Acesso em: 18 ago. 2020.

PREFEITURA DE RIO DE JANEIRO. **Plano de Mobilidade Urbana e Sustentável da cidade de Rio de Janeiro.** Disponível em <https://drive.google.com/file/d/1U_B3jT4hx-InfGzD0S40y94QfFReD0HN/viewe > Acesso em: 18 ago. 2020.

PREFEITURA DE UBERLANDIA. **Projeto Udibike deve retornar até o final deste ano afirma organizado.** Disponível em < <https://www.uberlandia.mg.gov.br/midia/clipping/wp-content/uploads/2019/06/Mobilidade-%E2%80%93Projeto-Udibike-deve-retornar-at%C3%A9-o-final-deste-ano-afirma-organizador.pdf> > Acesso em: 10 abr. 2019.

RAILWAY-TECHNOLOGY. **Hangzhou Metro, Zhejiang.** Disponível em <<https://www.railway-technology.com/projects/hangzhou-metro-zhejiang/>> Acesso em: 24 de abr. 2020.

RAMIS, J. e SANTOS. **Uso de automoveis e o caos urbano Considerações sobre o planejamento de transportes das grandes cidades.** Journal of Transport Literature, v. 6, n 4, p. 164-177, 2012.

RICCI, M. **Bike sharing: A review of evidence on impacts and processes of implementation and operation.** Research in Transportation Business & Management, v 15, p. 28-38, 2015.

ROJAS-RUEDA, D. **The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: Health impact assessment study.** British Medical Journal, p. 343, 2011.

ROSAS, D *et al.* **Factors and policies explaining the emergence of the bicycle commuter in Bogotá. Case studies on transport policy,** v 7(1), p. 138-149, 2019.

SAATY, T. **The Analytic Hierarchy Process.** McGraw-Hill, v 1, 287 p, New York, 1980.

SACRAMENTO DISTRITO METROPOLITANO. **Artigo Técnico de Trabalho # 3: Custos Operacionais, Opções de Financiamento, Sistema, Partes interessadas e Modelo de negócio, desenvolvido na região de Sacramento Estados Unidos.** Disponível em < http://mobility-workspace.eu/wp-content/uploads/03_Working_Paper_Costs_October_2013.pdf > Acesso em: 05 sep. 2020.

SAKAI, K. **MaaS trends and policy-level initiatives in the EU.** Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0386111219301499?via%3Dihub> >
Acesso em: 18 abr. 2020.

SCHWEDHELM, A. **Biking Provides a Critical Lifeline During the Coronavirus Crisis.** Disponível em < <https://www.wri.org/blog/2020/04/coronavirus-biking-critical-in-cities>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

SCOTT, D *et al.* **What factors influence bike share ridership? An investigation of Hamilton, Ontario's bike share hubs.** *Travel behaviour and society*, v 16, p. 50-58, 2019.

SECRETARIA DE MOBILIDADE, **Cómo funciona el transporte en Bogotá durante la cuarentena nacional.** Disponível em < https://www.movilidadbogota.gov.co/web/noticia/bogota_dispone_de_117_kilometros_de_ciclovias_temporales_0 >. Acesso em: 18 abr. 2020.

SHAHEEN, S *et al.* **China's Hangzhou public bicycle: understanding early adoption and behavioral response to bikesharing.** *Transportation Research Record*, v 2247(1), p. 33-41, 2011.

SHAHEEN, S *et al.* **Public bikesharing in North America during a period of rapid expansion: Understanding business models, industry trends and user impacts.** San Jose, CA: Mineta Transportation Institute. Disponível em <<http://transweb.sjsu.edu/PDFs/research/1131-public-bikesharing-business-models-trends-impacts.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2020.

SIMSEKOGLU Ö e KLÖCKNER C. **"The role of psychological and socio-demographical factors for electric bike use in Norway."** *International journal of sustainable transportation*, v 13, p. 315-323, 2019.

SMITH, G *et al.* **Intermediary MaaS Integrators: A case study on hopes and fears.**

Transportation Research Part A: Policy and Practice, v 131, p. 163-177, 2020.

SURVEY MONKEY. **Calculadora del tamaño de muestra**. Disponível em < <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator//>>. Acesso em: 01 mai. 2021.

SWISSINFO. **Bicicletas compartidas y espacios públicos en la capital suiza**. Disponível em < https://www.swissinfo.ch/spa/economia/política-de-transportes_bicicletas-compartidas-y-espacios-públicos-en-la-capital-suiza/44363374>. Acesso em: 23 set. 2019.

THARATHORN, K e PIANTANAKULCHAI, M. Prioritizing Suitable Locations of Bike Sharing Station by Using the Analytic Hierarchy Process (AHP). **The 12th International Symposium on the Analytic Hierarchy Process – Multi-criteria Decision Making**, p. 3-13, 2013.

TOWNSEND, A. **Smart cities: Big data, civic hackers, and the quest for a new utopia**. WW Norton & Company, v1, p. 13, 2013.

TRAN, T *et al.* **Modeling bike sharing system using built environment factors**. 7th Industrial Product-Service Systems Conference - PSS, industry transformation for sustainability and business, p. 293-298, 2015.

UNAL. **Probabilidad y estadística, medidas de tendencia central**. Disponível em < http://red.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001065/html/un1/cont_128_28.html >. Acesso em: 21 ago. 2020.

VERMA, M *et al.* **The factors influencing bicycling in the Bangalore city**. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v 89, p. 29-40, 2016.

WOODCOCK, J *et al.* **Health effects of the London bicycle sharing system: Health impact modelling study**. **British Medical Journal**, p. 348-425.

XING, Y *et al.* **Factors associated with bicycle ownership and use: A study of 6 small US cities.** In Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, 2015.

ZANETTINI, F. L. **Cidade de Sorocaba: Mobilidade Urbana e Sistema de Ciclovias,** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2018.

ZHANG, H *et al.* **MaaS in bike-sharing: smart phone GPS data-based layout optimization and emission reduction potential analysis.** Energy Procedia, v 152, p. 649-654. 2018.

ZHANG, Y *et al.* **Exploring the impact of built environment factors on the use of public bikes at bike stations: case study in Zhongshan, China.** Journal of transport geography, v 58, p. 59-70, 2017.

9. APÊNDICE A-QUESTIONÁRIO

I.Primeira parte: Contato. ▼

1.Que experiencia tem com a bicicleta?*

- Não sei andar de bicicleta
- Pedalava na infância e/ou adolescência
- Pedalo na zona rural (lazer oi esporte)
- Pedalo na zona urbana (lazer ou esporte)
- Pedalo na zona urbana (como meio de transporte)

II. Segunda parte: Dados pessoais. ▼

2.Atividade:*

- Dona de casa
- Trabalhador
- Estudante
- Aposentado
- Desempregado

3.Nível educativo:*

Sem ensino

Ensino fundamental

Ensino médio

Ensino profissional

Ensino Superior

4.Gênero:*

Feminino

Masculino

Eu preferiria não responder

5. Faixa etária:*

18-25 anos

25-30 anos

31-40 anos

41-50 anos

51-60 anos

61-70 anos

Mais de 70 anos

III. Terceira parte: Perfil do possível usuário.

6. Quantas viagens/deslocamentos aproximadamente você faz diariamente?*

Um-dois

Três -quatro

Cinco-seis

Mas de seis

7. Qual é o motivo principal de suas viagens?*

Trabalho

Estudo

Compras

Questões pessoais (médico, banco, etc)

Lazer

Outros

8. Qual modo de transporte você utiliza com maior frequência para realizar suas viagens?*

Ônibus

Uber/99

Moto

Bicicleta

Carona

Carro próprio

A pé

Outro

Se você usa transporte público como meio principal de transporte (pergunta 8), responda seguinte pergunta. 9. Qual é a razão principal.

Rapidez

Economia

Comodidade

Ecologia

Outros

10. De que forma faz o deslocamento desde sua casa ou ponto de origem até a estação /ponto de transporte público?

A pé

De bicicleta

De moto

De carro

Outros

Origen Destino

11.No primeiro mapa coloque, qual é a origem do deslocamento aproximadamente, endereço ou CEP? ¹

No segundo mapa coloque, qual é o destino do deslocamento aproximadamente, endereço ou CEP?*



11.No primeiro mapa coloque, qual é a origem do deslocamento aproximadamente, endereço ou CEP? ²

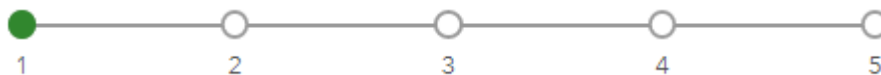
No segundo mapa coloque, qual é o destino do deslocamento aproximadamente, endereço ou CEP?*



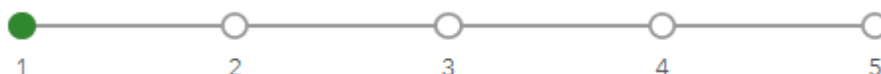
IV. Quarta parte: Preferencias.

14. Se tivesse a possibilidade para deslocar-se dentro da cidade de bicicleta. Qualifique dos seguintes fatores sua influência com a seguinte escala (1-Nada influente, 2-Pouco influente, 3-Não influente/neutro, 4-influente, 5-Muito Influente), as seguintes opções:

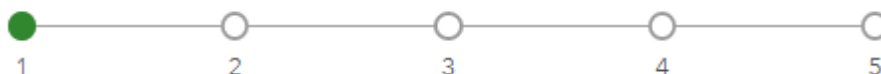
Esforço



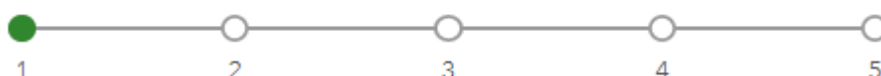
Tempo de viagem



Ausência de ciclovias e/ou ciclofaixas



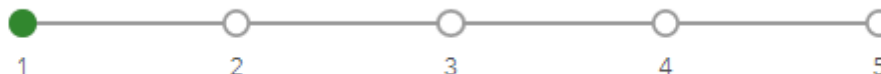
Ausência de bicicletários



Aceitabilidade social (imagem da bicicleta)



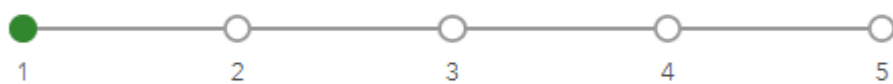
Segurança em relação a assaltos



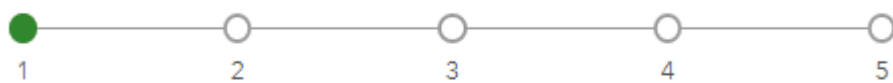
Segurança em relação a acidentes



Condições climática (Calor, frio, chuva, etc.)



Material transportado (Notebook, compras, etc.)



Distância percorrida



Terreno percorrido.



15. Quanto tempo você estaria disposto a pedalar para fazer seus deslocamentos?*

Até 15 minutos

Entre 15 e 30 minutos

Entre 30 e 45 minutos

Entre 45 e 60 minutos

Superior a 60 minutos

16. De acordo com os valores de temperatura expostos, você se sentiria mais confortável para deslocar-se em um possível sistema de bicicletas?*

Temperatura maior a 18°C e menor igual a 25°C;



Temperatura maior a 5°C e menor igual a 18°C;



Temperatura maior a 25°C;



Temperatura menor igual a 5°C



17. De acordo com os valores de declividade expostos, você se sentiria mais confortável para deslocar-se em um possível sistema de bicicletas?*

Plano entre 0-2.15 %



Ligeiramente inclinado 2.15-4.66 %



Moderadamente inclinado 4.66-10 %



Fortemente inclinado > 10%

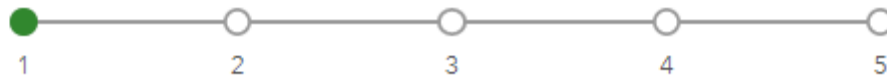


18. Conhece como é o funcionamento de um sistema de bicicletas públicas compartilhadas?*

Sim

Não

19. Qualifique a utilidade de um sistema de bicicletas compartilhadas com a seguinte escala (1-Nada útil, 2-Pouco útil 3-Neutro, 4-Útil, 5-Muito útil),*



20. Estaria disposto a pagar por um sistema de bicicletas compartilhadas*

Sim

Não