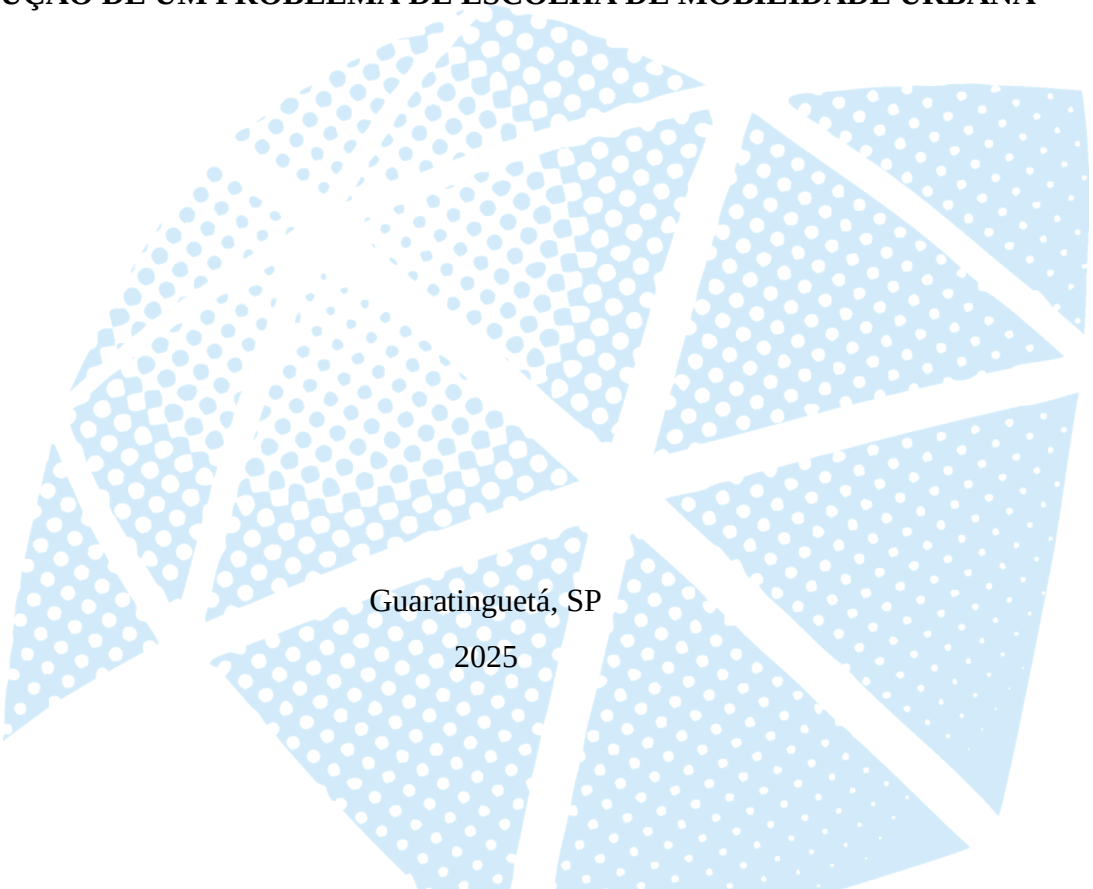
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

Faculdade de Engenharia e Ciências - Campus de Guaratinguetá

DAVID RUIZ BARGUEÑO

APLICAÇÃO DO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS PARA A SOLUÇÃO DE UM PROBLEMA DE ESCOLHA DE MOBILIDADE URBANA



Guaratinguetá, SP

2025

DAVID RUIZ BARGUEÑO

APLICAÇÃO DO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS PARA A SOLUÇÃO DE UM PROBLEMA DE ESCOLHA DE MOBILIDADE URBANA

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia e Ciências do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Valério Antônio Pamplona Salomon
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

Guaratinguetá, SP

2025

B251a

Bargueño, David Ruiz

Aplicação do método Analytic Hierarchy Process para a solução de um problema de escolha de mobilidade urbana / David Ruiz Bargueño - Guaratinguetá, 2025.

89 f : il.

Bibliografia: f. 77-89

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Valério Antônio Pamplona Salomon

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

1. Mobilidade urbana. 2. Processo decisório.
3. Administração pública. 4. Governança. I. Título.

CDU 65.012.4(043)

Luciana Máximo

Bibliotecária/CRB-8 3595

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Este trabalho e sua posterior aplicação irão contribuir em diferentes aspectos sociais que impactam diretamente no bem-estar e na qualidade de vida das pessoas nas cidades. A área da mobilidade urbana está presente direta ou indiretamente nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que compõem a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Principalmente, pode-se destacar a sua contribuição com: ODS1 - auxiliando com o acesso a transporte de qualidade, ODS3 - com planejamento de ações que contribuam à redução de acidentes em estradas, à mudança da matriz energética, ao controle das emissões de efeito estufa e ao incentivo para utilização do transporte ativo, ODS7 - promovendo o financiamento e incentivos para a fabricação e aquisição de veículos movidos com energia limpa, ODS9 - diversificando a integração entre os diferentes meios e transporte e desenvolvendo infraestrutura de qualidade, sustentável e resiliente, ODS10 - promovendo a inclusão social por meio do planejamento urbano, ODS11 - promovendo tecnologias de transporte sustentável e plano de transporte integrado, ODS13 - ampliando os investimentos em energias renováveis e menos poluentes no transporte, e ODS17 - ampliando as parcerias nacionais e internacionais.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This work and its subsequent application will contribute to different social aspects that directly affect the well-being and quality of life of people in cities. The area of urban mobility is directly or indirectly present in the 17 Sustainable Development Goals (SDGs) that make up the United Nations (UN) 2030 Agenda. Mainly, it can be highlighted its contribution to: SDG1 - helping with access to quality transport, SDG3 - with planning actions that contributes to the reduction of accidents on roads, changing the energy matrix, controlling greenhouse gas emissions and encouraging the use of active transport, SDG7 - promoting financing and incentives for the manufacture and acquisition of vehicles powered by clean energy, SDG9 - diversifying the integration between different means of transport and developing quality, sustainable and resilient infrastructure, SDG10 - promoting social inclusion through urban planning, SDG11 - promoting sustainable transport technologies and integrated transport plans, SDG13 - expanding investments in renewable energy and less polluting transport, and SDG17 - expanding national and international partnerships.

DAVID RUIZ BARGUEÑO

Aplicação do método Analytic Hierarchy Process para a solução de um problema de escolha de mobilidade urbana.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Data da defesa: 11/04/2025

Banca Examinadora:

Prof. Dr. VALÉRIO ANTONIO PAMPLONA SALOMON
Orientador - UNESP

Prof. Dr. ANEIRSON FRANCISCO DA SILVA
UNESP

Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes (14 de abril de 2025 17:58 ADT)

Prof. Dr. LUIZ FLAVIO AUTRAN MONTEIRO GOMES
Universidade Federal do ABC

DADOS CURRICULARES
DAVID RUIZ BARGUEÑO

NASCIMENTO 26 de fevereiro de 1972 - Madri / Espanha

FILIAÇÃO Manuel Ruiz Ruiz
Tomasa Bargueño Lozano

1978/1986 Formação fundamental (Ensino Fundamental)
Colégio Apóstolo Santiago - Aranjuez / Madri, Espanha.
Equivalência de estudos realizada em 13 de julho de 2016 pela Diretoria de Ensino - Região de Taubaté - Secretaria de Estado da Educação - Governo do Estado de São Paulo, publicado no DOE em 08 de julho de 2016 - pág. 24, e registrado no livro nº 01 - pág. 08.

1989/1991 Formação técnica (Técnico em Eletricidade/Eletrônica - Ensino Médio)
Colégio Salesiano de Loyola - Aranjuez / Madri, Espanha.
Equivalência de estudos realizada em 13 de julho de 2016 pela Diretoria de Ensino - Região de Taubaté - Secretaria de Estado da Educação - Governo do Estado de São Paulo, publicado no DOE em 08 de julho de 2016 - pág. 24, e registrado no livro nº 01 - pág. 08.

2016/2020 Formação acadêmica (Bacharel em Administração)
Centro Universitário da Fundação Hermínio Ometto (FHO Uniararas) - São Paulo, Brasil.

Aos meus pais, Manuel e Tomasa, por quem tenho profunda admiração e respeito; pelo amor, carinho e dedicação na minha educação; certamente, eles se orgulham por esta nova conquista. A minha esposa, Simone, e aos meus filhos, Maria e Diego, que foram o principal suporte no decorrer do caminho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a Nossa Senhora por estarem presentes em todos os momentos da minha vida, me abençoando e guiando meus passos.

Aos meus pais, Manuel e Tomasa, fontes de inspiração e exemplos da minha vida, e aos meus irmãos, Roberto e Sylvia, que, ainda estando longe, sento a sua presença e apoio muito perto de mim; por todo amor, paciência, carinho e dedicação que me deram e dão durante a minha vida toda. **Eu amo vocês!**

A minha esposa, Simone da Silva Sibille, e aos meus filhos, Maria e Diego, pelo suporte emocional, pela paciência e pela compreensão, pela dedicação e pelo amor demonstrado a mim, desde sempre, ainda diante das diversas dificuldades e adversidades que passamos juntos. **Eu amo vocês!**

Aos meus sogros, Antenor e Maria Helena, que em todo momento tem sido um suporte à minha família. **Eu amo vocês!**

Aos meus cunhados, Fábio e Giseli, e ao meu sobrinho Matheus, pelo apoio demonstrado desde a chegada de minha família no Brasil. **Eu amo vocês!**

Aos meus avós paternos, Raimundo e Maria (*in memoriam*), e maternos, Celedonio e Francisca (*in memoriam*), que, ainda não estando mais conosco, se fazem presentes em todas as etapas da minha vida, me enchendo de amor e carinho. **Eu amo vocês!**

Aos demais entes da minha família, em especial a minha cunhada Teresa, meu sobrinho Roberto e Norah, seres muitos queridos e amados, ainda na distância. **Eu amo vocês!**

A todos os meus amigos e amigas, em especial a Pablo Alberto Navarro Santos (*in memoriam*), Francisco Javier Cantero Izquierdo, Enrique Jareño e Juanito, pela convivência em diferentes etapas da vida e momentos inesquecíveis. **Vocês estão e estarão sempre no meu coração!**

Ao Prof. Me. Fernando César Mendes Barbosa, por acreditar no meu potencial e me orientar a continuar estudando, fornecendo-me todo o apoio necessário, como profissional e como amigo, para a realização deste trabalho. **Obrigado!**

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, em especial ao meu Orientador, Prof. Dr. Valério Antônio Pamplona Salomon, e meu Coorientador, Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins, por não hesitar em compartilhar seus conhecimentos, esclarecer dúvidas de qualquer natureza para o desenvolvimento deste e outros trabalhos realizados no período, e me guiar assertivamente para a consecução da titulação. **Obrigado!**

Aos demais integrantes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, em especial ao pessoal da Secretaria e Biblioteca, pela disponibilidade em esclarecer dúvidas e atender prontamente a todas as solicitações. **Obrigado!**

Aos demais colegas do Programa de Mestrado, pela parceria e dedicação na realização de trabalhos conjuntos nas disciplinas e publicações. **Obrigado!**

Aos demais professores e profissionais que contribuíram ao longo do caminho na minha formação pessoal e profissional para atingimento dos objetivos. **Obrigado!**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento e suporte para viabilização e desenvolvimento deste trabalho. **Obrigado!**

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

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - Processo 2023/14761-5.

“Para realizar grandes conquistas, devemos não apenas agir, mas também sonhar; não apenas planejar, mas também acreditar”;

Anatole France (1844-1924)

RESUMO

Nesta dissertação foi desenvolvido e aplicou-se um modelo matemático para identificação de prioridades tecnológicas aplicadas a Mobilidade Urbana, visando o auxílio à tomada de decisão dos gestores municipais quanto à escolha da melhor alternativa de contratação para a formação e integração de um arranjo tecnológico de Mobilidade Inteligente. A relevância e o interesse desta pesquisa se fundamentam nas dificuldades que os municípios do interior, concretamente os municípios da Região do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo, enfrentam na hora de projetarem a utilização de tecnologia aplicada a Mobilidade Urbana e sua integração setorial, local e regional, considerando as mais diversas complexidades. Sendo assim, a possibilidade de avaliar os sistemas implantados e as diferentes possibilidades tecnológicas disponíveis no mercado, que possam se adaptar à demanda real, a partir de uma metodologia específica, poderia fornecer benefícios de forma regionalizada. O Método Analytic Hierarchy Process (AHP), devido à sua flexibilidade para determinação, classificação e comparação dos diferentes critérios, possibilita o auxílio para a aceitabilidade e priorização dos projetos a serem implantados, auxiliando na gestão e alocação de recursos, planejamento, análise de custo / benefício, seleção de fornecedores e satisfação da população em geral. A pesquisa é de natureza aplicada, num marco histórico-comparativo, tendo um objetivo empírico com uma abordagem combinada (qualitativa-quantitativa) de dados coletados por meio de levantamentos bibliográficos e análise documental, complementado por representações matemáticas, gráficas e estatísticas para construção dos diferentes indicadores, por meio de modelagem de dados e pesquisa em campo com aplicação de um questionário aplicado aos tomadores de decisão municipais. Este trabalho contribui para o desenvolvimento de um modelo integrado, semipadronizado e regionalizado de tecnologia aplicada a Mobilidade Inteligente, impactando diretamente no desenvolvimento socioeconômico municipal, regional e estadual, com eficiência e sustentabilidade, assim como, no aprimoramento do método AHP e sua aplicação em novos campos de atuação.

PALAVRAS-CHAVE: Método AHP; Arranjo Produtivo Local; Mobilidade Urbana; Governança; Gestão Pública.

ABSTRACT

The present work applied a mathematical model to identify technological priorities applied to Urban Mobility in order to assist the decision-making of municipal managers regarding the choice of the best contracting alternative for the formation and integration of a technological arrangement of Intelligent Mobility. The relevance and interest of this research is based on the difficulties that the municipalities of the countryside, specifically the municipalities of the Paraiba Valley Region, in São Paulo State, face on when designing the use of technology applied to Urban Mobility and its sectorial, local and regional integration, considering the most diverse complexities. Therefore, the possibility to evaluate the implemented systems and the different technological possibilities available in the market, which can be adapted to the real demand, from a specific methodology, it could provide benefits in a regionalized way. The Analytic Hierarchy Process (AHP) method, due to its flexibility to determine, classify and compare the different criteria, enables the support for the acceptability and prioritization of the projects to be implemented, assisting in the management and allocation of resources, planning, cost / benefit analysis, selection of suppliers and satisfaction of the population as a whole. The research is of an applied nature, in a historical-comparative framework, having an empirical objective with a combined approach (qualitative-quantitative) of data collected through bibliographic surveys and documentary analysis, complemented by mathematical, graphic and statistical representations for the construction of the different indicators, through data modeling and field research with the application of a questionnaire applied to municipal decision makers. This work contributes to the development of an integrated, semi-standardized and regionalized model of technology applied to Smart Mobility, directly impacting the municipal, regional and statewide socioeconomic development, with efficiency and sustainability, as well as the improvement of the AHP method and its application in new fields of action.

KEYWORDS: AHP Method; Local Productive Arrangement; Urban Mobility; Governance; Public Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Método e técnicas de pesquisa. 39
Figura 2 – Estrutura das fases do trabalho. 41
Figura 3 – Proposta de seis fases para elaboração de SLR / SAR. 42
Figura 4 – Ocorrência das principais frases-chave. 55
Figura 5 – Mapa de rede bibliométrica da 1ª bibliometria. 57
Figura 6 – Mapa da rede bibliométrica da 2ª bibliometria. 57
Figura 7 – Inter-relação de clusters. 58
Figura 8 – Relação direta de clusters. 58
Figura 9 – Árvore hierárquica. 62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações socioeconômicas municipais. 36
Tabela 2 – Escala Fundamental de Saaty. 43
Tabela 3 – Seleção de artigos da 1ª bibliometria. 48
Tabela 4 – Seleção de artigos da 2ª bibliometria. 49
Tabela 5 – Palavras / frase-chave e métodos utilizados. 50
Tabela 6 – Índice Randômico Médio do método AHP em função do tamanho da matriz *n*. 61
Tabela 7 – Estrutura hierárquica do projeto. 63
Tabela 8 – Cálculo da prioridade da alternativa geral de contratação. 65
Tabela 9 – Cálculo da prioridade da alternativa geral de contratação com agregação das prioridades individuais. 67
Tabela 10 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (critérios). 92
Tabela 11 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para M_n (critérios). 95
Tabela 12 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para os critérios. 96
Tabela 13 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para os critérios. 96
Tabela 14 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC1 e SC2). 97
Tabela 15 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para M_n (SC1 e SC2). 99
Tabela 16 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para SC1 e SC2. 99
Tabela 17 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para SC1 e SC2 99
Tabela 18 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC3, SC4 e SC5). 100
Tabela 19 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para M_n (SC3, SC4 e SC5). 102
Tabela 20 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para SC3, SC4 e SC5. 103
Tabela 21 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para SC3, SC4 e SC5 103
Tabela 22 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC6 e SC7). 103
Tabela 23 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para M_n (SC6 e SC7). 105
Tabela 24 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para SC6 e SC7. 105
Tabela 25 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para SC6 e SC7 105
Tabela 26 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC8, SC9 e SC10). 106
Tabela 27 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para M_n (SC8, SC9 e SC10). 108
Tabela 28 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para SC8, SC9 e SC10. 109
Tabela 29 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para SC8, SC9 e SC10 109
Tabela 30 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC11 e SC12). 109
Tabela 31 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para M_n (SC11 e SC12). 111

Tabela 32 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para SC11 e SC12. 111
Tabela 33 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para SC11 e SC12.....111
Tabela 34 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (alternativas). 112
Tabela 35 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para SC_n (alternativas).....115

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Documentos selecionados por área temática. 53
Gráfico 2 – *CiteScore publication* por ano. 54
Gráfico 3 – Prioridades gerais com relação aos critérios. 69
Gráfico 4 – Prioridades gerais com relação aos subcritérios SC1 e SC2. 70
Gráfico 5 – Prioridades gerais com relação aos subcritérios SC3, SC4 e SC5. 70
Gráfico 6 – Prioridades gerais com relação aos subcritérios SC6 e SC7. 70
Gráfico 7 – Prioridades gerais com relação aos subcritérios SC8, SC9 e SC10. 71
Gráfico 8 – Prioridades gerais com relação aos subcritérios SC11 e SC12. 71
Gráfico 9 – Prioridades gerais com relação às alternativas. 72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Porcentagem das prioridades dos critérios por município. 64
Quadro 2 – Porcentagem das prioridades dos subcritérios por município. 64
Quadro 3 – Porcentagem das prioridades gerais de contratação de cada subcritério. 65
Quadro 4 – Porcentagem das prioridades individuais de M_n 65
Quadro 5 – Porcentagem das prioridades gerais com agregação das prioridades individuais. 67
Quadro 6 – Comparativa do percentual AIP *vs.* Total Decision (alternativas em objetivo). ... 68
Quadro 7 – Porcentagem de inconsistência global do modelo. 68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

An	Enésima Alternativa
AHP	Analytic Hierarchy Process
AIP	*Aggregation of individual priorities*
APL	Arranjo Produtivo Local
AV	Autovetor
AVN	Autovetor normalizado
BRT	*Bus rapid transit*
Cn	Enésimo critério
CITE	Métrica do número médio anual de citações de artigos em uma revista
CS	*Case study*
DEA	Data Envelopment Analysis
DEAHP	Combinação dos métodos DEA e AHP
DSS	*Decision support system*
EUA	Estados Unidos da América
FSM	Mix Funcional e Social
FST	Fuzzy Sets Theory
GIS	*Geographic information system*
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Índice de Consistência
IR	Índice Randômico
KPI	*Key performance indicator*
LCA	*Life cycle assessment*
LR	*Literature review*
Mn	Enésimo município
MCDM	*Multi-criteria decision-making*
OCR	*Optical character recognition*
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PIT	Parque de Inovação Tecnológica de São José dos Campos
PPP	Parceria Público-Privada

PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
RC	Razão de Consistência
RMVPLN/ RMVALE	Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte
SAR	*State-of-the-art review*
SCn	Enésimo subcritério
SDG	*Sustainable Development Goals*
SEM	*Structural equation modeling*
SLR	*Systematic literature review*
SNCTI	Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
SNDCT	Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
SP	São Paulo
SRI	Sistemas Regionais de Inovação
STILE	Sustainability Evaluation Tool
SUMP	*Sustainable urban mobility plan*
TCU	Tribunal de Contas da União
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TODIM	Interactive Multi-criteria Decision-Making
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
UN	United Nations

LISTA DE SÍMBOLOS

km^2	Quilômetros quadrados
R$	Moeda (real brasileiro)
.cvs	Extensão de arquivo do Software VOSviewer
A	Matriz de comparação de pares
w	Normalização do autovetor
λ_{max}	Autovalor máximo de A
n	Número de elementos que compõem a matriz de comparação
a_{ij}	Elemento da matriz A, onde i indica a linha e j indica a coluna

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 22

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO, FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E QUESTÕES DA PESQUISA 22

1.2 OBJETIVOS 32

1.2.1 Objetivo geral 32

1.2.2 Objetivos específicos 32

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA CIENTÍFICA 33

1.3.1 Justificativa 33

1.3.2 Relevância Científica 36

1.4 MATERIAIS E MÉTODOS 37

1.4.1 Classificação da Pesquisa 37

1.4.2 Delimitações 39

1.4.3 Fases e Etapas do Trabalho 40

1.4.4 Fluxo Metodológico dos Estudos Bibliométricos 41

1.4.5 Pesquisa em Campo - Método Qualitativo 42

1.4.6 Software Total Decision 46

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO 47

2 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA 48

2.1 IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE PUBLICAÇÕES 48

2.2 IDENTIFICAÇÃO DE CLUSTERS 56

3 APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP 60

3.1 ESTRUTURAÇÃO 61

3.2 MEDIÇÃO 63

3.2.1 Matrizes gerais de prioridades 64

3.2.1.1 Critérios 64

3.2.1.2 Subcritérios 64

3.2.1.3 Alternativas 65

3.2.2 Agregação das prioridades individuais 65

3.2.3 Comparativa de dados do método AHP com AIP *vs.* software Total Decision 68

3.2.4 Valor de consistência global do modelo 68

3.3 SÍNTESE 69

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 73
4.1 RESPOSTAS AOS OBJETIVOS PRÉ-DEFINIDOS 73
4.2 RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DE PESQUISA 74

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO 76

REFERÊNCIAS 78

APÊNDICE A – PASSO A PASSO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP 91

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO, FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E QUESTÕES DA PESQUISA

O fenômeno da urbanização passou por dois eventos significativos na história: a Revolução Industrial, no fim do século XVIII, e o período após II Guerra Mundial, no século XX. Para Orrico Filho *et al.* (2015), o primeiro alterou a vida socioeconômica da população e o distanciamento entre os locais de trabalho e moradia, com a conseguinte necessidade de deslocamento entre ambos. O segundo ocasionou sérios problemas nas áreas da mobilidade e dos transportes.

Deste modo, os espaços urbanos foram crescendo e se consolidando em forma de cidades e aglomerados urbanos. O aumento acelerado da população em áreas urbanas e o crescimento urbanístico desordenado revelaram a falta de planejamento e a precariedade dos serviços que a cidade oferece, evidenciando ainda mais as diferentes formas de segregação sócio-espacial-econômica.

No Brasil, grande parte das cidades ainda apresenta este desequilíbrio, fato que manifesta de forma latente a desigualdade no acesso aos meios de transporte, além de grandes deficiências de infraestrutura de forma generalizada. Desde a promulgação da Lei da Política Nacional de Mobilidade Urbana no ano 2012, com intuito de acelerar o desenvolvimento das cidades e minimizar as diferenças socioeconômicas da população por meio do acesso à mobilidade, a luta pelo avanço tecnológico revelou grandes diferenças entre estas.

Um dos motivos apontados se refere à contratação e implantação de sistemas tecnológicos de apoio à gestão local de forma individualizada, mesmo sendo parte da mesma Região Metropolitana, aglomerados urbanos ou cidades vizinhas. As cidades são corpos dinâmicos que precisam ser acompanhados com planejamento urbano e políticas públicas que direcionem seu desenvolvimento. Na visão de Gebhardt *et al.* (2016), “as cidades estão crescendo hoje em dia, assim como a demanda por mobilidade de seus cidadãos”.

Cidadãos, formuladores de políticas e planejadores percebem as repercussões negativas da abordagem urbana linear e tradicional (COMISSÃO EUROPEIA, 2020; MILIOS 2018). Nesse sentido, as Nações Unidas declararam que a circularidade do metabolismo urbano impulsionada pelas tecnologias digitais é uma ferramenta necessária para alcançar os

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 (CILIBERTO *et al.*, 2021; DE PASCALE *et al.*, 2021; NAÇÕES UNIDAS, 2015).

As cidades devem fortalecer a gestão sustentável dos recursos, facilitando a conservação, regeneração, restauração e resiliência do ecossistema diante de desafios novos e emergentes (NAÇÕES UNIDAS, 2017). O metabolismo urbano constitui uma pluralidade de processos e operações sócio-técnico-ecológicas, que dão origem a uma multiplicidade de fluxos de pessoas, energia, subprodutos, resíduos, emissões, matérias-primas, informações e dados, entre outros, que circulam dentro da cidade e do ambiente urbano circundante (CURRIE & MUSANGO, 2016).

O projeto, instalação, formatação, implementação e remodelação de tecnologias digitais devem ser conduzidos levando em consideração as dimensões econômicas, sociais e ambientais do metabolismo urbano e, ao mesmo tempo, envolvendo proativamente as partes interessadas em iniciativas de circularidade urbana (D'AMICO *et al.*, 2022). Em seguida, é necessário apoiar estruturas regulatórias e maior integração multimodal para mobilidade urbana contínua e sustentável (VENKAT *et al*., 2019).

Tendo em conta estes apontamentos, a possibilidade de ponderar soluções para as cidades a partir de algum método ou técnica específica pode contribuir para a resolução de demandas comuns entre os municípios. Desenvolver novos modelos de aplicação para integração de tecnologia com abrangência regional exige uma ruptura com os paradigmas tradicionais de atuação e provoca a resolução de barreiras, como: espaço físico, interoperabilidade e assuntos econômicos, sociais e políticos.

Sendo assim, a utilização de métodos de decisão com múltiplos critérios (MCDM, de *multi-criteria decision making*) se torna essencial para a identificação das prioridades tecnológicas de cada município, os possíveis projetos comuns entre eles e as diferentes formas de contratação afins ao atingimento dos objetivos, formando assim, um ecossistema regionalizado de tecnologia.

De entre os diferentes MCDM com aplicação na priorização de alternativas e comparativas de pesos entre variáveis, podem-se destacar: AHP (Analytic Hierarchy Process), PROMETHEE (Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) e TODIM (Interactive Multi-criteria Decision Making).

A seleção do método AHP para o desenvolvimento deste trabalho se justifica devido à sua flexibilidade para determinação, classificação e comparação dos diferentes critérios e subcritérios, possibilitando o auxílio para a aceitabilidade e priorização dos projetos a serem implantados e suas alternativas de custeio afins, agindo como ferramenta de integração entre projeto e viabilidade. No AHP, a estruturação é executada com hierarquias com o intuito de separar os critérios, subcritérios e alternativas, realizando uma comparação por pares.

Na aplicação do método proposto, as alternativas de contratação são iguais para todos os critérios, subcritérios e municípios participantes, tendo em conta que existem soluções de tecnologia propostas no método que não existem em todos os municípios.

O arquétipo da mobilidade urbana no Brasil tem sua base na Constituição Federal (BRASIL, 1988), onde, pela primeira vez, foi incorporado um capítulo sobre política urbana.

O artigo 6º da Constituição Federal garante o transporte entre outros diretos sociais, sendo que este contribui para a promoção da dignidade humana e o acesso à educação, saúde, trabalho, alimentação e lazer.

Segundo a Carta Magna, por meio dos artigos 182 e 183, regulamentados pela Lei Federal 10.257/2001 (BRASIL, 2001) - Estatuto das Cidades, cabe ao Município implementar a Política de Desenvolvimento Urbano, de acordo com as diretrizes gerais estabelecidas por lei, com o objetivo de ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

Já com foco mais específico no quesito mobilidade, o artigo 4º, inciso II da Lei Federal nº 12.587/2012 (BRASIL, 2012), define a mobilidade urbana como “(...) a condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano (...)”.

Desde a aprovação da Lei, esta definição simplista vem sendo discutida por diferentes setores, sendo que muitos se referem ao assunto como uma área do conhecimento e da gestão pública, tendo esta, a obrigatoriedade de ser satisfeita. Deste modo, a administração pública deve atender às necessidades da sociedade e do meio ambiente, planejando e respeitando o uso do solo, por meio da gestão de tecnologia aplicada para sua acessibilidade, fiscalização, análise e controle.

Para Pedro, Silva e Portugal (2017), mobilidade urbana é o resultado entre as características específicas de cada indivíduo e as estratégias voltadas à acessibilidade

universal, coordenadas com ações de integração entre os transportes e o uso do solo. Brito & Kneib (2016) definem a mobilidade urbana, relacionando-a a "capacidade de deslocamento das pessoas e cargas no espaço urbano". Já na visão de Balbim (2016), a noção de mobilidade não se resume a uma ação, o conceito tenta integrar a ação de deslocar, quer seja uma ação física, virtual ou simbólica, às condições e às posições dos indivíduos e da sociedade.

Segundo a Cartilha da Política Nacional de Mobilidade Urbana do Ministério das Cidades (BRASIL, 2013), "a mobilidade urbana bem planejada, com sistemas integrados e sustentáveis, garante o acesso dos cidadãos às cidades e proporciona qualidade de vida e desenvolvimento econômico". Ainda o documento determina que essas infraestruturas devem estar sempre inter-relacionadas com o planejamento sistêmico para produzir benefícios efetivos e proporcionais aos recursos empregados.

A Lei Federal nº 12.587/2012 (BRASIL, 2012) determina, em seu artigo 24, parágrafo 1º, inciso I, que todos os municípios com mais de 20 mil habitantes precisam elaborar um Plano de Mobilidade Urbana para poder optar ao recebimento de recursos da União para a sua aplicação em projetos estruturantes de mobilidade.

Diante desta disposição, são muitos os problemas, de diferentes complexidades, que os gestores dos municípios do interior enfrentam na hora de efetivar a Lei para elaborar seus Planos, realizar integrações setoriais locais e regionais, e projetar a utilização de tecnologia. A mobilidade urbana é o resultado das características específicas de cada indivíduo e das estratégias voltadas para a acessibilidade universal. Esse resultado exige ações coordenadas e de integração entre transporte e uso do solo (PORTUGAL, 2017).

No que diz respeito à sustentabilidade das cidades e do seu ambiente, a urbanização afeta mais de metade da população mundial, gerando mais de 85% do Produto Interno Bruto global (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019; NAÇÕES UNIDAS, 2019). Além disso, as cidades exploram pelo menos 75% dos recursos naturais (NAÇÕES UNIDAS, 2017) e produzem 50% dos resíduos globais (CLIMATE-KIC NORDIC & C40 CITIES, 2018).

As áreas urbanas são formadas e habitadas por quase 55% da população mundial, mas cobrem apenas uma área de apenas 2% da superfície total do planeta. Espera-se que a porcentagem da população que vive nas cidades aumente para 68% até 2050 (NAÇÕES UNIDAS, 2014).

Nesta óptica, e diante de todo o exposto, chega-se à primeira questão de pesquisa: *quais são as verdadeiras dificuldades dos governos municipais na hora de implantar e integrar tecnologia de forma regionalizada para uma mobilidade inteligente?*

May *et al.* (2017) apontam que "(...) a falta de uma cultura de aprendizagem organizacional nas cidades parece ser a barreira mais crítica para que as cidades aprendam umas com as outras".

A pesquisa realizada pelo Tribunal de Contas da União - TCU (BRASIL, 2010) apontou como necessidade que a Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana (SEMOB) deveria ser capaz de implementar uma estratégia de ação que permite-se diagnosticar a situação do processo de integração dos planos das regiões metropolitanas e apoiar sua consolidação. Na atualidade, esta estratégia ainda não foi estabelecida.

Os municípios do interior com menor população, que também formam parte das regiões metropolitanas, não possuem integração de sistemas tecnológicos de forma municipal ou regional. Sendo assim, o desenvolvimento de projetos de mobilidade urbana fica limitado a municípios com maiores recursos de forma isolada, construindo diferentes barreiras de acesso para fornecer um modelo integrado e mais igualitário para a sociedade e para os próprios municípios.

Após 15 anos da realização da pesquisa do TCU, fica a segunda questão de pesquisa: *quais são as vantagens e desvantagens de uma implantação tecnológica regionalizada para não ter sido efetivada a estratégia de diagnóstico da situação?*

Segundo a Cartilha de Apoio aos Municípios no Aperfeiçoamento da Gestão de Mobilidade lançada pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2005), "(...) em muitos Municípios, e principalmente no caso das aglomerações urbanas e regiões metropolitanas, é fundamental a concertação na direção de um planejamento integrado, especialmente no que se refere aos diversos modos de transporte".

Este fato vem dado em grande parte pela participação de municípios maiores que já evoluíram neste quesito, além da colaboração e participação acadêmica. Neirotti *et al.* (2014) convergem nesta posição, afirmando que as soluções baseadas em TIC podem ser consideradas um recurso para projetos e abordagens de planejamento urbano que têm como objetivo melhorar a sustentabilidade socioeconômica e ambiental de uma cidade.

Para Weiss (2019) é fundamental se deter sobre os processos de colaboração entre governo-iniciativa privada-academia na identificação, desenho, desenvolvimento e implementação de tecnologias para a gestão das cidades para avaliação do estado das cidades inteligentes. “Portanto, a inclusão de um sistema de integração modal trata-se de tarefa complexa, que merece estímulo, desenvolvimento e aprofundamento de pesquisas com vistas ao planejamento integrado dos sistemas e a inclusão de soluções em mobilidade urbana sustentável” (MACIOROWSKI, LIMA & SOUZA, 2017).

Referente ao significado de integração modal pode-se dizer que esta é a melhor combinação entre os diferentes modos de transporte existentes em uma cidade, com o intuito de alcançar maior eficiência, equilíbrio, sustentabilidade e redução de custos operacionais. Planejamento, infraestrutura e tecnologia da informação devem trabalhar em conjunto para promover essa integração modal, que se subdivide em três tipos: física, tarifária e informacional (HANNON *et al.*, 2019).

Porém, “outros aprimoramentos que possuem potencial para serem desenvolvidos, a saber: “(...) ampliação do estudo da área de intervenção, visando à formação de redes com uma abordagem mais ampla, como entre as cidades” (FORTES, 2019).

No Brasil, os estudos realizados na área se baseiam, em maior parte, na regionalização de forma geográfica. Com foco em Sistemas Regionais de Inovação - SRI (RSI, de seu acrônimo em língua inglesa), destaque para o estudo realizado por Suzigan *et al.* (2006) sobre a elaboração de indicadores que mapeiam a distribuição geográfica de conhecimentos e capacitações científicas e tecnológicas sobre as atividades das áreas de Ciência, Tecnologia e Inovação no Estado de São Paulo.

Também ênfase para o ensaio realizado por Veloso Filho & Nogueira (2006), que discute aspectos do Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (SNDCT) - atual Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) - abordando elementos relevantes ao desenvolvimento de regiões e localidades, trazendo informações dos Sistemas Regionais de Inovação atuantes no País e a identificação de iniciativas relevantes à promoção tecnológica regional ou local.

Com referência ao Sistema Brasileiro de Inovação, Paraol de Matos & Teixeira (2019) elaboram uma revisão bibliográfica e documental apresentando as instituições e fluxos de interações presentes no ecossistema nacional.

O conceito Sistemas Regionais de Inovação, ou Arranjos Regionais de Inovação, se fez popular no início do século XXI. Este conceito traz a ideia de colaboração entre empresas de inovação e instituições de pesquisa, e como elas interagem com as administrações públicas. Para Deloreux (2002) os Sistemas Regionais de Inovação resultam de uma infraestrutura institucional territorialmente incorporada e um sistema de produção. O autor se concentra em quatro pilares básicos do SRI: as empresas, as instituições, a infraestrutura do conhecimento e a inovação regional orientada para políticas públicas.

Utilizando-se da ideia dos SRI, o processo de desenvolvimento local ou regional é enfatizado por diferentes autores. Para Storper (1995, 1997), o ambiente social e cultural tem papel crucial no desenvolvimento por meio das interações entre as instituições. Putnam (1993) enfatiza a importância da sociedade civil e das tradições no desenvolvimento econômico regional na Itália.

Saxenian (1996) estuda o papel da cultura no desenvolvimento do Vale do Silício, em comparação com a cidade de Boston, EUA. Amin & Thrift (1994) definem o conceito de robustez institucional para apontar a importância das relações entre as instituições culturais, sociais e políticas e a economia local ou regional.

Segundo Florida (1995), "(...) as regiões estão se tornando pontos focais para a criação e aprendizagem do conhecimento, (...) se tornando modos mais importantes de organização econômica e tecnológica em escala global".

Para diferentes autores, o primeiro questionamento é o significado do termo "regionalização". Tem que sugere que a região deve apresentar um nível apropriado de organização pré-estabelecido para gerar inovação de forma regional e integrada. Para Howell (1999), essa compreensão da integração regional reconhece a importância da proximidade espacial e da aglomeração na dinâmica da inovação e do crescimento econômico.

Sendo assim, é importante fixar os limites analíticos e as metodologias aplicáveis para definição do termo, prioritariamente por parte das administrações locais, bem seja pela forma de governança, ou pela sua estrutura interna. Nos apontamentos de Deloreux (2002), apenas alguns estudos empíricos aplicaram essa abordagem a regiões periféricas, áreas rurais e economias em declínio, sendo que a integração ainda está altamente focada em regiões metropolitanas ou regiões de sucesso.

O projeto ECCENTRIC foi um caso de implementação de onze medidas de inovação na mobilidade urbana em Madri, na Espanha (APARICIO, 2020). Foram reconhecidas dificuldades enfrentadas para avançar processos locais de tomada de decisão. O ECCENTRIC foi financiado pelo Horizonte 2020, parte da iniciativa CIVITAS, da União Europeia. A CIVITAS implantou cinquenta medidas inovadoras em cinco cidades europeias. No entanto, a implantação das medidas inovadoras foi prejudicada por uma multiplicidade de barreiras. Apesar dos esforços da administração municipal, a implantação ocorreu sem o devido planejamento.

Cré, Rupprecht & Bührmann (2012), por meio da ação de coordenação NICHES+, exploram os mecanismos de transferência das ações de inovação de cidade para cidade, reconhecendo as limitações desta abordagem para a implementação da inovação. O estudo, realizado em base a diferentes cidades europeias (Artois-Gohelle, França - Daventry, Reino Unido - Worcestershire, Reino Unido - Cork, Irlanda - Trondheim, Noruega e Burgos, Espanha), explorou quatro áreas temáticas: acessibilidade, eficiência de infraestrutura e intercâmbios, centros de gestão de tráfego e sistemas de transporte automatizados e eficientes, integrados em um ambiente espacial avançado. O *feedback* das cidades após a conclusão do projeto mostrou que a troca entre cidades foi altamente valiosa para o entendimento dos conceitos de inovação e como implementá-los no próprio contexto local.

Quanto à instituição de políticas de implementação de Planos de Mobilidade Urbana Sustentáveis (*Sustainable Urban Mobility Plan* - SUMP), May (2015) aponta que:

> (...) há uma surpreendente escassez de pesquisas sobre boas práticas na implementação, seja no que diz respeito ao envolvimento público, ao projeto detalhado ou à rápida resposta aos problemas. Um programa de pesquisa focado na fase de implementação de projetos e evidências colhidas sobre boas (e menos boas) práticas seria particularmente valioso.

Na área de compartilhamento de veículos ou caronas, autores como Moscholidou & Pangbourne (2020) trazem uma avaliação do marco regulatório nas cidades de Londres (Reino Unido) e Seattle (EUA), argumentando que a intervenção do Estado é essencial para mitigar riscos e orientar a mobilidade inteligente.

No referente a práticas sustentáveis, Tønnesen, Krogstad & Christiansen (2019), nos aproximam da realidade norueguesa de metas governamentais de desenvolvimento do transporte em áreas urbanas, o qual deverá ser absorvido pelo transporte público, a bicicleta e a caminhada.

Bertolini (2019) traz um novo sentido de mobilidade urbana por meio da mudança arquitetônica e projeção das ruas da cidade.

A incidência de estudos na área de transporte público é maior, trazendo diversas contribuições. Entre estas, podem-se citar autores como Kanuri *et al.* (2019), que apresentam um estudo de caso para integração das informações apresentadas por aplicativos móveis com o transporte de massa na área central (*last mile*) da cidade de Bangalore, Índia. Os autores apontam a necessidade de apoiar estruturas regulatórias e maior integração multimodal para uma mobilidade urbana contínua e sustentável.

May (2015) apresenta uma revisão da experiência com o fornecimento de orientações por parte da Comissão Europeia para o Transporte Urbano, analisando os antecedentes dessa preparação a nível europeu e também a nível nacional na Alemanha, Bélgica, Escandinávia, Espanha, França, Itália, Polónia e Reino Unido. Para o autor, as dificuldades para alcançar os resultados esperados nas políticas de mobilidade urbana não seriam devidas tanto à falta de ferramentas técnicas, mas à incapacidade de aprovar, legitimar e implementar políticas ao desafiar os valores de eficiência e individualismo ou partidários prevalecentes em muitos governos municipais.

No Brasil, com a aprovação da Lei da Política Nacional de Mobilidade Urbana no ano de 2012, as publicações na área foram tomando força. Ghiraldi *et al.* (2019), nos acercam à eficiência do sistema *Bus Rapid Transit* (BRT) na cidade de Sorocaba - Brasil, medida por meio de simulação utilizando o software FlexSim, analisando a sua integração com outras linhas e medindo os impactos da construção do BRT.

Em estudos realizados com aplicação do método AHP, os autores Yildiz, Kivrak & Arslan (2019) identificam os possíveis elementos de design de ambiente construído a serem aplicados em projetos de renovação urbana e avaliam suas contribuições para a sustentabilidade econômica, ambiental e social de áreas urbanas na Turquia.

No caso da aplicação de tecnologia, Bousdekis & Kardaras (2020), por meio da utilização de diferentes métodos de decisão multicritério como: Fuzzy, Delphi e AHP; abordam a transformação digital do governo local na Grécia. O estudo evidencia o pouco explorado da área por parte das autoridades locais, a lentidão na adoção de tecnologias e relatando que o foco das obras existentes se concentra no governo central.

Keseru, Bulckaen & Machis (2016), por meio da análise multicritério, referenciam a importância da tomada de decisão participativa, com múltiplos atores. Este processo pode ser complementado com um sistema eletrônico de apoio à decisão de grupo para chegar a uma política de mobilidade suportada na cidade de Leuven, Bélgica. Oswald Beiler & Phillips (2016) investigam como agências de planejamento de transporte podem melhorar o processo de priorização de projetos para melhoria na infraestrutura para pedestres em vias de Union County, Pensilvânia, EUA.

Sayyadi & Awasthi (2013) abordam o planejamento da melhor localização para zonas de pedestres, considerando fatores técnicos, econômicos, ambientais e sociais na cidade de Montreal, Canadá. Palominos *et al.* (2021) consideram a cidade de Santiago de Chile "não como um espaço homogêneo, mas como um espaço dividido em diferentes bairros com diferentes características e dinâmicas e, portanto, diferentes topologias e necessidades dos cidadãos". Sendo assim, os autores, por meio de um estudo de caso, utilizando a Análise Envoltória de Dados (DEA, de seu acrônimo em língua inglesa), avaliam o desempenho e a eficiência dos diferentes distritos metropolitanos com relação a seus recursos e sua aplicação.

Após a exposição e análise inicial da revisão bibliográfica, pode-se entender que quando se fala de integração na área de mobilidade urbana, refere-se em sua maior parte, aos serviços de transporte coletivo rodoviário e urbano de passageiros por veículos de tipo ônibus, ou à integração modal de diferentes tipos de transporte, como: ônibus-bicicleta ou ônibus-metrô / trem, limitados estes a cidades maiores com disponibilidade e planejamento para este tipo de transporte. Em linhas gerais, ainda que exista integração modal nos meios de transporte, não existe integração tecnológica para utilização da mesma passagem em diferentes modais sem ser do mesmo operador de transporte, ainda que seja o mesmo público.

Além da integração modal dos sistemas de transporte, a limitação de publicações com foco em integração tecnológica é latente, inexistindo qualquer sistema ou solução tecnológica, bem seja na área de transporte de passageiros, trânsito, segurança pública, roteirização de linhas de transporte coletivo de passageiros ou de cargas urbanas, sistema cicloviário, estacionamento, gestão e processamento de multas, sustentabilidade, entre outros; que seja comum entre os diversos municípios que compõem uma região, ou, ainda existindo, esta não forma parte de um ecossistema regionalizado. Sendo assim, fica evidente que há uma lacuna no meio acadêmico nacional sobre o tema em questão.

As tecnologias aplicadas à mobilidade “podem facilitar mudanças comportamentais e institucionais necessárias para uma transição” (GOYAL & HOWLETT, 2018), com o intuito de tornar a governança menos hierárquica e autoritária e mais colaborativa e integrada. Para responder aos desafios de mobilidade urbana, o Ministério das Cidades (BRASIL, 2005), por meio da Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana e do Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM sugere que:

> (...) deverão ser propostos arranjos institucionais que permitam a integração e que sejam desenhados de acordo com cada contexto – regiões metropolitanas, aglomerados, cidades de diversos tamanhos – e que incorporem novas formas de gestão participativa incluindo usuários e diversos setores interessados.

Sendo assim, e tendo em conta todo o exposto anteriormente, chega-se à última questão de pesquisa: *como formatar um modelo de arranjo de tecnologia aplicada à mobilidade inteligente que se adapte às necessidades e desejos dos municípios participantes, aos anseios da população e que seja viável na sua concepção?*

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho foi aplicar o método AHP para auxiliar os gestores municipais da Região do Vale do Paraíba, São Paulo, na tomada de decisão sobre a escolha de alternativas tecnológicas aplicadas a mobilidade urbana. O estudo visou identificar e priorizar tecnologias que promovam um arranjo tecnológico integrado e regionalizado, facilitando seu modo de contratação, e otimizando a gestão e os benefícios para a população.

1.2.2 Objetivos específicos

Como modo de envolver os distintos campos identificados, o desdobramento do objetivo principal comportará o alcance de diferentes objetivos específicos, por meio do levantamento de informações e a criação e análise de indicadores que nos permitam:

- Identificar a existência de planejamento municipal em conformidade com as premissas da Política Nacional de Mobilidade Urbana;
- Identificar as prioridades tecnológicas dos governos locais;

- Identificar os diferentes recursos existentes para viabilização da contratação e implantação de sistemas tecnológicos entre cidades.

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA CIENTÍFICA

1.3.1 Justificativa

A relevância e o interesse desta pesquisa se fundamentam nas dificuldades que os municípios do interior, concretamente os municípios da Região do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo, enfrentam na hora de projetarem a utilização de tecnologia aplicada a mobilidade urbana e sua integração setorial, local e regional, considerando as mais diversas complexidades.

Sendo assim, a possibilidade de ponderar as soluções implantadas, e as diferentes possibilidades tecnológicas disponíveis no mercado, que possam se adaptar à demanda real, a partir de um método ou técnica específica, poderia fornecer benefícios de forma regionalizada ou contribuir para a resolução de demandas comuns entre municípios próximos.

Visando à democratização do uso do solo e da equidade na acessibilidade aos serviços oferecidos pelas cidades, a ideia da criação de um arranjo de tecnologia aplicada à mobilidade urbana se torna um potencial modelo estratégico para o desenvolvimento dos municípios com menos recursos socioeconômicos.

Após o referencial teórico apresentado e lacunas de pesquisa detectadas, foram elaborados dois estudos bibliométricos na base de dados Scopus Elsevier nos anos 2020 e 2022, e em ambos percebeu-se a escassez de produção científica a respeito, sendo a aplicação e contribuição do método AHP, dentre os MCDM, o mais latente em estudos realizados em áreas isoladas da Administração Pública.

No caso da Gestão Pública, a maioria dos estudos baseia-se na eficiência da própria gestão e a governança institucional. No caso dos sistemas de produção, em áreas independentes da Engenharia.

No caso da Mobilidade Urbana, os estudos estão direcionados em grande parte à integração entre diferentes modais de transporte, roteirização do sistema de transporte público coletivo de passageiros e diferentes sistemas e formas de desenvolvimento sustentável. Ainda

que existam diferentes estudos bibliométricos na área, é complicado obter dados suficientemente preparados e organizados para a construção de indicadores (OKUBO, 1997).

Com referência à aplicação de tecnologia para formação de arranjos regionalizados, a produção literária é muito escassa e, a existente, com carências na sua execução. Dresch & Cauchick Miguel (2015) alertam que “na área da inovação, em particular, existem muitos estudos, mas poucos esclarecem, de fato, como foram conduzidos”. A bibliometria tem sido utilizada como um método de análise quantitativa para pesquisa científica (SU & LEE, 2010) e tomando como referência os estudos bibliométricos podem ser identificadas tendências e/ou lacunas para realização de novas pesquisas.

De acordo com sua sociedade internacional, a tomada de decisão com múltiplos critérios pode ser definida como o estudo de métodos e procedimentos pelos quais as preocupações com múltiplos critérios conflitantes podem ser formalmente incorporadas ao processo de planejamento gerencial (INTERNATIONAL SOCIETY OF MULTIPLE CRITERIA DECISION-MAKING, 2022). Nesse sentido, os MCDM podem ser aplicados para a solução de demandas comuns entre municípios, avaliando planos alternativos para a mobilidade urbana.

Os principais objetivos da aplicação dos MCDM são a classificação e seleção de alternativas para apoiar a tomada de decisão com base na formulação matemática e metodologia sistemática (LI, LI & GUO, 2020; LOMBARDI NETTO *et al.*, 2021; WALLENIUS *et al.*, 2008). O desenvolvimento dos MCDM foi inicialmente motivado pela variedade de problemas práticos que requerem a consideração de vários fatores. O MCDM continua a ser desenvolvido fornecendo técnicas modernas de tomada de decisão com avanços em modelos matemáticos e tecnologia computacional (BEHZADIAN *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Tendo em conta as diversas variáveis possíveis apresentadas, sejam elas: objetivas, subjetivas, estruturais, funcionais ou variantes destas, Meyer (2002) afirma que “simplificar a medição é a melhor solução”. Esse é o fundamento do ´método AHP: decomposição e síntese das relações entre os critérios até que se chegue a uma priorização dos seus indicadores, aproximando-se de uma melhor resposta de medição única de desempenho (SAATY, 1991).

Diante do exposto, pode-se afirmar que devido às diferentes etapas que compõem a projeção do método AHP para auxílio na resolução de conflitos, este ganha força quando

falamos de sua aplicabilidade em administração pública e em diferentes sistemas de mobilidade urbana.

O método AHP, especialmente, pode ser de grande valia pela sua eficiência e sustentabilidade, auxiliando na integração da tecnologia instalada e delineando “modelos e ferramentas de planejamento que auxiliem a tomada de decisão sobre investimentos” (YAMASHITA, RODRIGUES E SILVA & VILELA, 2019).

O benefício do método AHP é que, como os valores dos julgamentos das comparações paritárias são baseados em experiência, intuição e também em dados físicos, este pode lidar com aspectos qualitativos e quantitativos de um problema de decisão (SAATY, 1994).

Utilizando o método AHP, podem-se avaliar resultados de forma conjunta com o modelo proposto, calculando o grau de contribuição e benefício que cada projeto irá trazer para cada município. Primeiro, os tomadores de decisão de um governo local avaliam os resultados do modelo e, segundo, os responsáveis pelos projetos que compõem o modelo avaliam para seus próprios projetos (IIDA & KOIZUMI, 2018).

Na sua aplicação, os projetos relacionados à mobilidade urbana envolvem vários *stakeholders*, cada um deles com suas especificidades, sendo que, o planejamento de crescimento inteligente apoia a necessidade de melhorar o processo de planejamento, priorização e financiamento (BEILER & PHILLIPS, 2016).

Nesta percepção, no contexto da efetivação das cidades inteligentes, a colaboração entre governo-academia-empresas se reveste de significativa relevância (ETZKOWITZ, 2002), contribuindo para a normatização de políticas públicas direcionadas ao desenvolvimento do setor, entendimento das necessidades particulares de cada área e as especificidades de cada município. Falando deste tipo de colaboração saem à luz os conceitos Governança em Rede, Governança Colaborativa e Governança Urbana.

O primeiro refere-se à tomada de decisão gerada entre diferentes atores atuantes de uma determinada área que são interdependentes para a formação de políticas públicas comuns. O segundo é um tipo de gestão multi-institucional onde todas as partes envolvidas se tornam agentes executores com intuito de trabalhar conjuntamente sobre um problema comum. Já no terceiro, modelo democrático-participativo, são incluídos atores da sociedade civil para a concretização e fortalecimento de novos arranjos políticos.

Seja como for o modelo de governança para o avanço socioeconômico e político dos municípios é muito importante a colaboração de diferentes agentes para que este seja realmente efetivado. Os anseios da população devem ser satisfeitos, as políticas públicas devem ser criadas, as empresas devem colaborar na disponibilidade de tecnologia e a academia no avanço da pesquisa, desenvolvimento e inovação.

1.3.2 Relevância Científica

O estudo foi realizado em onze municípios da Região do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo, uma localização estratégica no eixo das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. A área de abrangência municipal conta a presença de indústrias multinacionais relevantes e instituições de pesquisa, entre outros: Embraer, Petrobrás, General Motors, Ford, Nestlé, Johnson & Johnson, universidades, aeroportos, entre outras; além de um dos maiores Parques Tecnológicos do País, o Parque de Inovação Tecnológica (PIT), localizado na cidade de São José dos Campos. A Região Metropolitana é formada pelos municípios do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN ou RMVale), com um total de 39 municípios.

Os onze municípios abrangem quatro sub-regiões da área geográfica da Região do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo, sendo estas: Cruzeiro, Guaratinguetá, São José dos Campos e Taubaté. Os municípios, por ordem alfabética, são: Aparecida, Caçapava, Cachoeira Paulista, Campos do Jordão, Cruzeiro, Cunha, Guaratinguetá, Lorena, Pindamonhangaba, Potim e Tremembé, conforme disposto na Tabela 1.

Tabela 1 – Informações socioeconômicas municipais.

Município	**Área Territorial - km^2 (2022)**	**População Estimada (2024)**	**Densidade Demográfica (2022)**	**PIB per Capita - R$ (2021)**
Aparecida	120,890	33.223	269,41	28.750,03
Caçapava	368,990	99.678	260,72	54.458,95
Cachoeira Paulista	287,990	32.482	109,60	19.914,05
Campos do Jordão	289,981	47.983	161,99	27.503,81
Cruzeiro	305,699	76.961	245,21	38.390,41
Cunha	1.407,250	22.456	15,71	15.269,84
Guaratinguetá	752,636	121.710	156,84	63.948,00
Lorena	414,160	87.370	204,88	43.299,19
Pindamonhangaba	731,355	172.027	226,19	79.951,70
Potim	44,643	20.767	456,78	12.047,78
Tremembé	191,094	53.083	267,79	18.591,56

Fonte: IBGE.

Com as referências expostas, pode-se intuir a importância da utilização dos MCDM para ponderar diferentes sistemas tecnológicos em uma única contratação entre cidades com o mesmo interesse e necessidade, não somente na área da mobilidade urbana, mas também em outras áreas da Administração Pública. Além da importância territorial e a possibilidade de ponderar e priorizar tecnologia de forma comum entre municípios, o trabalho abrirá novos campos de estudo acadêmicos.

1.4 MATERIAIS E MÉTODOS

1.4.1 Classificação da Pesquisa

Inicialmente, deve-se entender qual o significado da realização de uma pesquisa. Para Gil (2002), "pesquisa" pode ser definida como "o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos".

Para Barros & Lehfeld (2002), pesquisa é "o esforço dirigido para a aquisição de um determinado conhecimento, que propicia a solução de problemas teóricos, práticos e/ou operativos; mesmo quando situados no contexto do dia-a-dia do homem".

Baseado nestas definições, a pesquisa realizada é de natureza "aplicada", empenhada na identificação de problemas e elaboração de diagnósticos, objetivando sua futura utilização em uma aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos detectados durante seu desenvolvimento.

Quanto aos objetivos, devido ao pouco material científico disponível em publicações, a pesquisa possui uma base "empírica", voltada para a identificação e detalhamento das diferentes situações associadas a cada município. Este enfoque serve para interferência ou concretização de ações em função das complexidades associadas aos problemas detectados na aplicação do Método AHP. O trabalho conta também com uma base de referência teórica e aplicação de técnicas para coleta e análise de dados.

Pode-se definir a abordagem da pesquisa como "combinada". O enfoque "qualitativo" é aplicado devido ao entendimento dos fenômenos sociais que impactam diretamente no planejamento e definição das ações dos governos municipais. Para esse entendimento são analisados dados que devem ser tidos em consideração na hora da modelagem estatística.

Já o enfoque “quantitativo” mostrará e quantificará os dados coletados em diferentes bases das administrações públicas municipais, publicações e sites oficiais da iniciativa pública e privada, por meio de gráficos e modelos numéricos e estatísticos. A pesquisa quantitativa é conseguida na busca de resultados exatos evidenciados por meio de variáveis preestabelecidas, em que se verifica e explica a influência sobre estas, mediante análise da frequência de incidências e correlações estatísticas (MICHEL, 2005).

Os procedimentos teóricos para a base de dados do trabalho se dão por meio de “pesquisa bibliográfica” e “pesquisa documental”. O levantamento de dados é feito tendo em conta dados primários, secundários e terciários, como: publicações, documentos das diferentes administrações, bases de dados governamentais, sites oficiais, documentos técnicos e características das soluções tecnológicas existentes na iniciativa privada.

De acordo com Boccato (2006), a pesquisa bibliográfica procura a sondagem e análise crítica das publicações existentes sobre o assunto a ser pesquisado procurando sua atualização, desenvolvimento do conhecimento e contribuição por meio da realização da pesquisa. Para Nakano & Muniz (2018), a revisão da literatura “estabelece os limites da discussão, define e esclarece os principais conceitos que serão usados nas seções empíricas”.

O lado empírico do trabalho está determinado por procedimentos de tipo “modelagem” e “pesquisa em campo”. A modelagem se dá em função da procura pelo entendimento acerca dos problemas determinados pelos modelos matemáticos e estatísticos, já que estes são representações da realidade e, desta forma, permitem que haja um melhor entendimento do ambiente ou do fenômeno que está sendo investigado (MORABITO NETO & PUREZA, 2012; PIDD, 1998).

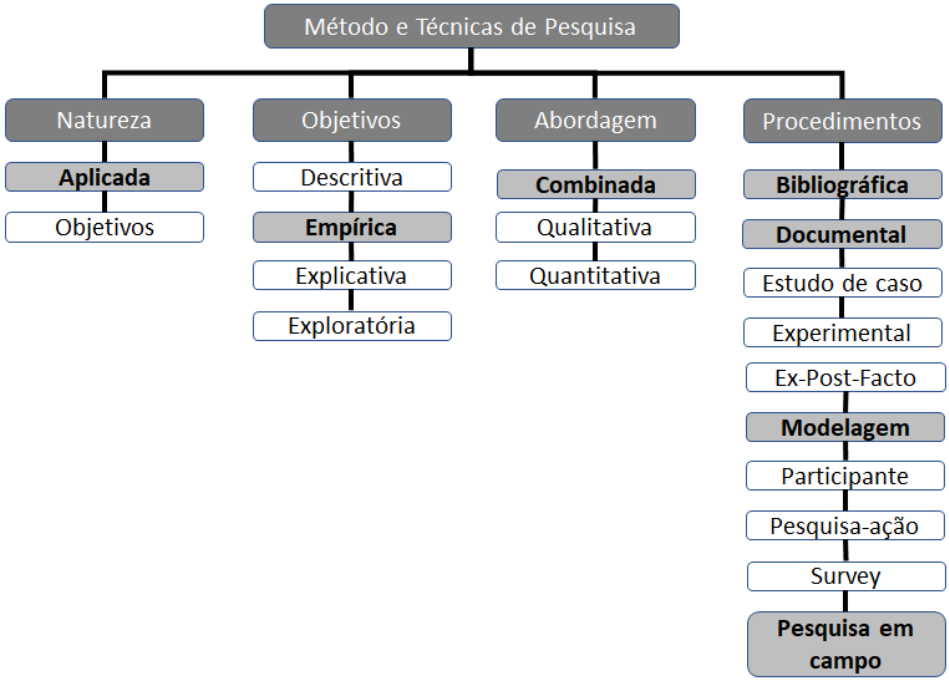
Com referência à “pesquisa em campo”, o objetivo é a coleta de dados e informações por meio de respostas a um questionário, em entrevista com os gestores municipais de forma presencial, com objetivo de análise, avaliação e percepção das repostas do entrevistado.

Sendo assim, no início do trabalho foi conduzido um estudo teórico-conceitual, ou bibliometria, para revisão da literatura existente na base de dados Scopus Elsevier. Segundo Araújo (2006) o estudo bibliométrico pode ser compreendido como uma “técnica quantitativa e estatística de medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento científico”.

O método científico utilizado se baseia em estudo “histórico-comparativo”, analisando os acontecimentos em um passado de no mínimo dez anos, o que serve de base para poder entender o presente. Também são consideradas as características semelhantes ou diferentes entre os municípios em análise, podendo compreender suas especificidades e fenômenos peculiares. Segundo Fachin (2005), "geralmente, o método comparativo aborda duas séries ou fatos de natureza análoga, tornados de meios sociais ou de outra área do saber, a fim de se detectar o que é comum a ambos (FACHIN, 2005)”.

O método de trabalho aplicado utiliza técnicas de tipo documental, observação e bibliográfica para coleta dos dados, assim como, técnicas de análise de conteúdo, análise de especialistas e métodos estatísticos para análise dos dados. Em resumo a classificação da pesquisa está na Figura 1.

Figura 1 – Método e técnicas de pesquisa.



Fonte: Cauchick Miguel (2011), adaptado pelo autor.

1.4.2 Delimitações

Existem vários componentes que delimitam a futura aplicabilidade do método proposto devido à complexidade espacial, acadêmica, socioeconômica, normativa, tecnológica e humana, de cada uma das especificidades dos diferentes municípios.

Referente à complexidade espacial, os municípios contemplados no trabalho estão localizados em um raio de aproximadamente 120 quilômetros. Como apontado anteriormente, a escassez de arranjos de tecnologia implantados com sucesso faz com que a produção de publicações seja escassa para que possa ser adotada uma referência clara quanto à sua formatação.

No quesito legislativo, as barreiras identificadas estão focadas nas diferentes normas aplicadas nos municípios para um mesmo sistema de tecnologia, sua defasagem, o período de contratação ou concessão atual ou, simplesmente, à inexistência de norma.

Quanto às possíveis barreiras tecnológicas, podem-se citar os diferentes sistemas implantados e a possibilidade ou não de integração com outras soluções mais modernas, e inclusive a responsabilidade pela macrogestão da área integrada.

Com referência aos recursos humanos, cabe dizer que o termo “mobilidade urbana” começou a sua popularidade após a publicação da Lei Federal, no ano 2012. Devido a este fato, a escassez de profissionais na área é evidente, ficando a avaliação da mobilidade urbana das cidades menores a cargo de empresas de Consultoria, Assessoria e Engenharia em muitas ocasiões.

1.4.3 Fases e Etapas do Trabalho

O trabalho foi dividido em cinco fases e estas, por sua vez, em diferentes etapas, conforme especificações e Figura 2:

1ª FASE: Definição do tema de pesquisa; realização do 1º estudo bibliométrico - Revisão Sistemática da Literatura (SLR, de seu acrônimo em língua inglesa) e análise documental; identificação de oportunidades de pesquisa e definição da linha de pesquisa; triagem e análise de dados coletados.

2ª FASE: Definição do MCDM a ser aplicado; Estruturação de dados e desenho de matriz de cálculo.

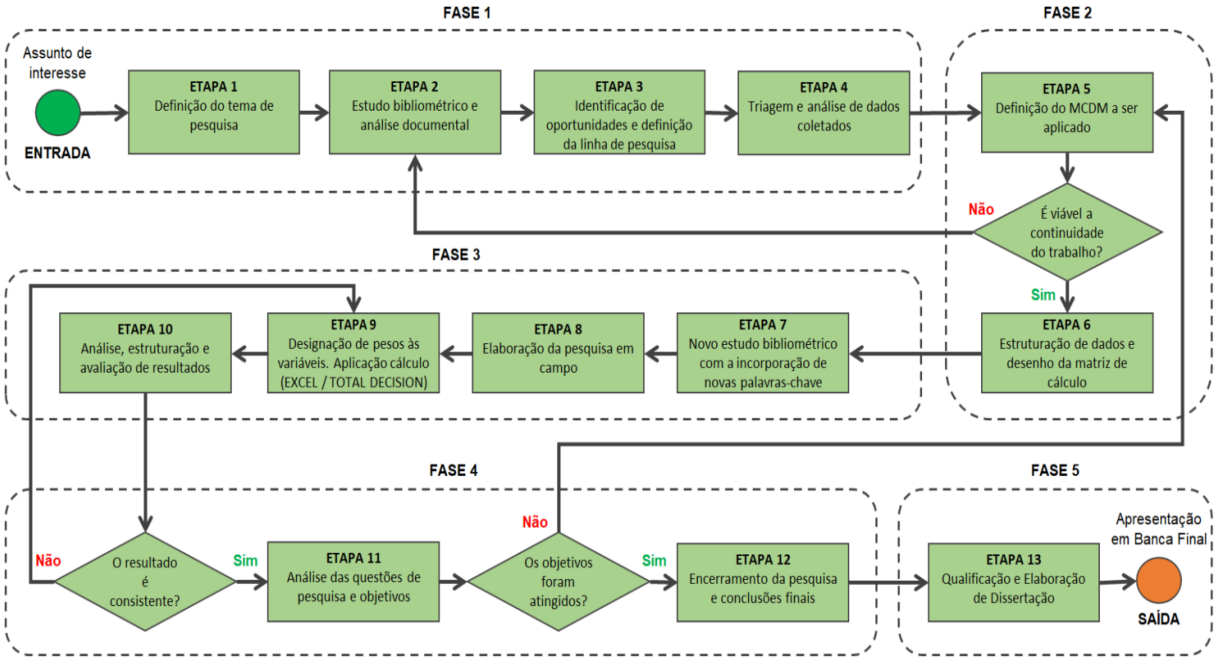
3ª FASE: Realização do 2º estudo bibliométrico - Estudo da Arte (SAR, de seu acrônimo em língua inglesa) com a incorporação de novas palavras-chave; elaboração da pesquisa em campo; designação de pesos às variáveis, aplicação do cálculo (planilha

Microsoft Excel) e análise de consistência de resultados / comparativa de resultados entre o cálculo AHP e AIP e o *Software Total Decision*; análise, estruturação e avaliação de resultados.

4ª FASE: Avaliação de resultados perante as questões de pesquisa e objetivos pré-definidos; encerramento da pesquisa e elaboração de conclusões.

5ª FASE: Preparo dos documentos de Qualificação; elaboração da Dissertação; apresentação em Banca de Qualificação; apresentação em Banca de Avaliação Final.

Figura 2 – Estrutura das fases do trabalho.

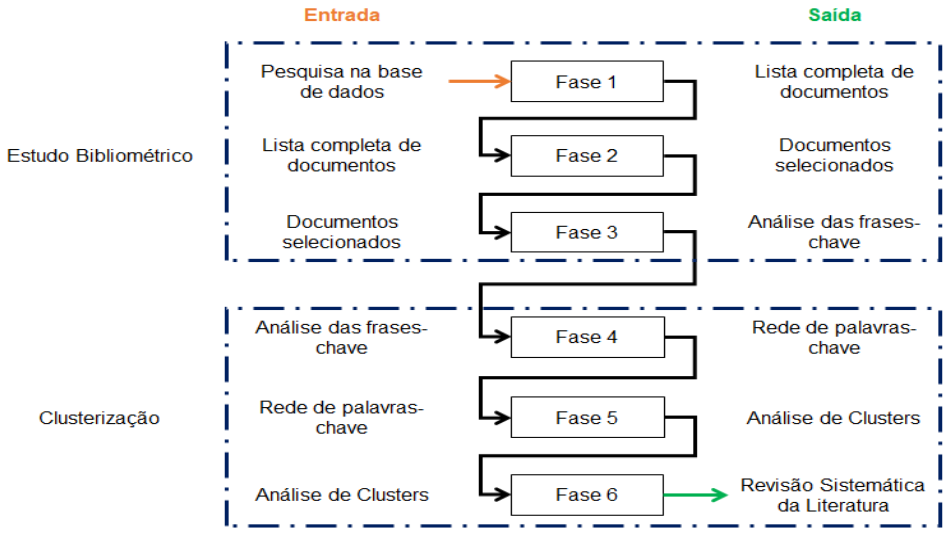


Fonte: Próprio autor.

1.4.4 Fluxo Metodológico dos Estudos Bibliométricos

Para seleção de artigos de ambos os estudos bibliométricos foi utilizado o fluxo de pesquisa da Figura 3. As revisões literárias foram conduzidas em seis fases, incluindo pesquisas em bancos de dados, estudo bibliométrico e análise de clusters. Este guia é proposto por Xiao & Watson (2019).

Figura 3 – Proposta de seis fases para elaboração de SLR / SAR.



Fonte: Xiao & Watson (2019).

1.4.5 Pesquisa em Campo - Método Qualitativo

Durante o trabalho foi realizada uma pesquisa em campo por meio de um formulário direcionado aos gestores e tomadores de decisão municipais. No decorrer do período de pesquisa existiram diferentes problemas de comunicação entre os gestores municipais e o pesquisador, o que fez alterar o questionário e sua forma de divulgação e resposta em até três vezes.

Finalmente o pesquisador reduziu o conteúdo e optou pela entrevista pessoal para preenchimento do formulário, percorrendo toda a extensão viária até cada um dos municípios, inclusive várias vezes, até obter as respostas na sua totalidade.

Durante a pesquisa em campo, o pesquisador explicou o objeto do trabalho, esclareceu dúvidas dos gestores, explicou devidamente o modo de preenchimento do questionário, o significado das variáveis e, finalmente, recolheu a assinatura de cada participante no “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido”, com referência aos dados coletados, motivo da pesquisa e contatos disponíveis para verificação, entre outros.

Cabe mencionar que, a pesar do período da pesquisa ter se estendido por cerca de oito meses, a colaboração de todos os gestores municipais na acolhida, interesse e atenção prestadas merece elogio. Também cabe apontar que o ano 2024 foi ano eleitoral para os

municípios do Brasil e que, talvez por essa razão, os gestores estivessem com receio em responder qualquer tipo de perguntas relacionadas ao trabalho desenvolvido e futuros empreendimentos.

O formato do questionário final contou, além do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, com três seções, sendo: Seção 1 - Identificação do respondente; Seção 2 - Gestão institucional; Seção 3 - Desenvolvimento científico e tecnológico.

Na primeira seção o respondente preencheu os dados de seu punho e letra. Os dados estiveram baseados em informações comuns e básicas de identificação pessoal, além do cargo ocupado na Administração local e, por último, a preferência de publicação desses dados. Em caso positivo, foi oferecida a opção de como gostaria de ser identificado.

A segunda seção entrou diretamente no campo da pesquisa para aplicação do método AHP, onde o questionário foi divido em três perguntas para determinação dos pesos das variáveis para os critérios, subcritérios e alternativas, completando a matriz de cálculo pré-estabelecida. O valor das variáveis utilizou a escala fundamental de Saaty (1980), conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Escala Fundamental de Saaty.

Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância.	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra.	A experiência e o juízo favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial.	A experiência e o juízo favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada.	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta.	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários.	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Saaty T. L. (1980).

Além do preenchimento do correspondente questionário, existiu também uma conversa descontraída sobre a situação da mobilidade urbana local, onde o pesquisador teve a oportunidade de conhecer mais em detalhe os problemas locais, os sistemas e soluções já

existentes e os anseios dos gestores e da população, esta última em menor medida. A conversa, em média, teve uma duração de duas horas.

Com as respostas dos gestores municipais e informações coletadas, o seguinte passo foi a análise de dados e inserção destes na planilha *Microsoft Excel*, elaborada pelo próprio autor, para realização do cálculo e, consequentemente, a aplicação do método AHP.

Destacar que o peso das variáveis da terceira pergunta da segunda seção do questionário, "alternativas", foi outorgado pelo próprio autor, devido à experiência internacional na área da mobilidade urbana por mais de trinta anos e conhecimento em contratações públicas, além de sua vivencia como gestor na administração pública no País, por aproximadamente quatro anos.

Além da identificação do respondente na Seção 1 do questionário, a Seção 2 contou com uma pergunta a cerca da classificação do órgão responsável no interior de sua própria administração:

Qual a caracterização do órgão responsável pela gestão do Sistema de Mobilidade Urbana municipal?

- Não possui órgão estruturado;
- Secretaria municipal de mobilidade/transporte junto a outras políticas;
- Secretaria municipal exclusiva;
- Setor subordinado à chefia do executivo;
- Setor subordinado à outra secretaria;
- Órgão da administração indireta.

Já a Seção 3, contou com três perguntas sobre preferências por inovações tecnológicas, momento em que foram desenvolvidas as conversas explicativas e outorgados os pesos das varáveis para aplicação do cálculo:

a) Quais grupos ou áreas de soluções tecnológicas seriam prioritários para formar parte de uma integração tecnológica intermunicipal? Classifique os critérios (por pares) por ordem de preferência, sendo:

- Deslocamento de pessoas;

- Circulação de veículos;
- Integração com Segurança Pública;
- Sustentabilidade;
- Segurança Viária.

b) Quais soluções tecnológicas seriam prioritárias, e viáveis economicamente, para formar parte de uma integração tecnológica intermunicipal? Classifique cada grupo de subcritérios (por pares) por ordem de preferência, sendo:

Para o critério "deslocamento de pessoas":

- Bilhetagem eletrônica do sistema de transporte público coletivo;
- Sistema de transporte individual de passageiros por aplicativo.

Para o critério "circulação de veículos":

- Sistema de circulação restrita para veículos de carga pesada (OCR);
- Sistema de estacionamento rotativo;
- Centro de Controle Operacional.

Para o critério "integração com segurança pública":

- Sistema de identificação de veículos que transitam pelo município (muralha digital / compartilhado com Secretaria de Segurança Pública);
- Sistema de vídeo-monitoramento (compartilhado com Secretaria de Segurança Pública).

Para o critério "sustentabilidade":

- Plataforma de gestão da mobilidade urbana;
- Sistema de carregamento de baterias para veículos elétricos;
- Sistema de conectividade à internet gratuita por meio do sistema de iluminação pública à led.

Para o critério “segurança viária”:

- Sistema de fiscalização eletrônica de velocidade;
- Sistema de gestão semafórica.

c) Em sua opinião, qual seria a melhor opção de custeio para implantação da solução em destaque? Classifique as alternativas (por pares) por ordem de preferência para cada subcritério, sendo o grupo de subcritérios os apresentados na alínea “b” e as alternativas de custeio:

- Licitação pública / Financiamento (recurso municipal);
- Recurso da iniciativa privada;
- Parceria Público-Privada (PPP);
- Recursos Federais ou Estaduais.

1.4.6 Software Total Decision

Existem diferentes softwares no mercado para análise e construção de modelos matemáticos para ajuda na tomada de decisão. De entre as diferentes opções, este trabalho utilizou o software *Total Decision* devido a que os estudos bibliométricos se basearam em única base de dados (Scopus), onde por meio de diferentes listas criadas pelo pesquisador puderam ser vislumbradas possíveis duplicidades de artigos selecionados para análise.

Além disso, este software utiliza a estrutura hierárquica do próprio método AHP, descompondo o problema em camadas para comparação por pares, além de sua facilidade para exportação de matrizes para aplicações do *Microsoft Office*, como *Excel* e *Word*.

Uma vez realizado o cálculo com as próprias matrizes criadas em *Excel* pelo próprio pesquisador, o software *Total Decision* foi utilizado para comparação e verificação dos resultados obtidos, estando a diferença de valores obtidos entre ambos os métodos dentro das margens aceitas pelo pesquisador.

Ainda, com a utilização de única base de dados, os diferentes arquivos selecionados foram adicionados ao software de criação de redes *VosViewer* onde foram criados os correspondentes clusters de interdependência de palavras-chave, como será mostrado no Capítulo 2.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada em mais quatro Capítulos, além deste introdutório. No Capítulo 2 apresenta-se uma análise bibliométrica sobre as publicações existentes na área de mobilidade, com integração de diferentes palavras-chave, desde o ano 2015 até o ano 2022, A análise bibliométrica foi baseada em dois estudos biblimométricos realizados na base de dados Scopus nos anos 2020 e 20222. Posteriormente foi realizada a identificação de clusters que compõem a rede bibliométrica das publicações selecionadas para a dissertação.

No Capítulo 3 apresenta-se a aplicação do método AHP com sua estrutura convertida em uma hierarquia de três níveis (critérios, subcritérios e alternativas) e o cálculo geral de prioridades por município. Também é apresentado o cálculo geral com agregação das prioridades individuais de cada município e comparados os resultados gerais com a aplicação do método no software *Total Decision*. Finalmente é mostrado o valor de consistência global do modelo e uma síntese dos resultados.

No Capítulo 4 são apresentadas as respostas aos objetivos pré-definidos e às questões de pesquisa.

No Capítulo 5 encontram-se as conclusões e recomendações para a continuidade do trabalho, seguidas das referências bibliográficas consultadas para a elaboração deste texto.

A dissertação também conta com um arquivo complementar onde é apresentado o passo a passo da aplicação do método AHP e os resultados da comparação paritária para cada município e por cada nível da estrutura hierárquica.

2 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A análise bibliométrica é uma ferramenta estatística indispensável para mapear o estado da arte em uma determinada área do conhecimento científico (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Por meio destes estudos é possível identificar informações essenciais para diversos fins, como prospecção de oportunidades de pesquisa e apoio à pesquisa científica.

Scopus é um banco de dados de fontes, resumos e citações com curadoria de especialistas independentes no assunto. O Scopus oferece a visão geral mais abrangente da produção mundial de pesquisa nas áreas de ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais e artes e humanidades (ELSEVIER BV, 2022). A Elsevier também é uma das principais editoras de revistas científicas internacionais. Devido a este fato, somente foi utilizada esta base de dados de pesquisa para procura e formação da bibliografia do trabalho.

2.1 IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE PUBLICAÇÕES

O primeiro estudo bibliométrico foi realizado no ano 2020. A Revisão da Literatura (LR, de seu acrônimo em língua inglesa) realizada chegou à pré-seleção de 103 artigos, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Seleção de artigos da 1ª bibliometria.

Principal palavra / frase-chave	**Nº de Documentos**
governance	65.342
AHP	11.318
analytic hierarchy process	9.150
public management	2.632
urban mobility	1.855
urban mobility technology	-
smart cities	-
sustainable urban mobility plans	-
local productive arrangement	-
public administration	103
Total	103

Fonte: Próprio autor extraído da base de dados Scopus (2020).

Após a leitura dos artigos, o número inicialmente pré-selecionado foi reduzido de 103 para 62, e com a aplicação de novos filtros, o número final da seleção foi de 13 artigos.

A Tabela 4 mostra os números do segundo estudo realizado no ano 2022.

Tabela 4 – Seleção de artigos da 2ª bibliometria.

Principal palavra / frase-chave	**Nº de Documentos**
*sustainab**	570.397
*city / cities / citizen**	51.721
urban mobility	2.814
public transport	4.989
*efficienc**	502
*technolog**	180
innovation	196
optimization	221
*integrat**	289
*resource**	317
*environment**	413
*ecosystem**	417
*renewable**	420
decision making / decision-making / MCDM	43
Total	43

Fonte: Próprio autor extraído da base de dados Scopus (2022).

O Estudo da Arte (SAR, de seu acrônimo em língua inglesa) realizado em 2022 incorporou palavras-chave das áreas da sustentabilidade, cidades e cidadãos, optimização e tecnologia. Neste segundo estudo bibliométrico mais completo procurou-se somar mais palavras-chave às iniciais do primeiro estudo com o intuito de complementar a pesquisa. Neste estudo, a seleção de artigos correspondeu a um total de 11 artigos.

Os filtros para busca na base de dados foram: (I) Artigos revisados por pares; (II) Artigos nos idiomas inglês, português ou espanhol; (III) Artigos em texto completo; (IV) Dados primários extraídos do título, resumo e palavras-chave; (V) Data de publicação entre os anos de 2015 a 2022 ou textos clássicos; (VI) Artigos que atendam ao escopo do objeto pesquisado.

Finalmente as informações dos artigos de ambos os estudos foram cruzadas, com o intuito de evitar duplicidade de artigos, além da aplicação de novos filtros para refinamento da busca e seleção, sendo: "*publication stage (final)*", "*english language*", "*source type (jornal)*", "*document type (article)*", "*open source (all)*".

Os dados inseridos formaram o seguinte *query*:

(TITLE-ABS-KEY (sustainab*) AND TITLE-ABS-KEY (city OR cities OR citize*) AND TITLE-ABS-KEY (urban AND mobility) OR TITLE-ABS-KEY (public AND transport*) AND TITLE-ABS-KEY (efficien*) AND TITLE-ABS-KEY (technolog*) OR TITLE-

ABS-KEY (innovation) OR TITLE-ABS-KEY (optimization) OR TITLE-ABS-KEY (integrat*) OR TITLE-ABS-KEY (resource*) OR TITLE-ABS-KEY (environment*) OR TITLE-ABS-KEY (ecosystem*) OR TITLE-ABS-KEY (renewable*) AND TITLE-ABS-KEY (decision AND making OR decision-making OR mcdm)) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2023 AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE , "j")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (OA , "all")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENVI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "SOCI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENER") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "MATH") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ECON") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI"))

A seleção final de artigos deste trabalho baseia-se em 24 artigos, como é mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Palavras / frase-chave e métodos utilizados.

(continua)

Documentos	**Palavras / Frase-chave**	**Métodos**
Quijano *et al.*, 2022	Smart city, sustainability	KPI
Garcia-Fuentes *et al.*, 2021	Energy, smart city, urban mobility	STILE
Ianillo & Fasolino, 2021	Land-use, urban planning	FSM
Bielińska-Dusza, Hamerska & Zak, 2021	Smart city, urban mobility	SEM
Aparicio, 2020	Innovation; Public policy; Transport governance; Urban Mobility	CS
Myrovali *et al.*, 2020	Urban mobility, sustainability	DSS
Schiller, Gruhler & Xie, 2020	Cities, spatial planning, urban design	CS
Braga *et al.*, 2019	Metrics; Performance indicators; Transport networks; Transport systems, Urban mobility; Urban transport	LR
Alitaneh, 2019	Coefficient of variation, normalization, scales	AHP
Karasan, 2019	Investment, prioritization	AHP, FST
Pradhan *et al.*, 2019	AHP, DEA, integration	LR
Abbady, Akkaya & Sari, 2019	Big data; Decision-making; Dynamic capability; Fuzzy set; Jordan	FUZZY SET
Damidavicius, Burinskiene & Uspalyte, 2019	Analytic hierarchy process; Evaluation; Mobility; Monitoring; Sustainable Urban Mobility Plan (SUMP)	AHP
Alderete & Bacic, 2018	Clusters; Local Productive Arrangements; Local development; Non-metropolitan municipalities; Sao Paulo State; Socio-economic indicators	CS

Tabela 5 – Palavras / frase-chave e métodos utilizados.

(conclusão)

Documentos	Palavras / Frase-chave	Métodos
Boussauw & Vanim, 2018	Best practices; Palestine; Policy transfer; Research by design; Sustainable urban mobility; Urban design	CS
Dali, Abdullah & Islam, 2018	Cities, livability, prioritization	AHP
Degtiarev & Borisov, 2018	Expert assessment, prioritization	AHP, FST
Yilmaz & Ozkir, 2018	Consistency, pairwise comparisons	AHP
Xie & Wang, 2018	Bike sharing, urban mobility	CS
May *et al.*, 2017	European cities; Governance; Policy framework; Urban transport	CS
Conejero & Silva César, 2017	Local productive arrangement	GIS
García-Fuentes & De Torre, 2017	Smart city, urban mobility	STILE
Attard, Haklay & Capineri, 2016	Government; smart city; urban mobility	GIS
Mendoza *et al.*, 2015	Solar energy, urban mobility, sustainability	LCA

Fonte: Próprio autor extraído da base de dados Scopus (2022).

A Tabela 5 apresenta o conjunto reduzido de documentos resultantes das análises de frase-chave e clusters. Esta tabela também inclui os MCDM, como Método de Hierarquia Analítica (*Analytic Hierarchy Process* – AHP), Teoria dos Conjuntos Difusos (*Fuzzy Set Theory* – FST) e a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA). De fato, Estudo de Caso (CS), Sistema de Apoio à Decisão (DSS), Mix Funcional e Social (FSM), Sistema de Informação Geográfica (GIS), Indicadores-Chave de Desempenho (KPI), Avaliação do Ciclo de Vida (LCA), Revisão da Literatura (LR), Modelagem de Equações Estruturais (SEM) e Ferramenta de Avaliação de Inteligência e Sustentabilidade (STILE) não são MCDM, mas são técnicas de tomada de decisão ou métodos de pesquisa adotados em alguns documentos.

A seguir, alguns documentos com utilização do método AHP são comentados, começando com Alitaneh (2019) o qual apresentou uma tentativa de resolver vários problemas pelos dois fatores da média e desvio padrão das variáveis, introduzindo o triângulo de dados das escalas de coeficiente de variação como a melhor opção para priorização, escalação, comparação de pares e normalização de variáveis quantitativas e qualitativas. Na pesquisa, algumas escalas de 9 graus foram propostas para triângulos escalares com uma nova abordagem para desescalarização de variáveis quantitativas (normalização).

Karasan (2019) relatou que as extensões *fuzzy* intuicionistas são o tipo de extensão *fuzzy* mais utilizado na literatura porque representam melhor a força de compromisso dos

tomadores de decisão com o assunto considerado de maneira eficaz, incluindo funções de associação e não associação. Neste estudo, conjuntos *fuzzy* intuicionistas hesitantes são usados para estender o AHP em um problema de priorização de investimento com base em fatores de risco relevantes. Análises comparativas com os métodos AHP *fuzzy* intuicionista e AHP *fuzzy* hesitante são conduzidas para validar o método proposto.

Pradhan, Olfati & Patel (2019) combinaram os métodos DEA e AHP criando um modelo DEAHP. O estudo apresentou a flexibilidade e aplicabilidade do modelo de integração quando utilizado com outras abordagens e métodos. O artigo também apresentou uma breve revisão da literatura sobre a integração do DEA com o AHP.

Damidavicius, Burinskiene & Uspalyte (2019) provam que a utilização do método AHP auxilia na identificação da importância dos indicadores de monitoramento que permitem avaliar as ordens de prioridade e a importância da implementação de medidas de mobilidade.

Dali, Abdullah & Islam (2018) coletaram e analisaram as opiniões dos planejadores urbanos e dos estudiosos de *Maqasid al-Shariah*. Seu objetivo era desenvolver um modelo de avaliação identificando e classificando os *Maqasid* indicadores e subindicadores para habitabilidade e qualidade de vida nas cidades da Malásia. *Maqasid al-Shariah* é uma doutrina legal islâmica cujo objetivo específico era a preservação de cinco elementos essenciais do bem-estar humano: religião, vida, intelecto, linhagem e propriedade. Os autores aplicaram o método AHP para criar a estrutura e os pesos e, em seguida, avaliaram os resultados do cálculo com o software *ATLAS* (ATLAS.TI SCIENTIFIC SOFTWARE DEVELOPMENT GMBH, 2022) e o *software SUPER DECISIONS* da AHP (CREATIVE DECISIONS FOUNDATION, 2022).

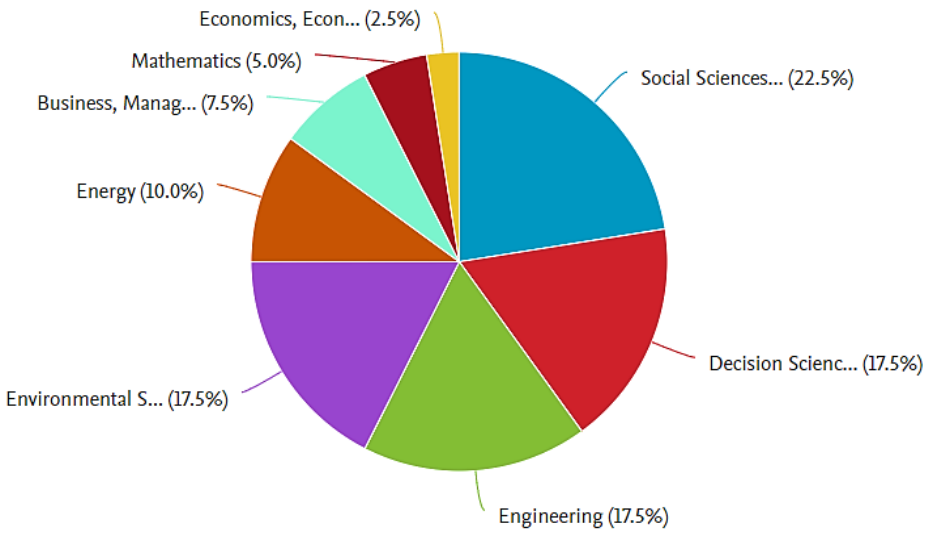
Degtiarev & Borisov (2018) sustentam que quando um especialista expressa julgamentos usando declarações de linguagem natural (por exemplo, palavras ou frases), a imprecisão inerente das construções de linguagem pode fazer com que a interpretação seja imprecisa. Seu artigo apresenta um modelo que dá peso às restrições nos domínios das avaliações de especialistas, pois geralmente são fornecidos com certos graus de confiança. Uma comparação empírica de *fuzzy* AHP usando números triangulares *fuzzy* e funções de associação de intervalo tipo 2 também é apresentada.

Yilmaz & Ozkir (2018) propuseram um procedimento de análise de consistência estendido para avaliar a consistência de matrizes de comparação de pares incompletas. Os

autores sustentam que, se qualquer julgamento em uma matriz de pares estiver ausente, a fase de aquisição de julgamento produz uma matriz de pares incompleta. Uma vez que o atual procedimento de análise de consistência é projetado para matrizes completas, a adequação para avaliar a inconsistência de matrizes incompletas é questionável.

Diante da análise dos objetivos desses artigos, observa-se claramente que existe pouca produção cientifica disponível referente ao assunto deste trabalho, e que o existente utiliza, na maioria das ocasiões, o método AHP para priorização de investimentos, integração de diferentes métodos, importância de indicadores de monitoramento de mobilidade, avaliação da habitabilidade e qualidade de vida nas cidades. O Gráfico 1 apresenta os documents selecionados por área temática.

Gráfico 1 – Documentos selecionados por área temática.

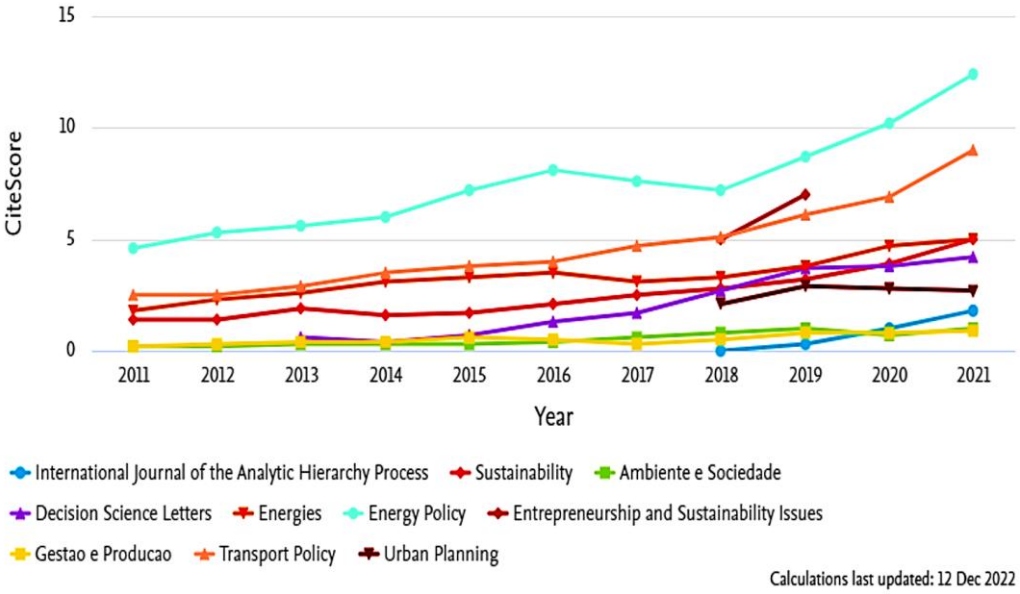


Fonte: Próprio autor extraído da base de dados Scopus (2022).

Os principais periódicos de publicação e citações onde foram encontradas informações e referências ao trabalho realizado foram: Ambiente e Sociedade; *Decision Sciences Letters*; *Energies*; *Energy Policy*; *Entrepreneurship and Sustainability Issues*; Gestão e Produção; *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*; *Sustainability*; *Transport Policy*; *Urban Planning*.

O Gráfico 2 apresenta o *Cite Score* das revistas científicas desde o ano 2011 ao ano 2021. O *Cite Score* da revista é uma métrica do número de citações de artigos recentes publicados nessa revista (ELSEVIER BV, 2022). A revista *Energy Policy* possui a maior pontuação do CITE, todos os anos.

Gráfico 2 – *CiteScore publication* por ano.



Fonte: Próprio autor extraído da base de dados Scopus (2022).

De entre os documentos selecionados, destacam-se a produção de artigos de estudo de caso, seis no total, realizados em diferentes cidades e com resultados dispares, assim como, a criação de estrutura de avaliação orientada por KPI, como já utilizado em um dos artigos com aplicação do método AHP. A continuação é comentada os de maior destaque.

Quijano *et al.* (2022) definem uma estrutura de avaliação orientada por KPI com o objetivo de cobrir os múltiplos pilares de uma cidade inteligente e sustentável de forma holística. Esse método também define conceitos e termos para orientar os urbanistas e especialistas no momento da implementação da estrutura para qualquer cidade específica. O quadro de avaliação foi implantado nas cidades de Nantes, Hamburgo e Helsinque.

Aparicio (2020) explora as razões pelas quais os processos locais de tomada de decisão são pouco adequados à inovação em mobilidade urbana e identifica opções para a reforma do processo. Com base na experiência de avaliação de processos em Madri, este artigo argumenta que o processo de avaliação deve incluir um aspecto mais fundamental: a coerência de cada medida dentro dos valores dominantes nas políticas públicas locais que estão sendo aplicadas pelo município.

Alderete & Bacic (2018) analisam se os Arranjos Produtivos Locais (APLs) podem melhorar o desenvolvimento local de seus municípios sede. Os autores afirmam que a maioria dos estudos se preocupa com a identificação e mapeamento de APLs, mas apenas alguns

examinam seus efeitos no desenvolvimento socioeconômico de suas regiões. Eles também acreditam que o principal desafio para identificar as lições aprendidas com o APL é a falta de ferramentas robustas para medir se essas políticas são ou não bem-sucedidas no nível do desenvolvimento local. Nesta linha é feita uma pesquisa quantitativa para comparar o desenvolvimento local entre municípios do Estado de São Paulo, no Brasil.

O trabalho de May *et al.* (2017) desenvolve recomendações que permitiriam que os governos nacionais apoiassem às cidades de forma individualizada no desenvolvimento de planos de mobilidade urbana sustentável. Baseia-se no trabalho de um Grupo Consultivo da Comissão Europeia. Os autores analisam os dados sobre os obstáculos resultantes de um apoio político inadequado, e propõem um conjunto de recomendações para ser testadas em seis países europeus.

Após o breve comentário dos artigos em destaque, o seguinte passo foi refinar a lista de documentos de acordo com o escopo do trabalho bibliométrico. Para este quesito foi utilizado o *Software SciVal*, plataforma de análise de desempenho de documentos na base de dados *Scopus*. O *SciVal* realiza uma análise de frase-chave que consiste na análise visual da relevância das palavras-chave. A Figura 4 apresenta uma nuvem de palavras-chave resultante do aplicativo *SciVal*. Quanto maior a fonte da palavra-chave, maior sua relevância, de acordo com a *SciVal*.

Figura 4 – Ocorrência das principais frases-chave.



Fonte: Próprio autor extraído da plataforma SciVal (2022).

Como se pode perceber na Figura 4, as principais frases-chave, por ordem de importância, são: *Urban Mobility - Analytic Hierarchy Process - Smart Cities - Sustainable Mobility - Prioritization - Governance - Citizen Engagement - Sustainable Cities - Arrangement.* Pode-se perceber nesta análise a ligação direta entre todas elas, mas isso será mais latente na análise de *clusters* a continuação.

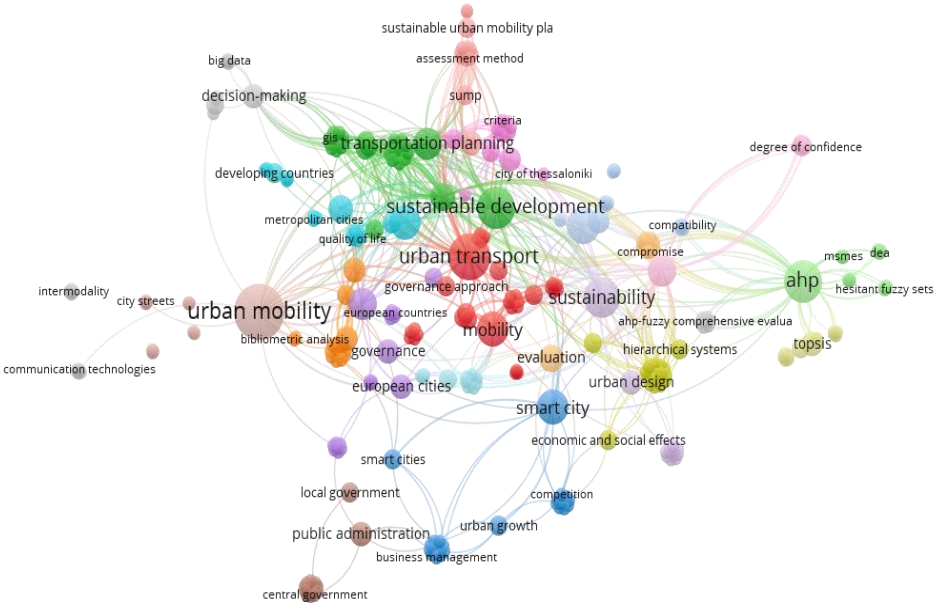
2.2 IDENTIFICAÇÃO DE CLUSTERS

O *VOSviewer* é uma ferramenta de software para construção e visualização de redes bibliométricas (CENTRUM VOOR WETENSCHAPS- EN TECHNOLOGIESTUDIES, 2022). Este software auxilia na identificação de redes bibliométricas a partir dos dados coletados na base de dados *Scopus*. Para este trabalho, as configurações do aplicativo *VOSviewer* foram:

- *Map based on bibliographic data;*
- *Bibliographic database file: Scopus Elsevier (.csv);*
- *Type of Analysis: Co-occurrence;*
- *Unit of Analysis: All Keywords;*
- *Counting Method: Full counting;*
- *Minimum Number of Occurrences: 2;*
- *Number of Keywords Selected: 23 (as default).*

Os dados foram mapeados com a ferramenta de construção e visualização de redes bibliométricas VOSviewer, utilizando o recurso de criação de grafos baseados em dados bibliográficos com análise do tipo co-ocurrência entre todas as palavras-chave. A primeira rede bibliométrica, referente aos artigos do primeiro estudo, é mostrada na Figura 5.

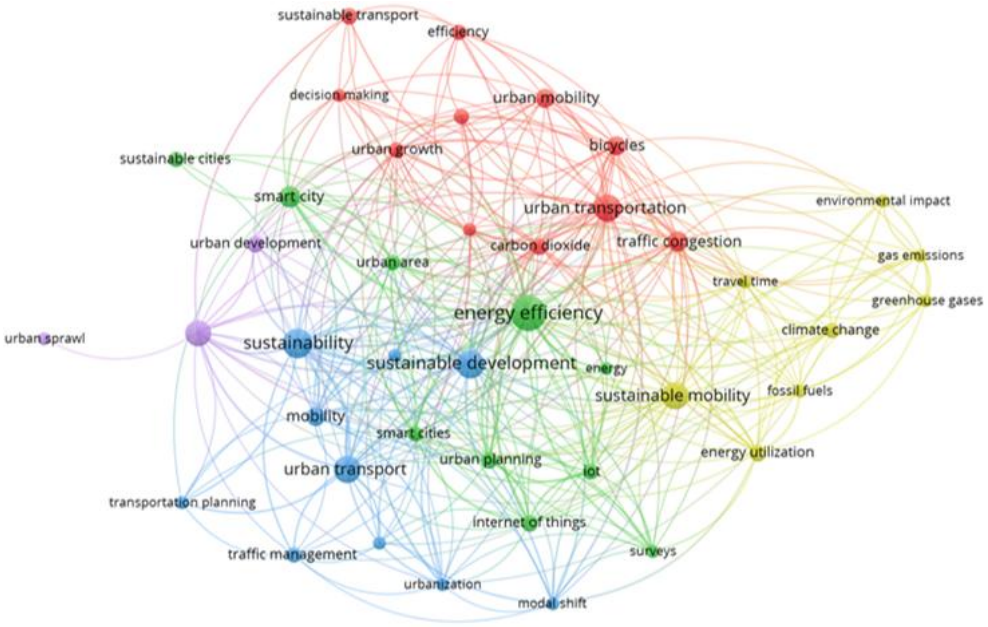
Figura 5 – Mapa de rede bibliométrica da 1ª bibliometria.



Fonte: Próprio autor extraído da plataforma VOSviewer (2023).

A Figura 6 apresenta a segunda rede bibliométrica, referente aos artigos do segundo estudo.

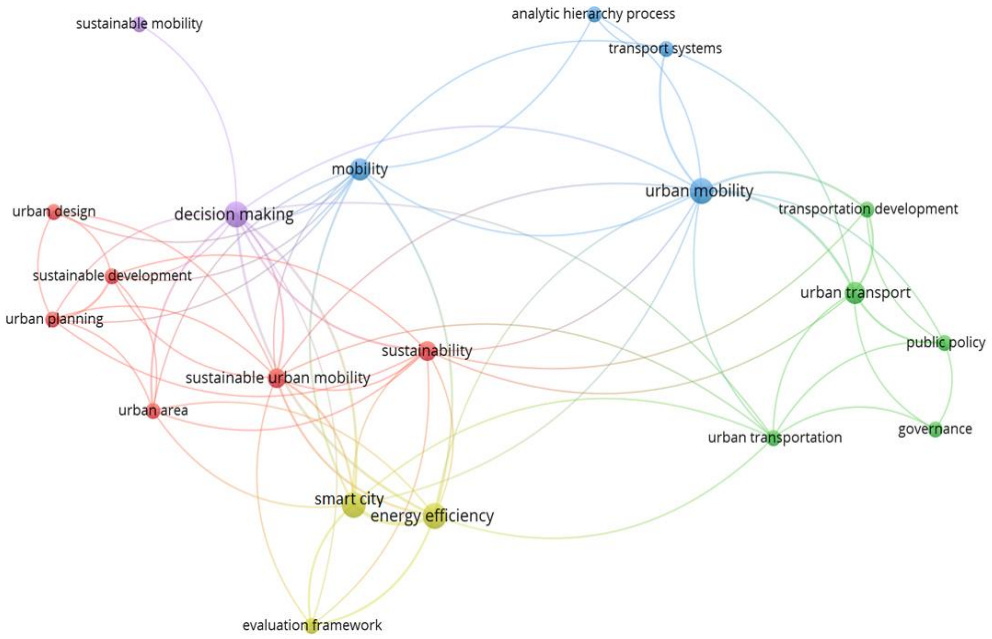
Figura 6 – Mapa da rede bibliométrica da 2ª bibliometria.



Fonte: Próprio autor extraído da plataforma VOSviewer (2023).

A Figura 7 apresenta de forma simplificada, e após o cruzamento de documentos de ambos os estudos bibliométricos e seleção final de artigos, a formação e interligação de cinco *clusters*.

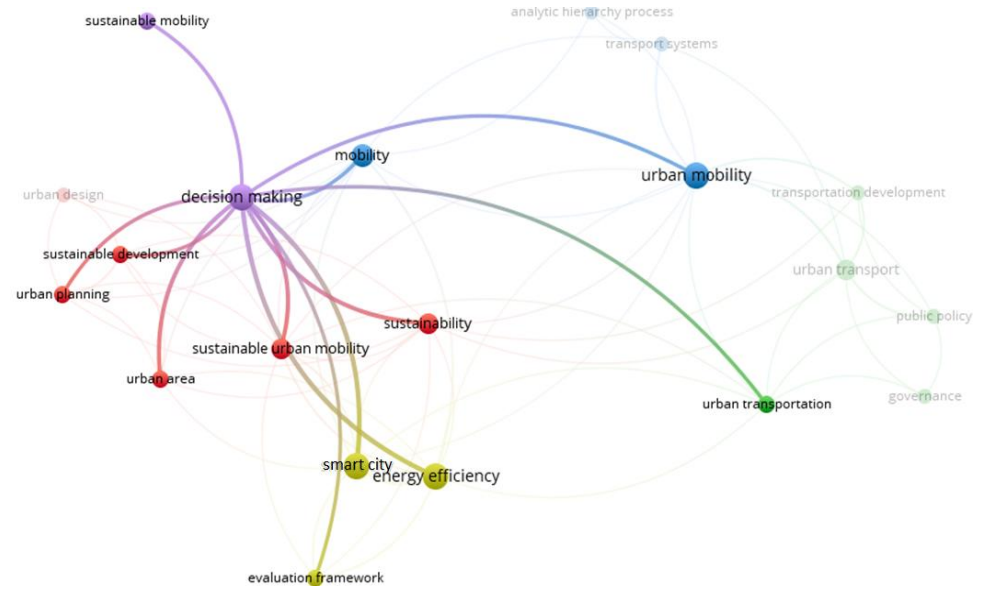
Figura 7 – Inter-relação de clusters.



Fonte: Próprio autor extraído da plataforma VOSviewer (2023).

Os clusters formados após aplicação do *software* são: *Cluster* 1 (**vermelho**): com foco em sustentabilidade; *Cluster* 2 (**verde**): com foco em governança e transporte urbano; *Cluster* 3 (**azul**): com foco em mobilidade urbana e AHP; *Cluster* 4 (**amarelo**): com foco em eficiência energética e *smart city*; *Cluster* 5 (**violeta**): com foco em tomada de decisão e mobilidade sustentável.

Figura 8 – Relação direta de clusters.



Fonte: Próprio autor extraído da plataforma VOSviewer (2023).

Percebe-se na Figura 8 que o cluster de palavras-chave é altamente conectado: não há cluster isolado conectando-se apenas com outro ou dois. Cada um dos clusters se conecta com os outros quatro. Há uma clara evidência de relação direta entre a frase-chave “tomada de decisão” do *Cluster* 5, e o restante dos clusters que compõem a rede bibliométrica.

3 APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP

A utilização de um método multicritério pode contribuir para "a diminuição do subjetivismo, tendenciosidade e arbitrariedade do processo" (PAULA & MELLO, 2013). Sendo assim, neste trabalho optou-se pela utilização do método AHP, por conta da sua ampla aplicabilidade devido "à sua simplicidade, facilidade de uso e grande flexibilidade" (HO, 2008), além de "sua capacidade de proporcionar condições de identificação, operacionalização e mensuração dos critérios e seus níveis (subcritérios) em uma forma robusta e estruturada" (LONGARAY & BUCCO, 2014).

A aplicação da maioria dos MCDM, incluindo AHP, consiste em três etapas principais (SALGADO, SALOMON & MELLO, 2012):

1. Estruturação: Identificação de critérios de decisão e alternativas;
2. Medição: Designação de pesos para os critérios e pontuações para as alternativas;
3. Síntese: Síntese dos resultados.

No AHP, a estruturação é executada com hierarquias: alternativas no nível inferior, critérios no meio e o objetivo de decisão no topo da hierarquia. O pressuposto do uso de hierarquias é a independência entre os critérios e a independência entre as alternativas.

A medição é executada com matrizes de comparação de pares "*A*". Primeiro, os critérios são comparados em pares. Em seguida, as alternativas são comparadas em pares, considerando cada critério. Os pesos para os critérios e as pontuações para as alternativas são obtidos com a normalização do autovetor "w" de "*A*", como na equação 1, onde λ_{max} é o autovalor máximo de "*A*".

$$Aw = \lambda_{max} w \quad (1)$$

Ainda na etapa de medição, λ_{max} indica a consistência de "*A*". Uma matriz de pares consistente "*A*" satisfaz $a_{ij} = a_{ik}\, a_{kj}$, para todo i = 1, 2 . . . *n*, j = 1, 2 . . . *n*, e k = 1, 2 . . . *n*, resultando em $\lambda_{max} = n$, onde n é o número de objetos comparados: alternativas ou critérios. Matrizes inconsistentes têm pelo menos uma comparação $a_{ij} \neq a_{ik}a_{kj}$, resultando em $\lambda_{max} > n$.

A Razão de Consistência (RC) é uma medida de inconsistência de comparações de matrizes que compara o desvio (λ_{max} - n) para um índice aleatório ou randômico (IR), obtido

com uma simulação de 50.000 matrizes, computado pelo Laboratório Nacional de *Oak Ridge* (SAATY, 1980), como apresenta a equação 2:

$$RC = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n - 1)\,\mathrm{IR}} \tag{2}$$

O IR está determinado em função do tamanho da matriz e seus valores estão apresentados na Tabela 6:

Tabela 6 – Índice Randômico Médio do método AHP em função do tamanho da matriz *n*.

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Saaty T. L. (1980).

É desejável que a RC ≤ 0,1. Então, "*A*" pode ser aceito, significando "conformidade com prática anterior" (SAATY, 2013). Isso significa que não há mudança de mentalidade durante o cumprimento de uma matriz de comparação de pares.

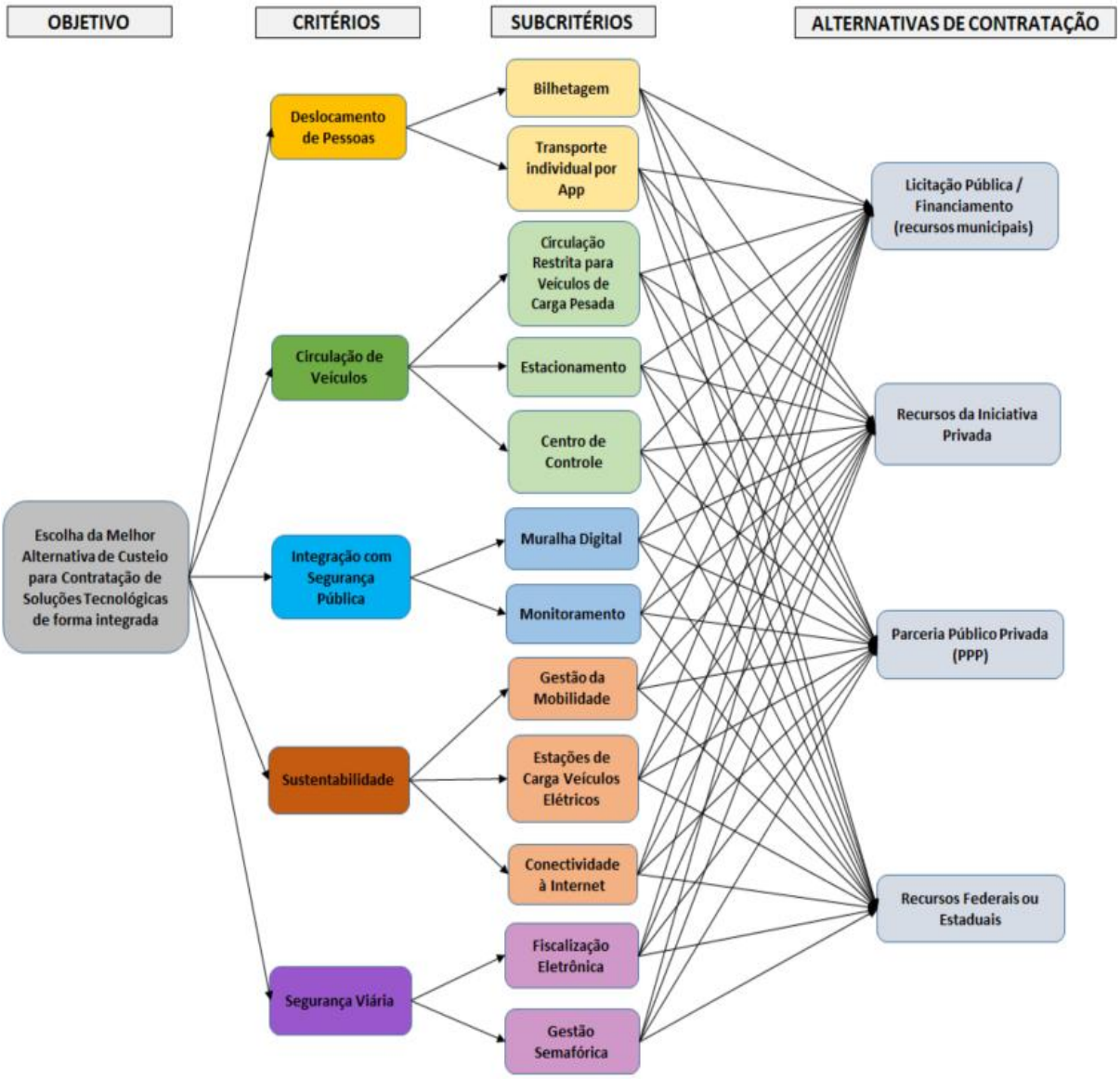
Na síntese, os escores gerais das alternativas são obtidos somando-se os escores das alternativas em relação a cada critério, ponderados pelos pesos dos critérios. Um procedimento não obrigatório é a análise de sensibilidade desses resultados (ISHIZAKA & LABIB, 2011).

A aplicação do AHP foi realizada com o uso de planilhas de cálculo *Microsoft Excel* e a comparação e verificação de resultados do cálculo aplicado foi realizada por meio da configuração da matriz no *Software Total Decision*.

3.1 ESTRUTURAÇÃO

A estrutura do método foi convertida em uma hierarquia de três níveis, onde o primeiro nível refere-se aos critérios, o segundo nível aos subcritérios e o terceiro nível às alternativas. A utilização da árvore hierárquica mostrada na Figura 9 ajuda a entender melhor o detalhamento da decomposição dos diferentes níveis.

Figura 9 – Árvore hierárquica.



Fonte: Próprio autor (2024).

Os critérios selecionados pertencem a diferentes grupos de tecnologia e formas de atendimento à população (direta ou indiretamente).

A escolha dos subcritérios, diferentes sistemas aplicados à mobilidade urbana, foi definida pelo pesquisador. O peso de cada subcritério foi definido a partir das respostas dos tomadores de decisão dos municípios participantes por meio da pesquisa em campo.

As alternativas de contratação foram identificadas na literatura e baseadas na experiência pessoal do pesquisador durante seus trabalhos junto à Administração Pública e nos diferentes estudos já realizados de Consultoria e Assessoria para cidades. O pesquisador é

atuante na área de Mobilidade Urbana a nível internacional há mais de 32 anos. Os pesos das alternativas são comuns para todos os municípios, pois o modo de contratação não difere de um para o outro.

No final, com a outorga de um peso para cada atributo, e a aplicação do método AHP, foram coletados dados para definição da alternativa prioritária de contratação adequada para viabilização dos projetos e a identificação dos sistemas prioritários de cada município.

A descrição decomposta de cada atributo está representada na Tabela 7.

Tabela 7 – Estrutura hierárquica do projeto.

Objetivo	Critério	Subcritério	Alternativa
Escolha da melhor alternativa de custeio para contratação de soluções tecnológicas de forma integrada	Deslocamento de Pessoas	Bilhetagem Transporte por App	Licitação pública / Financiamento (recursos municipais) Recursos da iniciativa privada Parceria Público-Privada (PPP) Recursos Federais ou Estaduais
	Circulação de veículos	Circulação restrita veículos de carga Estacionamento rotativo Centro de Controle Operacional	
	Integração com Segurança Pública	Muralha digital Videomonitoramento	
	Sustentabilidade	Gestão da Mobilidade Estações de carga para veículos elétricos	
	Segurança viária	Conectividade à internet por meio do sistema de iluminação pública Fiscalização eletrônica Gestão semafórica	

Fonte: Próprio autor (2024).

3.2 MEDIÇÃO

Uma vez definida a estrutura hierárquica é realizada a comparação por pares dos critérios com objetivo de definir a sua importância relativa, no arquivo complementar deste trabalho é mostrado o passo a passo para o cálculo das prioridades individuais dos municípios.

A continuação é mostrada as matrizes gerais de resultados gerais, após o passo a passo do cálculo para os diferentes níveis; a matriz de resultados após a Agregação das Prioridades Individuais (AIP, de seu acrônimo em língua inglesa); a comparativa de dados com o software *Total Decision* e o cálculo de consistência global do modelo.

3.2.1 Matrizes gerais de prioridades

Como resultado, nos quadros seguir é mostrado a porcentagem relativa às prioridades de cada município individualmente, para os critérios, subcritérios e alternativas de contratação.

3.2.1.1 Critérios

No Quadro 1 pode-se observar a prioridade de cada município com referência aos critérios.

Quadro 1 – Porcentagem das prioridades dos critérios por município.

Critérios	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
C1	16,03	8,98	**31,47**	5,88	7,61	15,53	**32,62**	11,79	21,27	**34,51**	9,22
C2	24,88	26,54	26,57	14,17	13,09	**45,87**	16,87	7,60	12,94	**34,51**	11,49
C3	**42,76**	23,60	29,42	9,13	**43,49**	24,10	**32,62**	16,27	**40,17**	10,39	25,51
C4	6,01	4,26	8,12	33,60	25,30	7,25	7,01	**48,07**	7,09	6,04	19,33
C5	10,33	**36,62**	4,42	**37,22**	10,51	7,25	10,87	16,27	18,52	14,55	**34,46**

Fonte: Próprio autor (2024).

3.2.1.2 Subcritérios

No Quadro 2 pode-se observar a prioridade de cada município com referência aos subcritérios.

Quadro 2 – Porcentagem das prioridades dos subcritérios por município.

Subcritérios	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
SC1	25,00	**83,33**	**83,33**	**87,50**	**83,33**	**83,33**	**75,00**	**75,00**	**75,00**	25,00	**75,00**
SC2	**75,00**	16,67	16,67	12,50	16,67	16,67	25,00	25,00	25,00	**75,00**	25,00
SC3	10,47	10,47	5,92	15,62	15,62	25,83	**63,70**	**33,33**	**42,86**	33,25	**63,70**
SC4	**63,70**	**63,70**	45,07	18,52	18,52	**63,70**	10,47	**33,33**	14,29	13,96	10,47
SC5	25,83	25,83	**49,01**	**65,86**	**65,86**	10,47	25,83	**33,33**	**42,86**	**52,78**	25,83
SC6	**75,00**	**83,33**	**83,33**	**50,00**	**83,33**	**75,00**	**50,00**	**50,00**	**50,00**	**83,33**	**50,00**
SC7	25,00	16,67	16,67	**50,00**	16,67	25,00	**50,00**	**50,00**	**50,00**	16,67	**50,00**
SC8	**60,00**	**60,00**	15,62	**63,70**	**65,86**	**65,86**	**48,06**	**63,70**	**63,70**	25,83	**52,78**
SC9	20,00	20,00	18,52	25,83	15,62	15,62	11,40	10,47	10,47	10,47	13,96
SC10	20,00	20,00	**65,86**	10,47	18,52	18,52	40,54	25,83	25,83	**63,70**	33,25
SC11	25,00	**75,00**	**83,33**	25,00	**83,33**	**83,33**	**50,00**	**50,00**	**50,00**	**75,00**	16,67
SC12	**75,00**	25,00	16,67	**75,00**	16,67	16,67	**50,00**	**50,00**	**50,00**	25,00	**83,33**

Fonte: Próprio autor (2024).

3.2.1.3 Alternativas

Finalmente, no Quadro 3 pode-se observar a prioridade de cada município com referência às alternativas, sendo que a Tabela 8 apresenta a prioridade de forma geral.

Quadro 3 – Porcentagem das prioridades gerais de contratação de cada subcritério.

Alternativa	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10	SC11	SC12
A1	29,51	23,96	**57,48**	**59,76**	**56,38**	**55,85**	**52,32**	**57,77**	12,59	38,00	**58,28**	**54,56**
A2	**55,59**	**58,28**	13,06	6,22	26,34	13,26	5,80	12,07	24,77	11,37	9,25	9,42
A3	7,14	8,51	9,93	6,63	5,50	4,80	27,77	6,41	**55,38**	**43,18**	8,51	8,29
A4	7,77	9,25	19,53	27,39	11,78	26,09	14,11	23,75	7,27	7,46	23,96	27,72
RC	0,060	0,015	0,092	0,029	0,044	0,075	0,062	0,037	0,060	0,067	0,015	0,052

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 8 – Cálculo da prioridade da alternativa geral de contratação.

Alternativa	Autovetor (AV)	Autovetor normalizado (AVN)	Prioridade
Licitação pública	0,425437	50,70%	**1**
Recursos da iniciativa privada	0,152481	18,17%	2
Parceria Público-Privada	0,110070	13,12%	4
Recursos federais ou estaduais	0,151173	18,01%	3
TOTAL =	0,839161	100%	

Fonte: Próprio autor (2024).

3.2.2 Agregação das prioridades individuais

Uma vez completado o cálculo do AHP, será preciso agregar as prioridades de cada município, pois estes são “peças” individuais que agem cada um por si só, e com diferentes valores / pesos dentro das matrizes conforme suas necessidades e preferências, conforme mostra o Quadro 4:

Quadro 4 – Porcentagem das prioridades individuais de M_n.

(continua)

Município 1												
Alternativa	**SC1**	**SC2**	**SC3**	**SC4**	**SC5**	**SC6**	**SC7**	**SC8**	**SC9**	**SC10**	**SC11**	**SC12**
A1	1,18	2,88	1,50	9,47	3,62	17,91	5,59	2,08	0,15	0,46	1,51	4,23
A2	2,23	7,01	0,34	0,99	1,69	4,25	0,62	0,44	0,30	0,14	0,24	0,73
A3	0,29	1,02	0,26	1,05	0,35	1,54	2,97	0,23	0,67	0,52	0,22	0,64
A4	0,31	1,11	0,51	4,34	0,76	8,37	1,51	0,86	0,09	0,09	0,62	2,15

Fonte: Próprio autor (2024).

Quadro 4 – Porcentagem das prioridades individuais de M_n.

(continuação)

Município 2												
Alternativa	**SC1**	**SC2**	**SC3**	**SC4**	**SC5**	**SC6**	**SC7**	**SC8**	**SC9**	**SC10**	**SC11**	**SC12**
A1	2,21	0,36	1,60	10,10	3,86	10,98	2,06	1,48	0,11	0,32	16,01	4,99
A2	4,16	0,87	0,36	1,05	1,81	2,61	0,23	0,31	0,21	0,10	2,54	0,86
A3	0,53	0,13	0,28	1,12	0,38	0,94	1,09	0,16	0,47	0,37	2,34	0,76
A4	0,58	0,14	0,54	4,63	0,81	5,13	0,55	0,61	0,06	0,06	6,58	2,54
Município 3												
Alternativa	**SC1**	**SC2**	**SC3**	**SC4**	**SC5**	**SC6**	**SC7**	**SC8**	**SC9**	**SC10**	**SC11**	**SC12**
A1	7,74	1,26	0,90	7,16	7,34	13,70	2,57	0,73	0,19	2,03	2,15	0,40
A2	14,58	3,06	0,21	0,75	3,43	3,25	0,28	0,15	0,37	0,61	0,34	0,07
A3	1,87	0,45	0,16	0,79	0,72	1,18	1,36	0,08	0,83	2,31	0,31	0,06
A4	2,04	0,49	0,31	3,28	1,53	6,40	0,69	0,30	0,11	0,40	0,88	0,20
Município 4												
Alternativa	**SC1**	**SC2**	**SC3**	**SC4**	**SC5**	**SC6**	**SC7**	**SC8**	**SC9**	**SC10**	**SC11**	**SC12**
A1	1,52	0,18	1,27	1,57	5,26	2,55	2,39	12,37	1,09	1,34	5,42	15,23
A2	2,86	0,43	0,29	0,16	2,46	0,61	0,26	2,58	2,15	0,40	0,86	2,63
A3	0,37	0,06	0,22	0,17	0,51	0,22	1,27	1,37	4,81	1,52	0,79	2,31
A4	0,40	0,07	0,43	0,72	1,10	1,19	0,64	5,08	0,63	0,26	2,23	7,74
Município 5												
Alternativa	**SC1**	**SC2**	**SC3**	**SC4**	**SC5**	**SC6**	**SC7**	**SC8**	**SC9**	**SC10**	**SC11**	**SC12**
A1	1,87	0,30	1,17	1,45	4,86	20,24	3,79	9,63	0,50	1,78	5,10	0,96
A2	3,53	0,74	0,27	0,15	2,27	4,80	0,42	2,01	0,98	0,53	0,81	0,16
A3	0,45	0,11	0,20	0,16	0,47	1,74	2,01	1,07	2,19	2,02	0,74	0,15
A4	0,49	0,12	0,40	0,66	1,02	9,46	1,02	3,96	0,29	0,35	2,10	0,49
Município 6												
Alternativa	**SC1**	**SC2**	**SC3**	**SC4**	**SC5**	**SC6**	**SC7**	**SC8**	**SC9**	**SC10**	**SC11**	**SC12**
A1	3,82	0,62	6,81	17,46	2,71	10,09	3,15	2,76	0,14	0,51	3,52	0,66
A2	7,19	1,51	1,55	1,82	1,27	2,40	0,35	0,58	0,28	0,15	0,56	0,11
A3	0,92	0,22	1,18	1,94	0,26	0,87	1,67	0,31	0,63	0,58	0,51	0,10
A4	1,00	0,24	2,31	8,00	0,57	4,72	0,85	1,13	0,08	0,10	1,45	0,34
Município 7												
Alternativa	**SC1**	**SC2**	**SC3**	**SC4**	**SC5**	**SC6**	**SC7**	**SC8**	**SC9**	**SC10**	**SC11**	**SC12**
A1	7,22	1,95	6,18	1,06	2,46	9,11	8,53	1,95	0,10	1,08	3,17	2,97
A2	13,60	4,75	1,40	0,11	1,15	2,16	0,95	0,41	0,20	0,32	0,50	0,51
A3	1,75	0,69	1,07	0,12	0,24	0,78	4,53	0,22	0,44	1,23	0,46	0,45
A4	1,90	0,75	2,10	0,48	0,51	4,26	2,30	0,80	0,06	0,21	1,30	1,51
Município 8												
Alternativa	**SC1**	**SC2**	**SC3**	**SC4**	**SC5**	**SC6**	**SC7**	**SC8**	**SC9**	**SC10**	**SC11**	**SC12**
A1	2,61	0,71	1,46	1,51	1,43	4,54	4,26	17,69	0,63	4,72	4,74	4,44
A2	4,92	1,72	0,33	0,16	0,67	1,08	0,47	3,70	1,25	1,41	0,75	0,77
A3	0,63	0,25	0,25	0,17	0,14	0,39	2,26	1,96	2,79	5,36	0,69	0,67
A4	0,69	0,27	0,49	0,69	0,30	2,12	1,15	7,27	0,37	0,93	1,95	2,26
Município 9												
Alternativa	**SC1**	**SC2**	**SC3**	**SC4**	**SC5**	**SC6**	**SC7**	**SC8**	**SC9**	**SC10**	**SC11**	**SC12**
A1	4,71	1,27	3,19	1,11	3,13	11,22	10,51	2,61	0,09	0,70	5,40	5,05
A2	8,87	3,10	0,72	0,12	1,46	2,66	1,17	0,55	0,18	0,21	0,86	0,87
A3	1,14	0,45	0,55	0,12	0,31	0,96	5,58	0,29	0,41	0,79	0,79	0,77
A4	1,24	0,49	1,08	0,51	0,65	5,24	2,83	1,07	0,05	0,14	2,22	2,57

Quadro 4 – Porcentagem das prioridades individuais de M_n.

(conclusão)

Município 10												
Alternativa	**SC1**	**SC2**	**SC3**	**SC4**	**SC5**	**SC6**	**SC7**	**SC8**	**SC9**	**SC10**	**SC11**	**SC12**
A1	2,55	6,20	6,60	2,88	10,27	4,83	0,91	0,90	0,08	1,46	6,36	1,98
A2	4,80	15,08	1,50	0,30	4,80	1,15	0,10	0,19	0,16	0,44	1,01	0,34
A3	0,62	2,20	1,14	0,32	1,00	0,42	0,48	0,10	0,35	1,66	0,93	0,30
A4	0,67	2,39	2,24	1,32	2,15	2,26	0,24	0,37	0,05	0,29	2,62	1,01
Município 11												
Alternativa	**SC1**	**SC2**	**SC3**	**SC4**	**SC5**	**SC6**	**SC7**	**SC8**	**SC9**	**SC10**	**SC11**	**SC12**
A1	2,04	0,55	4,21	0,72	1,67	7,12	6,67	5,89	0,34	2,44	3,35	15,67
A2	3,84	1,34	0,96	0,07	0,78	1,69	0,74	1,23	0,67	0,73	0,53	2,71
A3	0,49	0,20	0,73	0,08	0,16	0,61	3,54	0,65	1,49	2,78	0,49	2,38
A4	0,54	0,21	1,43	0,33	0,35	3,33	1,80	2,42	0,20	0,48	1,38	7,96

Fonte: Próprio autor (2024).

No Quadro 5 pode-se observar a prioridade geral de cada município para a alternativa de contratação com agregação das prioridades de cada um deles, sendo que a Tabela 9 apresenta a prioridade de forma geral.

Quadro 5 – Porcentagem das prioridades gerais com agregação das prioridades individuais.

Alternativa	**M1**	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**M6**	**M7**	**M8**	**M9**	**M10**	**M11**
A1	**50,58**	**54,08**	**46,16**	**50,18**	**51,66**	**52,26**	**45,77**	**48,73**	**48,98**	**45,02**	**50,68**
A2	18,96	15,11	27,09	15,69	16,68	17,76	26,07	17,21	20,76	29,86	15,30
A3	9,75	8,57	10,12	13,63	11,32	9,19	11,97	15,57	12,16	9,52	13,61
A4	20,70	22,24	16,63	20,50	20,35	20,79	16,19	18,49	18,10	15,60	20,42

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 9 – Cálculo da prioridade da alternativa geral de contratação com agregação das prioridades individuais.

Alternativa	**Média Geométrica**	**Prioridade**
Licitação pública	49,46%	**1**
Recursos da iniciativa privada	20,05%	2
Parceria Público-Privada	11,40%	4
Recursos federais ou estaduais	19,09%	3
TOTAL =	100%	

Fonte: Próprio autor (2024).

Percebe-se na Tabela 9 que o resultado da aplicação do método AHP comparado com o resultado após a aplicação das prioridades individuais (AIP) continua a ser mesmo, sendo, por ordem de preferência o modelo de contratação: (1) licitação pública, (2) recursos da iniciativa privada, (3) recursos federais ou estaduais e (4) Parceria Público-Privada.

3.2.3 Comparativa de dados do método AHP com AIP *vs.* software Total Decision

Como modo de comparar e avaliar os resultados obtidos por meio do cálculo na planilha do *Microsoft Excel*, as mesmas matrizes foram inseridas no software *Total Decision*, ferramenta de otimização que fornece recursos analíticos prescritivos e inteligência para melhorar a tomada de decisão. O resultado geral das comparações por cada município é apresentado no Quadro 6:

Quadro 6 – Comparativa do percentual AIP *vs.* Total Decision (alternativas em objetivo).

					AIP						
Alternativa	**M1**	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**M6**	**M7**	**M8**	**M9**	**M10**	**M11**
A1	**50,58**	**54,08**	**46,16**	**50,18**	**51,66**	**52,26**	**45,77**	**48,73**	**48,98**	**45,02**	**50,68**
A2	18,96	15,11	27,09	15,69	16,68	17,76	26,07	17,21	20,76	29,86	15,30
A3	9,75	8,57	10,12	13,63	11,32	9,19	11,97	15,57	12,16	9,52	13,61
A4	20,70	22,24	16,63	20,50	20,35	20,79	16,19	18,49	18,10	15,60	20,42
					TOTAL DECISION						
Alternativa	**M1**	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**M6**	**M7**	**M8**	**M9**	**M10**	**M11**
A1	**50,44**	**53,84**	**46,06**	**49,89**	**51,48**	**51,85**	**45,54**	**48,46**	**48,71**	**45,31**	**50,51**
A2	19,19	15,41	27,25	15,95	17,01	18,06	26,17	17,76	21,06	29,22	15,30
A3	9,72	8,58	10,10	13,74	11,23	9,22	11,96	15,24	12,19	9,51	13,65
A4	20,65	22,17	16,58	20,42	20,27	20,88	16,34	18,54	18,04	15,96	20,53

Fonte: Próprio autor (2024).

3.2.4 Valor de consistência global do modelo

Destaca-se nesta análise comparativa que o valor de consistência global obtido com a aplicação do cálculo por meio do *software Total Decision* para as alternativas em objetivo em todos os municípios é menor que 10%. Saaty (1991) considera que um valor menor que 10% representa uma consistência adequada dos julgamentos, um valor entre 10% e 20% é considerado aceitável, e um valor maior que 20% representa inconsistência dos julgamentos. Nesse último caso, a matriz deverá ser reavaliada. Sendo assim, pode-se admitir que o cálculo realizado, tanto na planilha *Microsoft Excel* como no *software Total Decision* são consistentes, o que valida os resultados apresentados. Os valores de inconsistência global do modelo são apresentados no Quadro 7:

Quadro 7 – Porcentagem de inconsistência global do modelo.

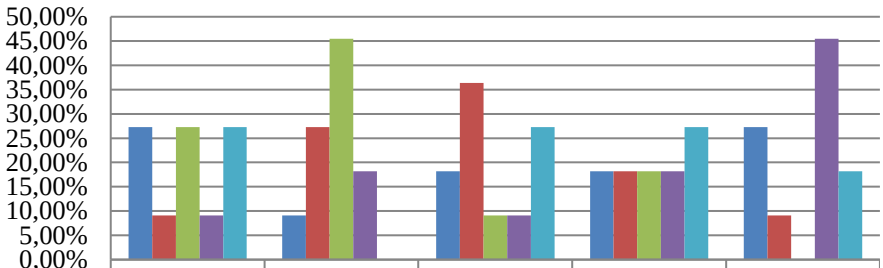
Inconsistência	**M1**	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**M6**	**M7**	**M8**	**M9**	**M10**	**M11**
%	7,05	7,25	3,74	7,24	8,56	5,06	7,01	7,23	6,15	7,39	7,13

Fonte: Próprio autor (2024).

3.3 SÍNTESE

Com referência aos critérios, conforme apresentado no Gráfico 3, pode-se destacar que: (I) existem três opções como primeira ou segunda prioridade nos municípios, sendo estas por ordem de prioridade / peso: “Integração com segurança pública”, “Circulação de veículos” e "Deslocamento de pessoas”; (II) a soma das porcentagens de municípios que optaram pela “Integração com Segurança Pública” como primeira ou segunda opção de importância atinge 72,72%, sendo este critério o mais destacado à hora de prioridades municipais; (III) a “Integração com Segurança Pública” engloba os subcritérios “Muralha Digital” e “Monitoramento por vídeo”: (IV) a prioridade selecionada como quinta opção mais votada (menos atraente) entre os municípios foi a “Sustentabilidade”, prioridade de menor peso.

Gráfico 3 – Prioridades gerais com relação aos critérios.

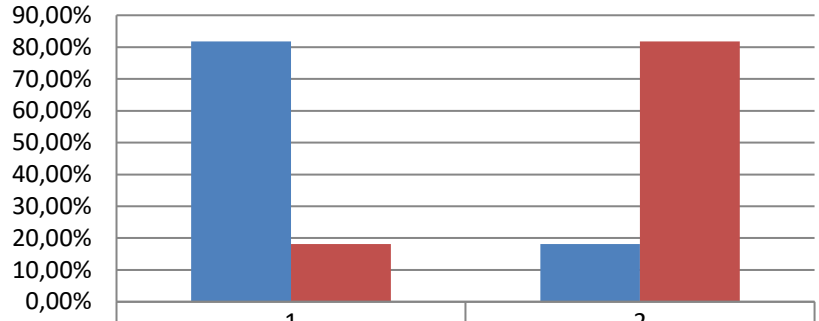


	1	2	3	4	5
Deslocamento de Pessoas	27,27%	9,09%	18,18%	18,18%	27,27%
Circulação de Veículos	9,09%	27,27%	36,36%	18,18%	9,09%
Integração com Segurança Pública	27,27%	45,45%	9,09%	18,18%	0,00%
Sustentabilidade	9,09%	18,18%	9,09%	18,18%	45,45%
Segurança Viária	27,27%	0,00%	27,27%	27,27%	18,18%

Fonte: Próprio autor (2024).

Com referência aos subcritérios que compõem os três critérios prioritários, conforme apresentam os Gráficos 4, 5, 6, 7 e 8, destaca-se que: (I) a única opção 100% votada como prioridade absoluta entre todos os municípios é a implantação da “Muralha Digital”; (II) referente a outros subsistemas prioritários dentro dos critérios apresentados, predominam a “Bilhetagem eletrônica” e o “Centro de Controle Operacional”; (III) outros sistemas com uma importância relativamente menor são o “Transporte por App” e a “Circulação Restrita para veículos de carga”.

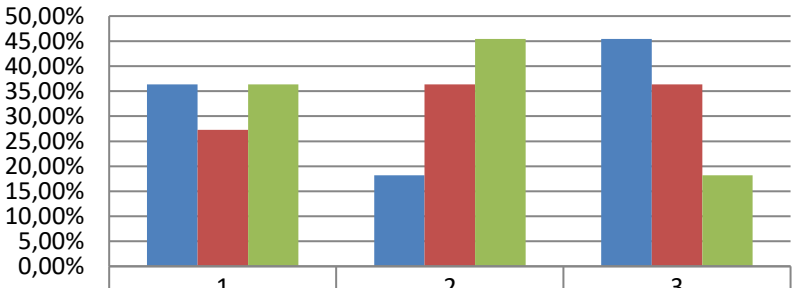
Gráfico 4 – Prioridades gerais com relação aos subcritérios SC1 e SC2.



	1	2
Bilhetagem Eletrônica	81,82%	18,18%
Transporte Individual por App	18,18%	81,82%

Fonte: Próprio autor (2024).

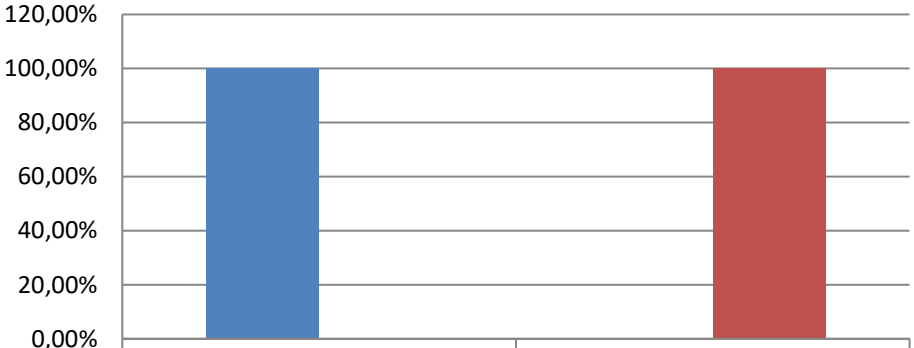
Gráfico 5 – Prioridades gerais com relação aos subcritérios SC3, SC4 e SC5.



	1	2	3
Circulação Restrita para Veículos de Carga	36,36%	18,18%	45,45%
Estacionamento Rotativo	27,27%	36,36%	36,36%
Centro de Controle Operacional	36,36%	45,45%	18,18%

Fonte: Próprio autor (2024).

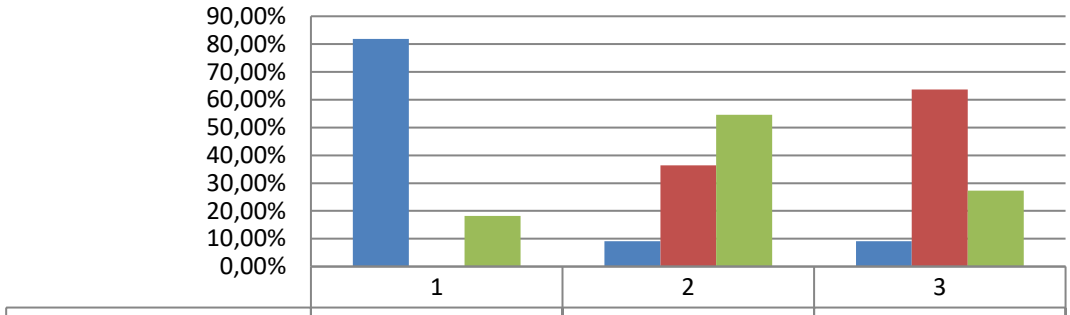
Gráfico 6 – Prioridades gerais com relação aos subcritérios SC6 e SC7.



	1	2
Muralha digital	100,00%	0,00%
Videomonitoramento	0,00%	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

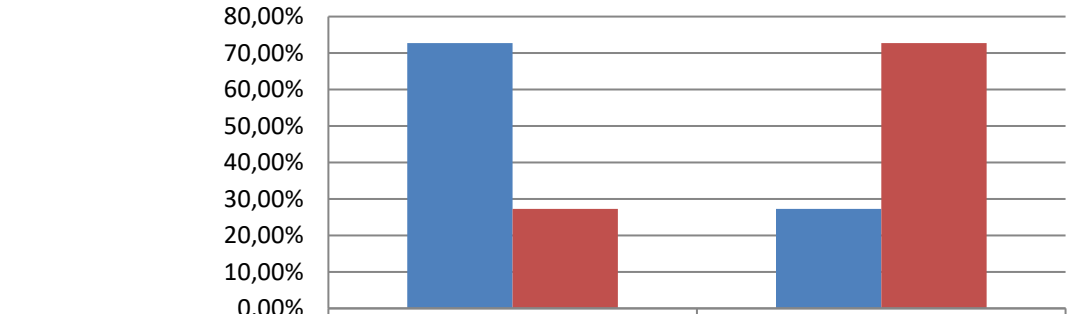
Gráfico 7 – Prioridades gerais com relação aos subcritérios SC8, SC9 e SC10.



	1	2	3
Gestão da Mobilidade	81,82%	9,09%	9,09%
Estações de Carga para Veículos Elétricos	0,00%	36,36%	63,64%
Conectividade à Internet	18,18%	54,55%	27,27%

Fonte: Próprio autor (2024).

Gráfico 8 – Prioridades gerais com relação aos subcritérios SC11 e SC12.

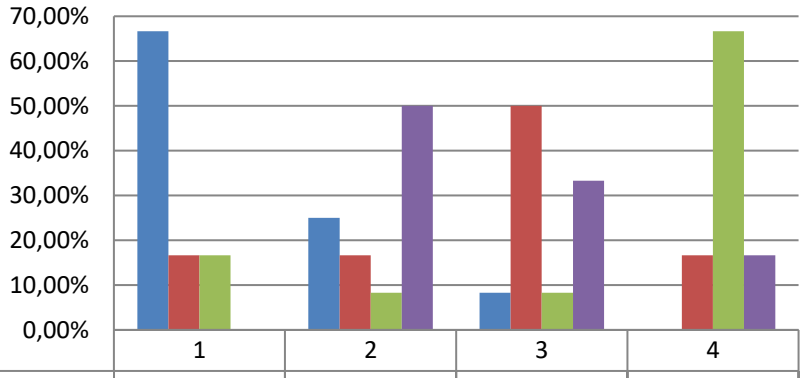


	1	2
Fiscalização Eletrônica por Radar	72,73%	27,27%
Gestão Semafórica	27,27%	72,73%

Fonte: Próprio autor (2024).

Com referência às alternativas de viabilização para contratação, conforme apresentado no Gráfico 9, destaca-se que: (I) a alternativa predominante na contratação dos sistemas continua sendo a “Licitação Pública”; (II) a segunda opção para viabilização da contratação é por meio de “Recursos Federais ou Estaduais”, seguida, em terceiro lugar pelos “Recursos da iniciativa privada”; (IV) a opção menos atraente, bem seja pelas travas legais na hora da contratação ou, inclusive pela viabilidade legal, foi a “Parceria Público-Privada”.

Gráfico 9 – Prioridades gerais com relação às alternativas.



	1	2	3	4
Licitação Pública / Financiamento (recursos Municipais)	66,67%	25,00%	8,33%	0,00%
Recursos da Iniciativa Privada	16,67%	16,67%	50,00%	16,67%
Parceria Público Privada	16,67%	8,33%	8,33%	66,67%
Recursos Federais ou Estaduais	0,00%	50,00%	33,33%	16,67%

Fonte: Próprio autor (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma vez terminada a aplicação do método AHP e realizada uma síntese dos resultados, é hora de analisar e verificar se estes atingem os objetivos pré-definidos e se as perguntas de pesquisa foram respondidas.

4.1 RESPOSTAS AOS OBJETIVOS PRÉ-DEFINIDOS

Com referência ao objetivo principal da pesquisa em relação à aplicabilidade do método AHP no auxílio à tomada de decisão dos gestores municipais quanto à escolha da melhor alternativa de custeio para a formação de um arranjo tecnológico de Mobilidade Urbana entre cidades, pode-se se afirmar que o desenvolvimento do trabalho demonstrou a total aplicabilidade do método AHP ao problema de pesquisa.

Desta forma, fica evidente que os resultados obtidos são válidos e que podem ajudar aos tomadores de decisão municipais na seleção das prioridades tecnológicas e na avaliação de sua forma de custeio de forma conjunta. A validação dos resultados precisará de sua aplicação real em pelo menos um dos sistemas de mobilidade urbana apresentados no estudo, assim como, o correspondente relatório “estudo de caso” a ser realizado com os resultados obtidos. Esta pesquisa pode abrir novos campos de estudo acadêmicos.

Já com menção aos objetivos secundários, pode-se dizer que foi identificada a existência de planejamento municipal em conformidade com as premissas da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Isto foi constatado por meio do levantamento documental e pesquisa em campo, onde se verificou que sete dos onze municípios possuem Plano de Mobilidade Urbana aprovado em legislação municipal. No obstante, nenhum dos onze municípios está seguindo o cronograma de ações proposto e aprovado para viabilização e implantação de ações voltadas à Mobilidade Urbana, bem seja por falta de recursos, por falta de conhecimento na hora de procurar recursos, por falta de projetos, por falta de qualificação para o desenvolvimento de ações, ou por outros assuntos.

Com relação à identificação das prioridades tecnológicas dos governos locais, pode-se afirmar que, após a aplicação do método AHP, ficou latente que entre os sistemas propostos na pesquisa se destacam como prioridades municipais os sistemas que tragam de volta para a administração local algum tipo de recurso monetário, além dos sistemas integrados com a área de Segurança Pública.

Referente aos recursos existentes para viabilização da contratação e implantação de sistemas tecnológicos entre cidades deve-se pontuar que, na atualidade já existem sistemas integrados entre municípios na área de Segurança Pública que interagem, de certa maneira, com a Mobilidade Urbana. Estes sistemas tem sua integração tecnológica por meio de sistemas de software, mas não na sua forma física. Estes possuem sua integração entre Governo Federal (CÓRTEX), Governo do Estado de São Paulo (DETECTA) e Governo municipal, por meio de dispositivos eletrônicos de fiscalização e leitura de placas de veículos - OCR (*Optical Character Recognition*).

Com relação à integração de sistemas contratados conjuntamente entre municípios não foi identificado nenhum caso na área de abrangência do estudo, fato que vai a contracorrente do pensamento dos próprios gestores municipais.

Diante do exposto, pode-se afirmar que todos os objetivos foram atingidos, ainda que algum deles não fosse da forma mais estruturada e avançada.

4.2 RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DE PESQUISA

Com referência à identificação de vantagens *vs*. desvantagens de uma implantação tecnológica regionalizada para não ter sido efetivada a "estratégia de diagnóstico da situação" por parte da Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana (SEMOB) desde o ano 2010, podem-se enumerar de forma sucinta diferentes barreiras; como:

a) **Vantagens:** crescimento econômico local e regional; redução de custos de contratação; fortalecimento da sustentabilidade; redução das assimetrias regionais e desigualdades sociais; benefícios tecnológicos e econômicos para os setores público e privado.
b) **Desvantagens:** falta de controle e fiscalização sobre os sistemas implantados; atribuições políticas; falta de transparência na gestão; área de abrangência; possível favorecimento e aproveitamento por parte da iniciativa privada no modelo de contratação.

Respondendo à segunda pergunta de pesquisa sobre as verdadeiras dificuldades dos governos municipais na hora de implantar e integrar tecnologia de forma regionalizada para uma mobilidade inteligente, podem-se enumerar diferentes fatos que foram levantados durante a pesquisa em campo com os gestores municipais, a saber: (I) falta de políticas públicas abrangentes; (II) normativa municipal *vs*. estadual *vs*. federal; (III) endividamento

municipal; (IV) contratações em vigor; (V) forma de custeio e reparto; (VI) recursos disponíveis; (VII) falta de comunicação; (VIII) qualificação precária; (IX) interesses públicos e privados.

A resposta para a terceira e última pergunta de pesquisa sobre como utilizar os MCDM para formatar um modelo de arranjo de tecnologia aplicada à mobilidade inteligente que se adapte às necessidades e desejos dos tomadores de decisão dos municípios e que seja monetariamente viável na sua concepção, pode-se afirmar que, com o desenvolvimento deste trabalho, ficou latente a importância e a viabilidade da utilização de MCDM para apoio à tomada de decisão dos governos municipais. Além disso, foram constatadas em ambas as pesquisas bibliométricas a evidência da utilização de diferentes MCDM para assuntos afins à Mobilidade Urbana, além da necessidade de colaboração entre todas as partes (academia - administração pública - setor privado).

Com referência à utilização do método AHP, este procurou vislumbrar aos tomadores de decisão um caminho possível a ser traçado na viabilização dos projetos estruturantes de Mobilidade Urbana com a participação de vários atores. Sendo assim, pode-se afirmar que as perguntas de pesquisa foram respondidas.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO

Este trabalho apresenta a aplicação de MCDM no âmbito da mobilidade urbana da administração pública que foi desenvolvido em onze municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo, para escolha de prioridades em sistemas tecnológicos, forma de custeio e integração em nível regional para melhor atendimento à população e contratação de uma forma mais inteligente e sustentável.

O modelo proposto baseia-se na aplicação do método AHP tendo em consideração as preferências tecnológicas dos municípios de forma individualizada para no final comparar as preferências de cada um e poder confrontar os resultados para ver quais sistemas são passíveis de integração entre eles e sua forma de custeio e contratação. A aplicação do método de cálculo considera três níveis para outorga de pesos das variáveis e comparação por pares entre cada uma destas nos diferentes níveis: critérios (áreas tecnológicas), subcritérios (aplicações ou sistemas tecnológicos) e alternativas (formas de custeio ou contratação).

Como mostra o estudo, vários dos sistemas seriam passíveis de integração como, por exemplo, uma linha de transporte público coletivo urbano de passageiros entre os municípios de Guaratinguetá, Potim e Aparecida, ou sistemas de segurança pública entre diferentes municípios. A estrutura conseguida apoia a tomada de decisão dos gestores municipais, desde o processo de avaliação dos sistemas a serem implementados, até seu modo de viabilização, acompanhada dos protocolos adequados de cálculo das variáveis e seus pesos.

Durante a realização da pesquisa em campo, percebeu-se muita preocupação dos governos municipais na viabilização de projetos e implantação de tecnologia na área de Segurança Pública. Também foi palpável a inquietude pela falta de sistemas que possam solucionar os problemas acarretados pelo trânsito municipal.

No tocante ao transporte público municipal, um dos maiores anseios municipais é possuir e oferecer à população sistemas eficientes de bilhetagem eletrônica, com uma tarifa justa e com um serviço de qualidade, assim como, uma rede integrada entre municípios da região, e de estes, com a capital de Estado, São Paulo. Este último item não somente com o sistema de transporte público coletivo, mas também, de um modo geral, na integração de sistemas / soluções de forma regionalizada.

Além das principais áreas de interesse municipal apresentadas, outras também merecem destaque, como a preocupação quanto ao crescente número de veículos elétricos que

“habitam” nas cidades devido à falta de infraestrutura elétrica para carregamento de baterias, assim como, o desejo dos municípios maiores em possuir um Centro de Controle Operacional onde poda se efetivar uma integração entre diferentes sistemas e instituições públicas para melhor atender à população, inclusive com abrangência regional.

O desenvolvimento do trabalho trouxe várias contribuições e poderia gerar diferentes impactos, tanto na área da gestão municipal como na área científica, especialmente na abertura de novos campos de estudo acadêmicos com foco na integração de sistemas com auxilio de MCDM, maiormente o método AHP. Além da aplicação de MCDM, as colaborações entre iniciativa pública – iniciativa privada – academia na aplicação e institucionalização dos regulamentos, estudos e funcionamento da integração de forma generalizada seriam novos estudos que constituiriam um pilar básico na avaliação e viabilização de futuros sistemas. Para isto se faz necessário um novo estudo bibliométrico em diferentes bases de dados, por exemplo, *Web of Science* e *Scopus*, para identificação de publicações neste sentido e assim poder cruzar os dados de ambas e levantar duplicidades por meio de formulação em linguagem R para criação e ampliação de novos mapas e redes bibliométricos com a utilização de *VosViewer*.

Sendo assim, futuros estudos podem se basear na aplicação da proposta apresentada e o método aplicado por meio da realização de um estudo de caso entre um grupo reduzido de municípios com a contratação a implantação de um sistema afim entre os participantes para, depois de um tempo de funcionamento, poder avaliar os prós e contras de uma forma mais assertiva na procura de uma transformação na concepção e expansão do método, tanto na área de mobilidade urbana, como em outras áreas da administração pública. Inclusive, com a aplicação de diferentes sistemas em diferentes regiões, podendo transferir a informação das experiências, tanto positivas como negativas, de cidades para cidades para “institucionalizar” o sistema de contratação e gestão em nível regional, metropolitano, estadual e nacional.

REFERÊNCIAS

ABBADY, M. A. S.; AKKAYA, M.; SARI, A. Big data governance, dynamic capability and decision-making effectiveness: Fuzzy sets approach. **Decision Science Letters**, Toronto, v. 8, p. 429-440, 2019. Disponível em: https://www.growingscience.com/dsl/Vol8/dsl_2019_13.pdf. Acesso em: 22 set. 2021.

ALDERETE, M. V.; BACIC, M. J. Local productive arrangements and local development in non-metropolitan municipalities of Sao Paulo, Brazil. **Cuadernos de Gestión**, Biscay, v. 18, n. 1, p. 103-124, 2018. Disponível em: https://ojs.ehu.eus/index.php/CG/article/view/18907. Acesso em: 20 set. 2021.

ALITANEH, S. Theories on coefficient of variation scales triangle and normalization of different variables: A new model in development of multiple criteria decision analysis. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, Pittsburgh, v. 11, n. 2, p. 283-295, 2019. Disponível em: https://www.ijahp.org/index.php/IJAHP/article/view/565. Acesso em: 07 set. 2021.

AMIN, A.; THRIFT, N. Living in the global. *In:* AMIN, A.; THRIFT, N. (ed.). **Globalization, institutions and regional development in Europe**. Oxford: Oxford University Press, p. 1-22, 1994. Disponível em: https://academic.oup.com/book/52253. Acesso em: 07 set. 2021.

APARICIO, A. Streamlining the implementation process of urban mobility innovations: Lessons from the ECCENTRIC project in Madrid. **Transport Policy**, [s.*l.*], v. 98, p. 160-169, 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X19304962?via%3Dihub. Acesso em: 18 dez. 2022.

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução história e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/EmQuestao/article/view/16. Acesso em: 17 dez. 2022.

ATLAS.TI SCIENTIFIC SOFTWARE DEVELOPMENT GMBH. **Qualitative Data Analysis & Research Software**. ATLAS.ti, Berlin, [*s.d.*]. Disponível em: https://atlasti.com/. Acesso em: 17 dez. 2022.

ATTARD, M.; HAKLAY, M.; CAPINERI, C. The potential of volunteered geographic information (VGI) in future transport systems. **Urban Planning**, Lisboa, v. 1, n. 4, p. 6-19, 2016. Disponível em: https://www.cogitatiopress.com/urbanplanning/article/view/612. Acesso em: 12 dez. 2022.

BALBIM, R. Mobilidade: uma abordagem sistêmica. *In:* BALBIM, R.; KLAUSE, C.; LINKE, C. C. (org.). **Cidade e movimento:** mobilidades e interações no desenvolvimento urbano. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2016. p. 23-42, v. 1. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9198/1/Mobilidade.pdf. Acesso em: 09 ago. 2020.

BARROS, A. J. P.; LEHFELD, N. A. S. **Projeto de pesquisa:** propostas metodológicas. 13 ed. Petrópolis: Vozes, 2002. 127 p. Disponível em:

https://www.livrariavozes.com.br/projetodepesquisa-propostasmetodologicas8532600182/p?srsltid=AfmBOopnecdx5IHSR_bDo4ceHhUY5uzz8-RN0R1YTWdDszx65MkdZeGh. Acesso em: 14 dez. 2021.

BEHZADIAN, M.; KAZEMZADEH, R. R.; ALBADVI, A.; AGHDASI, M. PROMETHEE**:** A comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research**, North-Holland, v. 200, n. 1, p. 198-215, 2010. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221709000071?via%3Dihub. Acesso em: 17 dez. 2022.

BEILER, M. R. O.; PHILLIPS, B. Prioritizing pedestrian corridors using walkability performance metrics and decision analysis. **Journal of Urban Planning and Development**, Reston, v. 142, n. 1, 2016. Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29UP.1943-5444.0000290. Acesso em: 05 nov. 2020.

BERTOLINI, L. Transforming urban mobility by rethinking city streets. **Transportation Research Procedia**, Amsterdam, v. 41, p. 98-100, 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519304302?via%3Dihub. Acesso em: 07 set. 2021.

BIELIŃSKA-DUSZA, E.; HAMERSKA, M.; ŻAK, A. Sustainable mobility and the smart city: A vision of the city of the future. The case study of Cracow (Poland). **Energies**, Basel, v. 14, p. 7936, 2021. Disponível em: https://www.mdpi.com/1996-1073/14/23/7936. Acesso em: 18 dez. 2022.

BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-488641. Acesso em: 16 dez. 2020.

BOUSSAUW, K.; VANIN, F. Constrained sustainable urban mobility: the possible contribution of research by design in two Palestinian cities. **Urban Design International**, London, v. 23, p. 182-199, 2018. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1057/s41289-018-0059-y. Acesso em: 02 nov. 2020.

BOUSDEKIS A.; KARDARAS D. Digital transformation of local government: A case study from Greece. *In:* CONFERENCE ON BUSINESS INFORMATICS, 22., p. 131-140, 2020, Antwerp. **Proceedings [...].** New York: Curran and Associates, 2020. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/9140265. Acesso em: 02 nov. 2020.

BRAGA, I. P. C.; DANTAS, H. F. B.; LEAL, M. R. D.; ALMEIDA, M. R.; SANTOS, E. M. Urban mobility performance indicators: a bibliometric analysis. **Gestão and Produção**, São Carlos, v. 26, n. 3, 2019. Disponível em: https://www.gestaoeproducao.com/journal/gp/article/5d6807e30e8825a93115982e. Acesso em: 23 set. 2020.

BRASIL. Constituição de 1988. **Diário Oficial da União.** Brasília, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 13 out. 2020.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo demográfico.** IBGE, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/component/content/article/1861-novo-portal/institucional/30085-trabalhe-no-censo.html. Acesso em: 15 nov. 2021.

BRASIL. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm. Acesso em: 15 out 2020.

BRASIL. Lei Federal nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; (...) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 16 out 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Mobilidade e política urbana:** subsídios para uma gestão integrada. Rio de Janeiro: IBAM, 2005. Disponível em: https://www.ibam.org.br/wp-content/uploads/2023/06/mobilidade.pdf. Acesso em: 16 out 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. Política Nacional de Mobilidade Urbana. **Cartilha da Lei 12.587**. Mobilidade Urbana e Desenvolvimento Urbano, Brasília, 2013. 37 p. Disponível em: https://www.cidades.gov.br/institucional/legislacao/265-secretaria-nacional-de-transporte-e-da-mobilidade/publicacoes-semob/4765-cartilha-da-politica-nacional-de-mobilidade-urbana. Acesso em: 16 out 2020.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. Áreas temáticas. **Mobilidade Urbana**. PNME, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: https://pnme.org.br/wp-content/uploads/2022/11/PNME-ESTUDO-JURIDICO-Integra-16Nov2022.pdf. Acesso em: 16 out 2020.

BRITO, L. C.; KNEIB, E. C. Impactos de áreas de expansão urbana na mobilidade e acessibilidade: a região sudoeste de Goiânia. *In:* KNEIB, E. C. (org.). **Projeto e cidade:** mobilidade e acessibilidade em Goiânia. Goiânia: Ed. UFG, p. 95-112, 2016. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/403/o/Projeto_e_Cidade_Mobilidade_e_Acessibili.pdf. Acesso em: 16 dez. 2022.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2 ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 280 p., 2011. *E-book*.

CENTRE FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY STUDIES. **Vosviewer**: Visualizador de redes bibliográficas. Leiden: Leiden University, 2020. Disponível em: https://www.vosviewer.com/. Acesso em: 22 dez. 2020.

CENTRUM VOOR WETENSCHAPS- EN TECHNOLOGIESTUDIES. **VOSviewer:** Visualizing scientific landscapes. Leiden: Leiden University, 2022. Disponível em: https://www.vosviewer.com/. Acesso em: 22 dez. 2020.

CILIBERTO, C.; SZOPIK-DEPCZYŃSKA, K.; TARCZYŃSKA-ŁUNIEWSKA, M.; RUGGIERI, A.; IOPPOLO, G. Enabling the circular economy transition: A sustainable lean manufacturing recipe for Industry 4.0. **Business Strategy and the Environment**, United

States, v. 30, n. 7, p. 3255-3272, 2021. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bse.2801. Acesso em: 16 dez. 2022.

CLIMATE-KIC NORDIC & C40 CITIES. **Municipality-led circular economy case studies**. London, 2018. 69 p. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/circular-cities.pdf. Acesso em: 16 dez. 2020.

CONEJERO, M. A.; SILVA CÉSAR, A. The governance of local productive arrangements (LPA) for the strategic management of geographical indications (GIS). **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 20, p. 293-314, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asoc/a/r7rCNjQWcXMq8TFdTyyXmPq/?lang=en. Acesso em: 20 dez. 2022.

COMISSÃO EUROPEIA. Circular economy action plan. **European Commission**, Brussels, 2020. Disponível em: https://www.eu2020.de/resource/blob/2429166/156d2d98b66b2ff28b6990161eed91e9/12-17-kreislaufwirtschaftsaktionsplan-bericht-de-data.pdf. Acesso em: 04 dez. 2022.

CRÉ, I.; RUPPRECHT, S.; BÜHRMANN S. The development of local implementation scenarios for innovative urban transport concepts: the NICHES+ approach. **Procedia**: social and behavioral sciences, New York, v. 48, p. 1324-1335, 2012. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812028443?via%3Dihub. Acesso em: 26 out. 2020.

CREATIVE DECISIONS FOUNDATION. **Super Decisions:** Decision support software. Creative Decisions Foundation, Pittsburgh, 2022. Disponível em: https://www.superdecisions.com/. Acesso em: 26 ago. 2022.

CURRIE, P. K.; MUSANGO, J. K. African urbanization: Assimilating urban metabolism into sustainability discourse and practice. **Journal of Industrial Ecology**, United States, v. 21, p. 1262-1276. 2016. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12517. Acesso em: 23 out. 2020.

DALI, N. M.; ABDULLAH, A.; ISLAM, R. Prioritization of the indicators and sub-indicators of Maqasid Al-Shariah in measuring liveability of cities. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, Pittsburgh, v. 10, p. 348-371, 2018. Disponível em: https://www.ijahp.org/index.php/IJAHP/article/view/597. Acesso em: 26 dez. 2022.

D'AMICO, G.; ARBOLINO, R.; SHI, L.; YIGITCANLAR, T.; IOPPOLO, G. Digitalisation driven urban metabolism circularity: A review and analysis of circular city initiatives. **Land Use Policy**, Guildford, v. 112, n. 2, 2022. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837721005421. Acesso em: 15 dez. 2022.

DAMIDAVICIUS, J.; BURINSKIENE, M.; USPALYTE, R. A monitoring system for sustainable urban mobility plans. **The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering**, Lithuania, v. 14, p. 158-177, 2019. Disponível em: https://bjrbe-journals.rtu.lv/bjrbe/article/view/bjrbe.2019-14.438. Acesso em: 17 dez. 2020.

DEGTIAREV, K. Y.; BORISOV, M. Y. Prioritization of alternatives based on analytic hierarchy process using interval type-2 fuzzy sets and probability-theoretical interval comparison. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, Pittsburgh, v. 10, p. 447-468, 2018. Disponível em: https://ijahp.org/index.php/IJAHP/article/view/586. Acesso em: 07 set. 2021.

DELOREUX, D. What we should know about regional systems of innovation. **Technology in Society**, United Kingdom, v. 24, n. 3, p. 243-263, 2002. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160791X02000076?via%3Dihub. Acesso em: 23 set. 2020.

DE PASCALE, A.; ARBOLINO, R.; SZOPIK-DEPCZYŃSKA, K.; LIMOSANI, M.; IOPPOLO, G. A systematic review for measuring circular economy: The 61 indicators. **Journal of Cleaner Production**, v. 281, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620349866?via%3Dihub. Acesso em: 22 dez. 2022.

DRESCH A.; CAUCHICK MIGUEL, P. A. Análise dos principais métodos de pesquisa empregados para a condução de estudos que abordam a inovação no Brasil. **Revista Gestão, Inovação e Tecnologia**, Brasil, v. 5, n. 4, p. 2480-2494, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287404781. Acesso em: 16 dez. 2020.

ELSEVIER B. V. **Scopus:** Abstract and citation database. Elsevier, [*s.l.*], 2020 Disponível em: https://www.elsevier.com/products/scopus. Acesso em: 12 ago. 2020.

ELSEVIER B. V. **SciVal:** Research performance. Elsevier, [*s.l.*], 2020. Disponível em: https://www.scival.com/landing. Acesso em: 12 ago. 2020.

ETZKOWITZ, H. The triple helix of university-industry-government: implications for policy and evaluation. **Sister**, Stockholm, n. 11, p. 1-16, 2002. Disponível em: https://www.donorth.co/appurtenancy/pdfs/etzkowitz_triple_helix.pdf. Acesso em: 19 out. 2020.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 5 ed. São Paulo: Saravia, 2005. 224 p.

FLORIDA, R. Toward the learning region. **Futures**, v. 27, n. 5, p. 527-536, 1995. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/001632879500021N?via%3Dihub. Acesso em: 23 jul. 2020.

FORTES, M. B. **Tecnologias disruptivas e mobilidade urbana: inovações para o desenho das cidades**. 2019. 243 f. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-04022020-175103/pt-br.php. Acesso em: 09 ago. 2020.

FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR. **Circular economy of cities**: Project guide. Isle of Wight: Ellen MacArthur Foundation, 2019. Disponível em: https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/4352e3481ee127c3/original/Circular-economy-in-Cities-Project-guide.pdf. Acesso em: 26 fev. 2021.

GARCÍA-FUENTES, M. A.; ANTOLÍN, J.; DE TORRE, C.; PÉREZ, A.; TOMÉ, I.; MIRANTES, M. L.; LÓPEZ, F.; MARTÍN, J.; GÓMEZ, J. Evaluation of results of city sustainable transformation projects in the fields of mobility and energy efficiency with real application in a district in Valladolid (Spain). **Sustainability**, Basel, v. 13, n. 17, p. 1-22, 2021. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/17/9683. Acesso em: 28 jan. 2023.

GARCÍA-FUENTES, M. A.; DE TORRE, C. Towards smarter and more sustainable cities: The Remourban Model. **The International Journal of Entrepreneurship and Sustainability Issues**, Lithuania, v. 4, n. 3, p. 328-338, 2017. Disponível em: https://jssidoi.org/jesi/article/109. Acesso em: 28 jan. 2023.

GEBHARDT, L.; KRAJZEWICZ, D.; OOSTENDORP, R.; GOLETZ, M.; GREGER, K.; KLÖTZKE, M.; WAGNER, P.; HEINRICHS, D. Intermodal urban mobility: users, uses and use cases. **Transportation Research Procedia**, Amsterdam, v. 14, p. 1183-1192, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516301910?via%3Dihub. Acesso em: 22 set. 2020.

GHIRALDI, A.; PEREIRA, F. K. S.; VIEIRA H. E. M.; GIGANTE R. L. Impact of bus rapid transit efficiency vehicle traffic of a Brazilian city. *In:* NORTH AMERICAN INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT, 4., p. 1261-126, 2019, Toronto. **Proceedings** [...]. Southfield: IEOM Society International, 2019. Disponível em: https://ieomsociety.org/toronto2019/papers/424.pdf?_gl=1*5h0s2s*_ga*MTc4ODY5MzMzNi4xNzUyNzE0ODg3*_ga_D7M1RLP0FP*czE3NTI3MTQ4ODckbzEkZzAkdDE3NTI3MTQ4ODckajYwJGwwJGgw. Acesso em: 04 mar. 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf. Acesso em: 19 maio 2021.

GOYAL, N.; HOWLETT, M. Technology and instrument constituencies as agents of innovation: sustainability transitions and the governance of urban transport. **Energies,** Paris, v. 11, n. 5, p. 1-14, 2018. Disponível em: https://www.mdpi.com/1996-1073/11/5/1198. Acesso em: 05 dez. 2020.

HANNON, E.; KNUPFER, S.; STERN, S.; SUMERS, B.; NIJSSEN J. T. **An integrated perspective on the future of mobility, part 3**: setting the direction toward seamless mobility. Sustainability and Resource Productivity Practice. New York: McKinseyand Company, 2019. Disponível em: https://www.mckinsey.com/br/~/media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/the%20road%20to%20seamless%20urban%20mobility/an-integrated-perspective-on-the-future-of-mobility-part-3-vf.pdf. Acesso em: 07 jul. 2022.

HO, W. Integrated analytic hierarchy process and its applications: A literature review. **European Journal of Operational Research**, North-Holland, v. 186, n. 1, p. 211-228, 2008. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221707000872?via%3Dihub. Acesso em: 23 dez. 2020.

HOWELL, J. Regional systems of innovation? *In:* ARCHIBUGI, D.; HOWELLS, J.; MICHIE, J. (ed.). **Innovation policy in a global economy**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 67-93. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/books/abs/innovation-policy-in-a-global-economy/regional-systems-of-innovation/172A8740B18AE52748EB8DE2E9B51378. Acesso em: 22 dez. 2020.

IANNILLO, A.; FASOLINO, I. Land-use mix and urban sustainability: Benefits and indicators analysis. **Sustainability**, Basel, v. 13, n. 23, 2021. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/23/13460. Acesso em: 09 dez. 2022.

IIDA Y.; KOIZUMI, R. A framework using the analytic hierarchy process for local governments in japan to evaluate projects based on outcomes. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, Pittsburgh, vol. 10, n. 3, p. 371-390, 2018. Disponível em: https://ijahp.org/index.php/IJAHP/article/view/593. Acesso em: 09 dez. 2022.

INTERNATIONAL SOCIETY OF MULTIPLE CRITERIA DECISION-MAKING. **Mission of the society**. [*s.l*]: MCDM, 2025. Disponível em: https://www.mcdmsociety.org/. Acesso em: 13 dez. 2022.

ISHIZAKA, A.; LABIB, A. Review of the main developments in the analytic hierarchy process. **Expert Systems with Applications**, New York, v. 38, n. 11, p. 14336-14345, 2011. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417411006701?via%3Dihub. Acesso em: 23 out. 2022.

KANURI, C.; VENKAT, K.; MAITI, S.; MULUKUTLA, P. Leveraging innovation for last-mile connectivity to mass transit. **Transportation Research Procedia**, Amsterdam, v. 41, p. 655-669, 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519305319?via%3Dihub. Acesso em: 09 nov. 2022.

KARASAN, A. A novel hesitant intuitionistic fuzzy linguistic AHP method and its application to prioritization of investment alternatives. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, Pittsburgh, v. 11, p. 127-142, 2019. Disponível em: https://www.ijahp.org/index.php/IJAHP/article/view/610. Acesso em: 09 nov. 2022.

KESERU, I.; BULCKAEN, J.; MACHARIS, C. The multi-actor multi-criteria analysis in action for sustainable urban mobility decisions: the case of Leuven. **International Journal of Multicriteria Decision Making**, Genebra, v. 6, n. 3, p. 211-236, 2016. Disponível em: https://www.inderscience.com/offers.php?id=79713. Acesso em: 07 set. 2021.

LI, T.; LI, A.; GUO, X. The sustainable development-oriented development and utilization of renewable energy industry: A comprehensive analysis of MCDM methods. **Energy**, New York, v. 212, 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220318028?via%3Dihub. Acesso em: 10 dez. 2022.

LOMBARDI NETTO, A.; SALOMON, V. A. P.; ORTIZ-BARRIOS, M. A.; FLOREK-PASZKOWSKA, A. K.; PETRILLO, A.; OLIVEIRA, O. J. Multiple criteria assessments of sustainability programs in the textile industry. **International Transactions in Operational Research**, Oxford, v. 28, p. 1550-1572, 2021. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/itor.12871. Acesso em: 07 jan. 2023.

LONGARAY, A. A.; BUCCO, G. B. Uso da análise de decisão multicritério em processos licitatórios públicos: um estudo de caso. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção**, São José dos Campos, v. 14, n. 1, p. 219-241, 2014. Disponível em: https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1586. Acesso em: 10 dez. 2022.

MACIOROWSKI, M. M.; LIMA, M. L. T. F.; SOUZA, J. C. O papel da integração modal na construção da mobilidade urbana sustentável. *In:* CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET,31., 2017, Recife. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: ANPET, 2017. Disponível em: http://146.164.5.73:30080/tempsite/anais/documentos/2017/Planejamento%20Territorial%20do%20Transporte/Transporte%20Publico%20e%20Integracao%20Modal/6_324_AC.pdf. Acesso em: 18 out 2020.

MAY, A. D. Encouraging good practice in the development of sustainable urban mobility plans. **Case Studies on Transport Policy**, Amsterdam, v.3, n. 1, p. 3-11, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213624X14000492?via%3Dihub. Acesso em: 12 nov. 2020.

MAY, A. D.; BOEHLER-BAEDEKER, S.; DELGADO, L.; DURLIN, T.; ENACHE, M.; VAN DER PAS, J. W. Appropriate national policy frameworks for sustainable urban mobility plans. **European Transport Research Review**, Heidelberg, v. 9, p. 1-16, 2017. Disponível em: https://etrr.springeropen.com/articles/10.1007/s12544-017-0224-1. Acesso em: 16 out. 2022.

MENDOZA, J. M. F.; SANYÉ-MENGUAL, E.; ANGRILL, S.; GARCÍA-LOZANO, R.; FEIJOO, G.; JOSA, A.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J. Development of urban solar infrastructure to support low-carbon mobility. **Energy Policy**, Guildford, v. 85, p. 102-114, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421515002153?via%3Dihub. Acesso em: 23 nov. 2022.

MEYER, M. W. **Rethinking performance measurement:** beyond the balanced scorecard. New York: Cambridge University Press, 2002. *E-book*. 220 p.

MICHEL, M. H. **Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais:** um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos. São Paulo: Editora Atlas, 2005. 169 p. Disponível em: https://www.scribd.com/document/657063694/Metodologia-E-Pesquisa-Cientifica-Em-Ciencias-Sociai. Acesso em: 10 out. 2021.

MILIOS, L. Advancing to a circular economy: Three essential ingredients for a comprehensive policy mix. **Sustainability Science**, United Kingdom, v. 13, p. 861-878, 2018.

Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-017-0502-9. Acesso em: 12 out. 2021.

MORABITO NETO, R.; PUREZA, V. Modelagem e Simulação. *In:* CAUCHICK MIGUEL, P. A.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. p. 169-198. *E-book.*

MOSCHOLIDOU, I.; PANGBOURNE, K. A preliminary assessment of regulatory efforts to steer smart mobility in London and Seattle. **Transport Policy**, Oxford, v. 98, p. 170-177, 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X1930527X?via%3Dihub. Acesso em: 23 dez. 2022.

MYROVALI, G.; MORFOULAKI, M.; VASSILANTONAKIS, B. M.; MPOUTOVINAS, A.; KOTOULA, K. M. Travelers-led innovation in sustainable urban mobility plans. **Periodica Polytechnica Transportation Engineering**, Budapest, v. 48, p. 126-132, 2020. Disponível em: https://pp.bme.hu/tr/article/view/11909. Acesso em: 23 dez. 2022.

NAKANO, D.; MUNIZ JR., J. Writing the literature review for empirical papers. **Production**, São Paulo. v. 28, n. 9, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/prod/a/6X3VYMYLYYpNtzfjgmR5QTS/?lang=en. Acesso em: 23 dez. 2022.

NEIROTTI, P.; CAGLIANO, A. C.; MARCO, A.; MANGANO, G.; SCORRANO, F. Current trends in smart city initiatives: Some stylised facts. **Cities**, Switzerland, v. 38, p. 25-36, 2014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275113001935?via%3Dihub. Acesso em: 19 out. 2020.

OKUBO, Y. Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples Sti Working Papers. **Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico**, Paris, v. 35, 69 p., 1997. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/bibliometric-indicators-and-analysis-of-research-systems_208277770603.html. Acesso em: 13 dez. 2020.

OLIVEIRA, O. J.; SILVA, F. F.; JULIANI, F.; BARBOSA, L. C. F. M.; NUNHES, T. V. Bibliometric method for mapping the state-of-the-art and identifying research gaps and trends in literature: an essential instrument to support the development of scientific projects. *In:* KUNOSIC, S.; ZEREM, E. (ed.). **Scientometrics Recent Advances.** London: InTech Open, 2019. p. 1-20. Disponível em: https://www.intechopen.com/chapters/69867. Acesso em: 21 dez. 2022.

OLIVEIRA, V. A. R.; SALOMON, V. A. P.; OLIVEIRA, G. C. R.; PETRILLO, A.; NEVES, S. M. Systematic literature review of multicriteria decision-making applied to energy management. *In:* FATHI, M.; ZIO, E.; PARDALOS, P. M. (ed.). **Handbook of Smart Energy Systems.** Germany: Springer, 2022. p. 1-13. Disponível em: https://link.springer.com/referencework/10.1007/978-3-030-97940-9. Acesso em: 22 dez. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **New urban agenda**. New York: United Nations, 2017. Disponível em: https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-English.pdf. Acesso em: 23 dez. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transforming our world:** The 2030 agenda for sustainable development. New York: United Nations, 2015. Disponível em: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf. Acesso em: 23 dez. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World urbanization prospects.** New York: United Nations, 2014. Disponível em: https://population.un.org/wup/publications?tab=2014. Acesso em: 23 dez. 2020.

ORRICO FILHO, R.; AFFONSO, N.; BONIS, R.; OLIVEIRA, M. Mobilidade urbana sustentável: questões do porvir. *In:* SUSTENTABILIDADE URBANA: IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SUAS CONSEQUÊNCIAS SOBRE O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO EM PAÍSES EMERGENTES. **Textos para as discussões da Rio +20.** Brasília, v. 1, p. 10-41, 2015. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/publicacoes/desenvolvimento-sustent%C3%A1vel/category/155-publica%C3%A7%C3%B5es-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel-sustentabilidade-urbana.html. Acesso em: 17 mar. 2021.

PALOMINOS, P.; RAMÍREZ, F.; CAMARGO, M.; GRIMALDI, D. A new methodology to support smartness at the district level of metropolitan areas in emerging economies: The case of Santiago de Chile. **Sustainable Cities and Society**, Amsterdam, v. 67, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670721000081?via%3Dihub. Acesso em: 16 dez. 2022.

PARAOL MATOS, G.; TEIXEIRA, C. S. Uma análise sobre o Sistema Nacional de Inovação do Brasil. **Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí**, Ibirama, v. 8, n. 13, p. 73-83, 2019. Disponível em: https://periodicos.udesc.br/index.php/reavi/article/view/16630. Acesso em: 16 dez. 2022.

PAULA, J. O.; MELLO, C. H. P. Seleção de um modelo de referência de PDP para uma empresa de autopeças através de um método de auxílio à decisão por múltiplos critérios. **Revista Produção**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 144-156, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/prod/a/PgtyzmvRQBSpyHqBgkGqPfv/?lang=pt. Acesso em: 23 jul. 2021.

PEDRO, L. M.; SILVA, M. A. V.; PORTUGAL, L. S. Desenvolvimento e mobilidade sustentáveis. *In:* PORTUGAL, L. S. (ed.). **Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro, 2017. p. 1-17. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/351765740_Desenvolvimento_e_mobilidade_sustentaveis. Acesso em: 23 dez. 2020.

PIDD, M. **Modelagem empresarial**: ferramentas para tomada de decisão. Porto Alegre: Bookman, 1998. 314 p.

PORTUGAL, L. S. **Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2017. 360 p.

PRADHAN, S.; OLFATI, M.; PATEL, G. Integrations and applications of analytic hierarchy process with data envelopment analysis: A literature review. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, Pittsburgh, v. 11, p. 228-268, 2019. Disponível em: https://ijahp.org/index.php/IJAHP/article/view/632. Acesso em: 17 jul. 2021.

PUTNAM, R. D. **Making democracy work**: civic traditions in modern Italy. Princeton: Princeton University Press, 1994. 272 p. *E-book*.

QUIJANO, A.; HERNÁNDEZ, J. L.; NOUAILLE, P.; VIRTANEN, M.; SÁNCHEZ-SARACHU, B.; PARDO-BOSCH, F.; KNIEILNG, J. Towards sustainable and smart cities: Replicable and KPI-driven evaluation framework. **Buildings**, Basel, v. 12, n. 2, 2022. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-5309/12/2/233. Acesso em: 23 dez. 2022.

SAATY, T. L. The modern science of multicriteria decision making and its practical applications: The AHP/ANP approach. **Operations Research**, United States, v. 61, n. 5, p. 1101-1118, 2013. Disponível em: https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/opre.2013.1197. Acesso em: 16 dez. 2020.

SAATY, T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. the institute for operations research and the management sciences. **Informs Journal on Applied Analytics**, Catonsville, v. 24, n. 6, p. 19-43, 1994. Disponível em: https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/inte.24.6.19. Acesso em: 16 dez. 2020.

SAATY, T. L. Highlights and critical points in the theory and application of the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 74, n. 3, p. 426–447, 1994. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037722179490224?via%3Dihub. Acesso em: 16 dez. 2020.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. New York: McGraw-Hill Publishing Co., 1991. 367 p.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process:** Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York: McGraw-Hill Publishing Co., 1980. 287 p.

SALGADO, E.; SALOMON, V. A. P.; MELLO, C. H. P. Analytic hierarchy prioritization of new product development activities for electronics manufacturing. **International Journal of Production Research**, London, v. 50, n. 17, p. 4860-4866. 2012. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2012.657972. Acesso em: 26 jul. 2021.

SAXENIAN, A. **Regional advantage**: culture and competition in Silicon Valley and Route 128. Cambridge: Harvard University Press, 1996. *E-book*.

SAYYADI, G.; AWASTHI, A. AHP-based approach for location planning of pedestrian zones: application in Montréal, Canada. **Journal of Transportation Engineering**, New York, v. 139, n. 2, p. 239-246, 2013. Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29TE.1943-5436.0000493. Acesso em: 26 dez. 2020.

SCHILLER, G.; GRUHLER, K.; XIE, X. Assessing the efficiency of indoor and outdoor access-related infrastructure. **Buildings and Cities**, London, v. 1, p. 56-69, 2020. Disponível em: https://journal-buildingscities.org/articles/10.5334/bc.8. Acesso em: 26 jul. 2021.

STORPER, M. Regional economies as relational assets. *In:* LEE, R.; WILLS, J. (ed.). **Geographies of Economies**, London: Arnold, 1997. 424 p. Disponível em: https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9781315832500/geographies-economies-roger-lee-jane-wills. Acesso em: 20 dez. 2020.

STORPER, M. The resurgence of regional economies, ten years later: The region as a nexus of untraded interdependencies. **European Urban and Regional Studies**, Harlow, v. 2, n. 3, p. 191-221, 1995. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/096977649500200301. Acesso em: 20 dez. 2020.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J.; GARCIA R.; SAMPAIO S. E. K. Inovação e conhecimento: indicadores regionalizados e aplicação a São Paulo. **Revista de Economia Contemporânea,** Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 323-356, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rec/a/bTssLrLTY9vKJ9th3kTtZZS/?lang=pt. Acesso em: 21 dez. 2020.

TØNNESEN, A.; KROGSTAD, J. R.; CHRISTIANSEN, P. Ambitious goals and tools to fulfil them: a study of opportunities and pitfalls in Norwegian governance of urban mobility. **Transportation Research Procedia**, Munich, v. 41, n. 1, p. 174-177, 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519304491?via%3Dihub. Acesso em: 15 dez. 2020.

VENKAT, K.; MAITI, S.; KANURI, C.; MULUKUTLA, P. Leveraging innovation for last-mile connectivity to mass transit. **Transportation Research Procedia**, Amsterdam, v. 41, p. 655-669, 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519305319?via%3Dihub. Acesso em: 07 dez. 2022.

VELOSO FILHO, F. A.; NOGUEIRA, J. M. Sistemas de inovação e promoção tecnológica regional e local no Brasil. **Interações**, Campo Grande, v. 8, n. 13, p. 107-117, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/j/inter/a/9J9mb87ZhLk9QB6xTtkZ9mb/?lang=pt. Acesso em: 16 dez. 2020.

VILENIO. **Total Decision Software**. Vilenio, Santiago, 2024. Disponível em: https://www.vilenio.com/. Acesso em: 02 fev. 2024.

WALLENIUS, J.; DYER, J. S.; FISHBURN, P. C.; STEUER, R. E.; ZIONTS, S.; DEB, K. Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: Recent accomplishments and what lies ahead. **Management Science**, Linthicum, v. 54, n. 7, p. 1336-1349, 2008. Disponível em: https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/mnsc.1070.0838. Acesso em: 23 jul. 2021.

WEISS, M. C. Posicionamento da indústria de TIC para a construção das cidades inteligentes no Brasil: resultados de um levantamento com sete gigantes do setor. **Revista Tecnologia e**

Sociedade, Curitiba, v.15, n. 36, p. 165-189, 2019. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/8360. Acesso em: 06 mar. 2021.

XIAO, L.; WATSON, M. Guidance on conducting a systematic literature review. **Journal of Planning Education and Research**, Cincinnati, v. 39, p. 93-112, 2019. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0739456X17723971. Acesso em: 27 dez. 2022.

XIE, X. F.; WANG, Z. J. Examining travel patterns and characteristics in a bikesharing network and implications for data-driven decision supports: Case study in the Washington DC area. **Journal of Transport Geography**, London, v. 71, p. 84-102, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966692317305331?via%3Dihub. Acesso em: 27 dez. 2022.

YAMASHITA, Y.; SILVA, L. R.; VILELA, M. L. Ampliando a compreensão da mobilidade interurbana no Brasil: Da concepção do Sistema à construção de uma matriz origem destino. *In:* CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES. **Anais** [...]. Balneário Camboriú, ANPET, p. 3023-3034, 2019. Disponível em: http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Planejamento%20Territorial%20do%20Transporte/Mobilidade%20e%20Acessibilidade/1_168_AC.pdf. Acesso em: 10 out 2020.

YILDIZ, S.; KIVRAK, S.; ARSLAN, G. Contribution of built environment design elements to the sustainability of urban renewal projects: model proposal. **Journal of Urban Planning and Development**, Reston, v.145, n. 1, 2019. Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29UP.1943-5444.0000493. Acesso em: 07 dez. 2022.

YILMAZ, S. K.; OZKIR, V. Extended consistency analysis for pairwise comparison method. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, London, v. 10, n. 1, p. 117-134, 2018. Disponível em: https://www.ijahp.org/index.php/IJAHP/article/view/506. Acesso em: 22 dez. 2020

APÊNDICE A – PASSO A PASSO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP

PESOS DAS VARIÁVEIS E COMPARAÇÃO – CRITÉRIOS

As seguintes matrizes mostram a comparação paritária entre os critérios específicos do critério global do Município (M_n) em questão, sendo: Aparecida (M1), Caçapava (M2), Cachoeira Paulista (M3), Campos do Jordão (M4), Cruzeiro (M5), Cunha (M6), Guaratinguetá (M7), Lorena (M8), Pindamonhangaba (M9), Potim (M10) e Tremembé (M11).

$$\mathbf{M1}\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/3 & 3 & 3 \\ 3 & 1 & 1/3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 1 & 5 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{M2}\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 & 5 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1 & 5 & 1 \\ 5 & 1 & 1 & 5 & 1/3 \\ 1/5 & 1/5 & 1/5 & 1 & 1/5 \\ 5 & 1 & 3 & 5 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{M3}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 5 & 7 \\ 1 & 1 & 1 & 3 & 5 \\ 1 & 1 & 1 & 5 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M4}\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 3 & 1/5 & 1/3 \\ 3 & 1/3 & 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 5 & 3 & 1 & 1 \\ 5 & 3 & 5 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{M5}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1/3 & 1/3 & 3 \\ 5 & 3 & 1 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 1/3 & 1 & 3 \\ 3 & 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{M6}\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/3 & 3 & 3 \\ 3 & 1 & 3 & 5 & 5 \\ 3 & 1/3 & 1 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M7}\begin{bmatrix} 1 & 3 & 1 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1/3 & 3 & 3 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{M8}\begin{bmatrix} 1 & 3 & 1/3 & 1/5 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1/5 & 1/3 \\ 3 & 1 & 1 & 1/3 & 1 \\ 5 & 5 & 3 & 1 & 3 \\ 1 & 3 & 1 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{M9}\begin{bmatrix} 1 & 3 & 1/3 & 3 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1/4 & 3 & 1 \\ 3 & 4 & 1 & 3 & 2 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1/2 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M10}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 5 & 3 \\ 1 & 1 & 3 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 3 & 1/3 \\ 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 1/5 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{M11}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1 & 1/3 & 1/3 \\ 3 & 1 & 1 & 2 & 1 \\ 3 & 3 & 1/2 & 1 & 1/3 \\ 3 & 3 & 1 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

O grupo de julgamentos é representado em forma de matriz, na qual os elementos são comparados por pares com o restante de elementos da matriz. Cada julgamento representa a dominância de um elemento da coluna à esquerda sobre um elemento na linha do topo (SAATY, 1994). Além disso, desconsiderando as comparações entre os próprios critérios, que representam o peso “1” na escala (diagonal principal), apenas metade das comparações paritárias precisa ser realizada, devido a que a outra metade é composta dos valores recíprocos já comparados.

Após a outorga dos pesos de cada elemento dentro da matriz, o seguinte passo é o cálculo da soma dos valores de cada coluna da matriz. Na sequência, é realizado o cálculo do autovetor (AV), realizando a média geométrica dos valores de cada linha da matriz. Por último, é realizada a normalização do autovetor (AVN), dividindo o valor do autovetor de cada linha (autovetor local) da matriz pela soma total dos valores dos autovetores locais. Sendo assim, no final da aplicação do cálculo, serão determinadas e identificadas as prioridades dos elementos de cada matriz.

Na Tabela 1 são representados os valores obtidos na aplicação do cálculo para M_n e as prioridades obtidas por meio do autovetor normalizado para cada critério (C_n), sendo estes: Deslocamento de pessoas (C1), Circulação de veículos (C2), Integração com Segurança Pública (C3), Sustentabilidade (C4) e Segurança Viária (C5).

Tabela 10 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (critérios).

(continua)

M1 - Critérios	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Deslocamento de pessoas	7,67	1,00	16,03%
Circulação de veículos	5,00	1,551845574	24,88%
Integração com Segurança Pública	2,20	2,667268608	**42,76%**
Sustentabilidade	15,00	0,374915371	6,01%
Segurança viária	10,33	0,644394015	10,33%
	TOTAL =	6,238423568	100,00%
M2 - Critérios	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Deslocamento de pessoas	14,20	0,581810759	8,98%
Circulação de veículos	3,53	1,718771928	26,54%
Integração com Segurança Pública	5,40	1,528142136	23,60%
Sustentabilidade	21,00	0,275945932	4,26%
Segurança viária	2,73	2,37144061	**36,62%**
	TOTAL =	6,476111365	100,00%
M3 - Critérios	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Deslocamento de pessoas	3,34	2,036168005	**31,47%**
Circulação de veículos	3,53	1,718771928	26,57%
Integração com Segurança Pública	3,40	1,903653939	29,42%
Sustentabilidade	14,33	0,525305561	8,12%
Segurança viária	21,00	0,285738091	4,42%
	TOTAL =	6,469637523	100,00%

Tabela 10 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (critérios).
(continuação)

M4 - Critérios	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Deslocamento de pessoas	15,00	0,374915371	5,88%
Circulação de veículos	9,67	0,902880451	14,17%
Integração com Segurança Pública	12,33	0,581810759	9,13%
Sustentabilidade	2,87	2,141127368	33,60%
Segurança viária	2,73	2,37144061	**37,22%**
	TOTAL =	6,37217456	100,00%
M5 - Critérios	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Deslocamento de pessoas	13,00	0,467043677	7,61%
Circulação de veículos	8,33	0,802741562	13,09%
Integração com Segurança Pública	2,20	2,667268608	**43,49%**
Sustentabilidade	5,00	1,551845574	25,30%
Segurança viária	10,33	0,644394015	10,51%
	TOTAL =	6,133293437	100,00%
M6 - Critérios	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Deslocamento de pessoas	7,67	1,00	15,53%
Circulação de veículos	2,07	2,954176939	**45,87%**
Integração com Segurança Pública	5,00	1,551845574	24,10%
Sustentabilidade	13,00	0,467043677	7,25%
Segurança viária	13,00	0,467043677	7,25%
	TOTAL =	6,440109868	100,00%
M7 - Critérios	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Deslocamento de pessoas	3,00	1,933182045	**32,62%**
Circulação de veículos	7,67	1,00	16,87%
Integração com Segurança Pública	3,00	1,933182045	**32,62%**
Sustentabilidade	13,00	0,415243647	7,01%
Segurança viária	10,33	0,644394015	10,87%
	TOTAL =	5,926001751	100,00%
M8 - Critérios	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Deslocamento de pessoas	10,33	0,724779664	11,79%
Circulação de veículos	13,00	0,467043677	7,60%
Integração com Segurança Pública	6,33	1,00	16,27%
Sustentabilidade	2,07	2,954176939	**48,07%**
Segurança viária	6,33	1,00	16,27%
	TOTAL =	6,14600028	100,00%

Tabela 10 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (critérios).
(conclusão)

M9 - Critérios	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Deslocamento de pessoas	5,67	1,24573094	21,27%
Circulação de veículos	9,33	0,757858283	12,94%
Integração com Segurança Pública	2,42	2,352158045	**40,17%**
Sustentabilidade	13,00	0,415243647	7,09%
Segurança viária	5,33	1,084471771	18,52%
	TOTAL =	5,855462686	100,00%
M10 - Critérios	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Deslocamento de pessoas	2,87	2,141127368	**34,51%**
Circulação de veículos	2,87	2,141127368	**34,51%**
Integração com Segurança Pública	10,33	0,644394015	10,39%
Sustentabilidade	15,00	0,374915371	6,04%
Segurança viária	9,67	0,902880451	14,55%
	TOTAL =	6,204444574	100,00%
M11 - Critérios	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Deslocamento de pessoas	11,00	0,517281858	9,22%
Circulação de veículos	9,00	0,644394015	11,49%
Integração com Segurança Pública	3,83	1,430969081	25,51%
Sustentabilidade	6,67	1,084471771	19,33%
Segurança viária	3,00	1,933182045	**34,46%**
	TOTAL =	5,61029877	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Continuando com o cálculo da matriz, será preciso conhecer o valor do autovetor (ordem de prioridade), assim como, o autovalor (medida de consistência do julgamento). O método AHP procura o autovalor máximo λ_{max}, que pode ser calculado com a equação 1:

$$\lambda_{\max} = \text{média do vetor } \frac{Aw}{w} \quad (3)$$

Sendo assim, o cálculo de λ_{max} vem determinado pelo produto da soma dos pesos de cada coluna da matriz multiplicado pela soma dos valores de cada linha do autovetor normalizado.

Ainda, para encerramento do cálculo deste subitem, será necessário determinar o Índice Randômico (*IR*), o Índice de Consistência (*IC)* e, finalmente, a Razão de Consistência

(*RC*). O valor do *IR* estará determinado pela ordem ou tamanho da matriz, baseado na escala de Saaty (1991).

O cálculo do *IC* vem determinado pela equação 2, sendo *n* a ordem ou dimensão da matriz:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n - 1)} \tag{4}$$

Finalmente, a *RC* considera o *IC* e o *IR*. O valor da *RC* varia com o tamanho *n* da amostra e seu cálculo está determinado pela equação 3:

$$RC = \frac{IC}{IR \text{ para } n} \tag{5}$$

De forma geral, se o *IC* for menor do que 0,1 significa que há consistência para prosseguir com os cálculos do método AHP. Caso contrário, recomenda-se que julgamentos sejam refeitos até que a consistência aumente. Os valores de cada índice estão representados na Tabela 2.

Tabela 11 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para M_n (critérios).

Município	$\boldsymbol{\lambda_{max}}$	**IR**	**IC**	**RC**
M1	5,3822	1,12	0,095546428	0,09
M2	5,3834	1,12	0,095849181	0,0856
M3	5,0825	1,12	0,020624351	0,0184
M4	5,3588	1,12	0,089694823	0,08
M5	5,3881	1,12	0,097034759	0,0866
M6	5,2288	1,12	0,057210973	0,0511
M7	5,2856	1,12	0,071408	0,06
M8	5,2608	1,12	0,065201833	0,0582
M9	5,2940	1,12	0,073502788	0,0656
M10	5,3649	1,12	0,091220378	0,08
M11	5,3481	1,12	0,087022645	0,0777

Fonte: Próprio autor (2024).

Uma vez desenvolvido o cálculo por cada uma das matrizes apresentadas no item anterior, deverá ser realizado a mesma sequência de cálculo englobando todos os pesos de cada uma das matrizes. A matriz pareada resultante está representada a continuação.

$$\textbf{Pareado Critérios} \begin{bmatrix} 1 & 0{,}905 & 0{,}453 & 1{,}481 & 1{,}088 \\ 1{,}105 & 1 & 0{,}882 & 1{,}349 & 1{,}551 \\ 2{,}208 & 1{,}134 & 1 & 2{,}229 & 1{,}301 \\ 0{,}675 & 0{,}741 & 0{,}449 & 1 & 0{,}707 \\ 0{,}919 & 0{,}645 & 0{,}769 & 1{,}413 & 1 \end{bmatrix}$$

Como no caso anterior, será necessário vislumbrar o cálculo do autovetor, seu valor normalizado para identificação de prioridades, assim como, os valores do λ_{max}, *IR*, *IC* e *RC*. As Tabelas 3 e 4 apresentam os valores correspondentes após a aplicação do cálculo.

Tabela 12 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para os critérios.

Critérios	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Deslocamento de pessoas	5,908	0,920288	17,81%
Circulação de veículos	4,425	1,153131	22,31%
Integração com Segurança Pública	3,552	1,486569	**28,77%**
Sustentabilidade	7,473	0,692151	13,39%
Segurança viária	5,647	0,915823	17,72%
	TOTAL =	5,167962	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 13 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para os critérios.

λ_{max}	**IR**	**IC**	**RC**
5,063	1,12	0,01564994	0,014

Fonte: Próprio autor (2024).

PESOS DAS VARIÁVEIS E COMPARAÇÃO – SUBCRITÉRIOS

Uma vez obtidos os valores correspondentes ao desenvolvimento do cálculo para os critérios, será aplicada a mesma sequência de cálculo para os subcritérios (SC_n), sendo estes: bilhetagem eletrônica (SC1), transporte individual por aplicativo (SC2), circulação restrita a veículos de carga (SC3), estacionamento rotativo (SC4), centro de controle operacional (SC5), muralha digital (SC6), videomonitoramento (SC7), plataforma de gestão da mobilidade (SC8), estações de carga para veículos elétricos (SC9), conectividade à internet por meio da rede física de postes de iluminação pública (SC10), fiscalização eletrônica por radar (SC11) e gestão semafórica (SC12).

Na sequência mostram-se as matrizes pareadas de cada grupo de subcritérios, assim como, os valores do λ_{max}, *IR*, *IC* e *RC*. As Tabelas 14 a 33 apresentam os valores correspondentes após a aplicação do cálculo.

(M1) SC1-SC2 $\begin{bmatrix} 1 & 1/3 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$ **(M2) SC1-SC2** $\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix}$ **(M3) SC1-SC2** $\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix}$

(M4) SC1-SC2 $\begin{bmatrix} 1 & 7 \\ 1/7 & 1 \end{bmatrix}$ **(M5) SC1-SC2** $\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix}$ **(M6) SC1-SC2** $\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix}$

(M7) SC1-SC2 $\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix}$ **(M8) SC1-SC2** $\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix}$ **(M9) SC1-SC2** $\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix}$

(M10) SC1-SC2 $\begin{bmatrix} 1 & 1/3 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$ **(M11) SC1-SC2** $\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix}$

Tabela 14 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC1 e SC2).

(continua)

M1 – Subcritérios 1-2	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Bilhetagem eletrônica	4,00	0,577350269	25,00%
Transporte individual por App	1,33	1,732050808	**75,00%**
	TOTAL =	2,309401077	100,00%
M2 – Subcritérios 1-2	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Bilhetagem eletrônica	1,20	2,236067977	**83,33%**
Transporte individual por App	6,00	0,447213595	16,67%
	TOTAL =	2,683281573	100,00%

Tabela 14 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC1 e SC2).
(continuação)

M3 – Subcritérios 1-2	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Bilhetagem eletrônica	1,20	2,236067977	**83,33%**
Transporte individual por App	6,00	0,447213595	16,67%
	TOTAL =	2,683281573	100,00%
M4 – Subcritérios 1-2	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Bilhetagem eletrônica	1,14	2,645751311	**87,50%**
Transporte individual por App	8,00	0,377964473	12,50%
	TOTAL =	3,023715784	100,00%
M5 – Subcritérios 1-2	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Bilhetagem eletrônica	1,20	2,236067977	**83,33%**
Transporte individual por App	6,00	0,447213595	16,67%
	TOTAL =	2,683281573	100,00%
M6 – Subcritérios 1-2	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Bilhetagem eletrônica	1,20	2,236067977	**83,33%**
Transporte individual por App	6,00	0,447213595	16,67%
	TOTAL =	2,683281573	100,00%
M7 – Subcritérios 1-2	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Bilhetagem eletrônica	1,33	1,732050808	**75,00%**
Transporte individual por App	4,00	0,577350269	25,00%
	TOTAL =	2,309401077	100,00%
M8 – Subcritérios 1-2	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Bilhetagem eletrônica	1,33	1,732050808	**75,00%**
Transporte individual por App	4,00	0,577350269	25,00%
	TOTAL =	2,309401077	100,00%
M9 – Subcritérios 1-2	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Bilhetagem eletrônica	1,33	1,732050808	**75,00%**
Transporte individual por App	4,00	0,577350269	25,00%
	TOTAL =	2,309401077	100,00%

Tabela 14 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC1 e SC2).
(conclusão)

M10 – Subcritérios 1-2	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Bilhetagem eletrônica	4,00	0,577350269	25,00%
Transporte individual por App	1,33	1,732050808	**75,00%**
	TOTAL =	2,309401077	100,00%
M11 – Subcritérios 1-2	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Bilhetagem eletrônica	1,33	1,732050808	**75,00%**
Transporte individual por App	4,00	0,577350269	25,00%
	TOTAL =	2,309401077	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 15 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para M_n (SC1 e SC2).

λ_{max}	**IR**	**IC**	**RC**
2,0000	0	0,0000	0,0000

Fonte: Próprio autor (2024).

Pareado SC1 e SC2 $\begin{bmatrix} 1 & 2,617 \\ 0,382 & 1 \end{bmatrix}$

Tabela 16 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para SC1 e SC2.

Subcritério	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Bilhetagem eletrônica	1,38	1,617609	**72,35%**
Transporte individual por App	3,62	0,618196	27,65%
	TOTAL =	2,235806	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 17 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para SC1 e SC2.

λ_{max}	**IR**	**IC**	**RC**
2,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fonte: Próprio autor (2024).

$$\textbf{(M1) SC3 - SC4 - SC5}\begin{bmatrix}1 & 1/5 & 1/3\\ 5 & 1 & 3\\ 3 & 1/3 & 1\end{bmatrix} \quad \textbf{(M2) SC3 - SC4 - SC5}\begin{bmatrix}1 & 1/5 & 1/3\\ 5 & 1 & 3\\ 3 & 1/3 & 1\end{bmatrix}$$

$$\textbf{(M3) SC3 - SC4 - SC5}\begin{bmatrix}1 & 1/7 & 1/9\\ 7 & 1 & 1\\ 9 & 1 & 1\end{bmatrix} \quad \textbf{(M4) SC3 - SC4 - SC5}\begin{bmatrix}1 & 1 & 1/5\\ 1 & 1 & 1/3\\ 5 & 3 & 1\end{bmatrix}$$

$$\textbf{(M5) SC3 - SC4 - SC5}\begin{bmatrix}1 & 1 & 1/5\\ 1 & 1 & 1/3\\ 5 & 3 & 1\end{bmatrix} \quad \textbf{(M6) SC3 - SC4 - SC5}\begin{bmatrix}1 & 1/3 & 3\\ 3 & 1 & 5\\ 1/3 & 1/5 & 1\end{bmatrix}$$

$$\textbf{(M7) SC3 - SC4 - SC5}\begin{bmatrix}1 & 5 & 3\\ 1/5 & 1 & 1/3\\ 1/3 & 3 & 1\end{bmatrix} \quad \textbf{(M8) SC3 - SC4 - SC5}\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}$$

$$\textbf{(M9) SC3 - SC4 - SC5}\begin{bmatrix}1 & 3 & 1\\ 1/3 & 1 & 1/3\\ 1 & 3 & 1\end{bmatrix} \quad \textbf{(M10) SC3 - SC4 - SC5}\begin{bmatrix}1 & 3 & 1/2\\ 1/3 & 1 & 1/3\\ 2 & 3 & 1\end{bmatrix}$$

$$\textbf{(M11) SC3 - SC4 - SC5}\begin{bmatrix}1 & 5 & 3\\ 1/5 & 1 & 1/3\\ 1/3 & 3 & 1\end{bmatrix}$$

Tabela 18 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC3, SC4 e SC5).
(continua)

M1 – Subcritérios 3-4-5	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Circulação restrita de cargas	9,00	0,405480133	10,47%
Estacionamento rotativo	1,53	2,466212074	**63,70%**
Centro de Controle	4,33	1,00	25,83%
	TOTAL =	3,871692207	100,00%
M2 – Subcritérios 3-4-5	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Circulação restrita de cargas	9,00	0,405480133	10,47%
Estacionamento rotativo	1,53	2,466212074	**63,70%**
Centro de Controle	4,33	1,00	25,83%
	TOTAL =	3,871692207	100,00%
M3 – Subcritérios 3-4-5	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Circulação restrita de cargas	17,00	0,251315814	5,92%
Estacionamento rotativo	2,14	1,912931183	45,07%
Centro de Controle	2,11	2,080083823	**49,01%**
	TOTAL =	4,24433082	100,00%

Tabela 18 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC3, SC4 e SC5).
(continuação)

M4 – Subcritérios 3-4-5	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Circulação restrita de cargas	7,00	0,584803548	15,62%
Estacionamento rotativo	5,00	0,693361274	18,52%
Centro de Controle	1,53	2,466212074	**65,86%**
	TOTAL =	3,744376896	100,00%
M5 – Subcritérios 3-4-5	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Circulação restrita de cargas	7,00	0,584803548	15,62%
Estacionamento rotativo	5,00	0,693361274	18,52%
Centro de Controle	1,53	2,466212074	**65,86%**
	TOTAL =	3,744376896	100,00%
M6 – Subcritérios 3-4-5	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Circulação restrita de cargas	4,33	1,00	25,83%
Estacionamento rotativo	1,53	2,466212074	**63,70%**
Centro de Controle	9,00	0,405480133	10,47%
	TOTAL =	3,871692207	100,00%
M7 – Subcritérios 3-4-5	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Circulação restrita de cargas	1,53	2,466212074	**63,70%**
Estacionamento rotativo	9,00	0,405480133	10,47%
Centro de Controle	4,33	1,00	25,83%
	TOTAL =	3,871692207	100,00%
M8 – Subcritérios 3-4-5	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Circulação restrita de cargas	3,00	1,00	**33,33%**
Estacionamento rotativo	3,00	1,00	**33,33%**
Centro de Controle	3,00	1,00	**33,33%**
	TOTAL =	3	100,00%
M9 – Subcritérios 3-4-5	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Circulação restrita de cargas	2,33	1,44224957	**42,86%**
Estacionamento rotativo	7,00	0,480749857	14,29%
Centro de Controle	2,33	1,44224957	**42,86%**
	TOTAL =	3,365248997	100,00%

Tabela 18 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC3, SC4 e SC5). (conclusão)

M10 – Subcritérios 3-4-5	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Circulação restrita de cargas	3,33	1,144714243	33,25%
Estacionamento rotativo	7,00	0,480749857	13,96%
Centro de Controle	1,83	1,817120593	**52,78%**
	TOTAL =	3,442584692	100,00%
M11 – Subcritérios 3-4-5	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Circulação restrita de cargas	1,53	2,466212074	**63,70%**
Estacionamento rotativo	9,00	0,405480133	10,47%
Centro de Controle	4,33	1,00	25,83%
	TOTAL =	3,871692207	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 19 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para M_n (SC3, SC4 e SC5).

Município	λ_{max}	**IR**	**IC**	**RC**
M1	3,0385	0,58	0,0193	0,033
M2	3,0385	0,58	0,0193	0,033
M3	3,0070	0,58	0,0035	0,006
M4	3,0291	0,58	0,0145	0,025
M5	3,0291	0,58	0,0145	0,025
M6	3,0385	0,58	0,0193	0,033
M7	3,0385	0,58	0,0193	0,033
M8	3,0000	0,58	0,0000	0,000
M9	3,0000	0,58	0,0000	0,000
M10	3,0536	0,58	0,0268	0,046
M11	3,0385	0,58	0,0193	0,033

Fonte: Próprio autor (2024).

$$\textbf{Pareado SC3-SC4-SC5}\begin{bmatrix} 1 & 0{,}93 & 0{,}63 \\ 1{,}08 & 1 & 0{,}78 \\ 1{,}58 & 1{,}29 & 1 \end{bmatrix}$$

Tabela 20 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para SC3, SC4 e SC5.

Subcritério	Soma dos pesos de cada coluna	Autovetor (AV)	Autovetor normalizado (AVN)
Circulação restrita de cargas	3,657	0,837350	27,48%
Estacionamento rotativo	3,214	0,942972	30,95%
Centro de Controle	2,41	1,266468	**41,57%**
	TOTAL =	2,235806	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 21 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para SC3, SC4 e SC5.

λ_{max}	IR	IC	RC
3,0017	0,58	0,00009	0,002

Fonte: Próprio autor (2024).

$$\textbf{(M1) SC6-SC7}\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(M2) SC6-SC7}\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(M3) SC6-SC7}\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\textbf{(M4) SC6-SC7}\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(M5) SC6-SC7}\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(M6) SC6-SC7}\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\textbf{(M7) SC6-SC7}\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(M8) SC6-SC7}\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(M9) SC6-SC7}\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\textbf{(M10) SC6-SC7}\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(M11) SC6-SC7}\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Tabela 22 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC6 e SC7).

(continua)

M1 – Subcritérios 6-7	Soma dos pesos de cada coluna	Autovetor (AV)	Autovetor normalizado (AVN)
Muralha digital	1,33	1,732050808	**75,00%**
Videomonitoramento	4,00	0,577350269	25,00%
	TOTAL =	2,309401077	100,00%
M2 – Subcritérios 6-7	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Muralha digital	1,20	2,236067977	**83,33%**
Videomonitoramento	6,00	0,447213595	16,67%
	TOTAL =	2,683281573	100,00%

Tabela 22 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC6 e SC7).
(continuação)

M3 – Subcritérios 6-7	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Muralha digital	1,20	2,236067977	**83,33%**
Videomonitoramento	6,00	0,447213595	16,67%
	TOTAL =	2,683281573	100,00%
M4 – Subcritérios 6-7	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Muralha digital	2,00	1,00	**50,00%**
Videomonitoramento	2,00	1,00	**50,00%**
	TOTAL =	2,00	100,00%
M5 – Subcritérios 6-7	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Muralha digital	1,20	2,236067977	**83,33%**
Videomonitoramento	6,00	0,447213595	16,67%
	TOTAL =	2,683281573	100,00%
M6 – Subcritérios 6-7	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Muralha digital	1,33	1,732050808	**75,00%**
Videomonitoramento	4,00	0,577350269	25,00%
	TOTAL =	2,309401077	100,00%
M7 – Subcritérios 6-7	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Muralha digital	2,00	1,00	**50,00%**
Videomonitoramento	2,00	1,00	**50,00%**
	TOTAL =	2,00	100,00%
M8 – Subcritérios 6-7	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Muralha digital	2,00	1,00	**50,00%**
Videomonitoramento	2,00	1,00	**50,00%**
	TOTAL =	2,00	100,00%
M9 – Subcritérios 6-7	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Muralha digital	2,00	1,00	**50,00%**
Videomonitoramento	2,00	1,00	**50,00%**
	TOTAL =	2,00	100,00%

Tabela 22 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC6 e SC7).
(conclusão)

M10 – Subcritérios 6-7	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Muralha digital	1,20	2,236067977	**83,33%**
Videomonitoramento	6,00	0,447213595	16,67%
	TOTAL =	2,683281573	100,00%
M11 – Subcritérios 6-7	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Muralha digital	2,00	1,00	**50,00%**
Videomonitoramento	2,00	1,00	**50,00%**
	TOTAL =	2,00	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 23 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para M_n (SC6 e SC7).

λ_{max}	**IR**	**IC**	**RC**
2,0000	0	0,0000	0,0000

Fonte: Próprio autor (2024).

Pareado SC6 e SC7 $\begin{bmatrix} 1 & 2{,}192 \\ 0{,}456 & 1 \end{bmatrix}$

Tabela 24 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para SC6 e SC7.

Subcritério	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Muralha digital	1,46	1,480676	**68,68%**
Videomonitoramento	3,19	0,675367	31,32%
	TOTAL =	2,156043	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 25 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para SC6 e SC7.

λ_{max}	**IR**	**IC**	**RC**
2,0000	0	0,0000	0,0000

Fonte: Próprio autor (2024).

(M1) SC8 – SC9 – SC10 $\begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ **(M2) SC8 – SC9 – SC10** $\begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

(M3) SC8 – SC9 – SC10 $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/5 \\ 1 & 1 & 1/3 \\ 5 & 3 & 1 \end{bmatrix}$ **(M4) SC8 – SC9 – SC10** $\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$

(M5) SC8 – SC9 – SC10 $\begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ **(M6) SC8 – SC9 – SC10** $\begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

(M7) SC8 – SC9 – SC10 $\begin{bmatrix} 1 & 5 & 1 \\ 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1 & 3 & 1 \end{bmatrix}$ **(M8) SC8 – SC9 – SC10** $\begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 3 & 1 \end{bmatrix}$

(M9) SC8 – SC9 – SC10 $\begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 3 & 1 \end{bmatrix}$ **(M10) SC3 - SC4 - SC5** $\begin{bmatrix} 1 & 3 & 1/3 \\ 1/3 & 1 & 1/5 \\ 3 & 5 & 1 \end{bmatrix}$

(M11) SC8 – SC9 – SC10 $\begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 1/3 & 1 & 1/3 \\ 1/2 & 3 & 1 \end{bmatrix}$

Tabela 26 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC8, SC9 e SC10).
(continua)

M1 – Subcritérios 8-9-10	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Gestão da mobilidade	1,67	2,080083823	**60,00%**
Estações de carga veículos elétricos	5,00	0,693361274	20,00%
Conectividade à internet	5,00	0,693361274	20,00%
	TOTAL =	3,466806372	100,00%
M2 – Subcritérios 8-9-10	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Gestão da mobilidade	1,67	2,080083823	**60,00%**
Estações de carga veículos elétricos	5,00	0,693361274	20,00%
Conectividade à internet	5,00	0,693361274	20,00%
	TOTAL =	3,466806372	100,00%
M3 – Subcritérios 8-9-10	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Gestão da mobilidade	7,00	0,584803548	15,62%
Estações de carga veículos elétricos	5,00	0,693361274	18,52%
Conectividade à internet	1,53	2,466212074	**65,86%**
	TOTAL =	3,744376896	100,00%

Tabela 26 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC8, SC9 e SC10).
(continuação)

M4 – Subcritérios 8-9-10	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Gestão da mobilidade	1,53	2,466212074	**63,70%**
Estações de carga veículos elétricos	4,33	1,00	25,83%
Conectividade à internet	9,00	0,405480133	10,47%
	TOTAL =	3,871692207	100,00%
M5 – Subcritérios 8-9-10	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Gestão da mobilidade	1,53	2,466212074	**65,86%**
Estações de carga veículos elétricos	7,00	0,584803548	15,62%
Conectividade à internet	5,00	0,693361274	18,52%
	TOTAL =	3,744376896	100,00%
M6 – Subcritérios 8-9-10	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Gestão da mobilidade	1,53	2,466212074	**65,86%**
Estações de carga veículos elétricos	7,00	0,584803548	15,62%
Conectividade à internet	5,00	0,693361274	18,52%
	TOTAL =	3,744376896	100,00%
M7 – Subcritérios 8-9-10	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Gestão da mobilidade	2,20	1,709975947	**48,06%**
Estações de carga veículos elétricos	9,00	0,405480133	11,40%
Conectividade à internet	2,33	1,44224957	40,54%
	TOTAL =	3,55770565	100,00%
M8 – Subcritérios 8-9-10	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Gestão da mobilidade	1,53	2,466212074	**63,70%**
Estações de carga veículos elétricos	9,00	0,405480133	10,47%
Conectividade à internet	4,33	1,00	25,83%
	TOTAL =	3,871692207	100,00%
M9 – Subcritérios 8-9-10	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Gestão da mobilidade	1,53	2,466212074	**63,70%**
Estações de carga veículos elétricos	9,00	0,405480133	10,47%
Conectividade à internet	4,33	1,00	25,83%
	TOTAL =	3,871692207	100,00%

Tabela 26 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC8, SC9 e SC10). (conclusão)

M10 – Subcritérios 8-9-10	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Gestão da mobilidade	4,33	1	25,83%
Estações de carga veículos elétricos	9,00	0,405480133	10,47%
Conectividade à internet	1,53	2,466212074	**63,70%**
	TOTAL =	3,871692207	100,00%
M11 – Subcritérios 8-9-10	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Gestão da mobilidade	1,83	1,817120593	**52,78%**
Estações de carga veículos elétricos	7,00	0,480749857	13,96%
Conectividade à internet	3,33	1,144714243	33,25%
	TOTAL =	3,442584692	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 27 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para M_n (SC8, SC9 e SC10).

Município	λ_{max}	**IR**	**IC**	**RC**
M1	3,0000	0,58	0,0000	0,0000
M2	3,0000	0,58	0,0000	0,0000
M3	3,0291	0,58	0,0145	0,025
M4	3,0385	0,58	0,0193	0,033
M5	3,0291	0,58	0,0145	0,025
M6	3,0291	0,58	0,0145	0,025
M7	3,0291	0,58	0,0145	0,025
M8	3,0385	0,58	0,0193	0,033
M9	3,0385	0,58	0,0193	0,033
M10	3,0385	0,58	0,0193	0,033
M11	3,0536	0,58	0,0268	0,046

Fonte: Próprio autor (2024).

$$\textbf{Pareado SC8-SC9-SC10}\begin{bmatrix} 1 & 3{,}424 & 1{,}755 \\ 0{,}292 & 1 & 0{,}579 \\ 0{,}570 & 1{,}726 & 1 \end{bmatrix}$$

Tabela 28 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para SC8, SC9 e SC10.

Subcritério	Soma dos pesos de cada coluna	Autovetor (AV)	Autovetor normalizado (AVN)
Gestão da mobilidade	1,86	1,818063	**54,02%**
Estações de carga veículos elétricos	6,15	0,553083	16,43%
Conectividade à internet	3,33	0,994490	29,55%
	TOTAL =	3,365636	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 29 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para SC8, SC9 e SC10.

λ_{max}	IR	IC	RC
3,0017	0,58	0,0008	0,001

Fonte: Próprio autor (2024).

$$\textbf{(M1) SC11-SC12}\begin{bmatrix} 1 & 1/3 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}\quad \textbf{(M2) SC11-SC12}\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix}\quad \textbf{(M3) SC11-SC12}\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\textbf{(M4) SC11-SC12}\begin{bmatrix} 1 & 1/3 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}\quad \textbf{(M5) SC11-SC12}\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix}\quad \textbf{(M6) SC11-SC12}\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\textbf{(M7) SC11-SC12}\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}\quad \textbf{(M8) SC11-SC12}\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}\quad \textbf{(M9) SC11-SC12}\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\textbf{(M10) SC11-SC12}\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix}\quad \textbf{(M11) SC11-SC12}\begin{bmatrix} 1 & 1/5 \\ 5 & 1 \end{bmatrix}$$

Tabela 30 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC11 e SC12).

(continua)

M1 – Subcritérios 11-12	Soma dos pesos de cada coluna	Autovetor (AV)	Autovetor normalizado (AVN)
Fiscalização eletrônica	4,00	0,577350269	25,00%
Gestão semafórica	1,33	1,732050808	**75,00%**
	TOTAL =	2,309401077	100,00%
M2 – Subcritérios 11-12	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Fiscalização eletrônica	1,33	1,732050808	**75,00%**
Gestão semafórica	4,00	0,577350269	25,00%
	TOTAL =	2,309401077	100,00%

Tabela 30 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC11 e SC12).
(continuação)

M3 – Subcritérios 11-12	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Fiscalização eletrônica	1,20	2,236067977	**83,33%**
Gestão semafórica	6,00	0,447213595	16,67%
	TOTAL =	2,683281573	100,00%
M4 – Subcritérios 11-12	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Fiscalização eletrônica	4,00	0,577350269	25,00%
Gestão semafórica	1,33	1,732050808	75,00%
	TOTAL =	2,309401077	100,00%
M5 – Subcritérios 11-12	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Fiscalização eletrônica	1,20	2,236067977	**83,33%**
Gestão semafórica	6,00	0,447213595	16,67%
	TOTAL =	2,683281573	100,00%
M6 – Subcritérios 11-12	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Fiscalização eletrônica	1,20	2,236067977	**83,33%**
Gestão semafórica	6,00	0,447213595	16,67%
	TOTAL =	2,683281573	100,00%
M7 – Subcritérios 11-12	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Fiscalização eletrônica	2,00	1,00	**50,00%**
Gestão semafórica	2,00	1,00	**50,00%**
	TOTAL =	2,00	100,00%
M8 – Subcritérios 11-12	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Fiscalização eletrônica	2,00	1,00	**50,00%**
Gestão semafórica	2,00	1,00	**50,00%**
	TOTAL =	2,00	100,00%
M9 – Subcritérios 11-12	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Fiscalização eletrônica	2,00	1,00	**50,00%**
Gestão semafórica	2,00	1,00	**50,00%**
	TOTAL =	2,00	100,00%

Tabela 30 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (SC11 e SC12).
(conclusão)

M10 – Subcritérios 11-12	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Fiscalização eletrônica	1,33	1,732050808	**75,00%**
Gestão semafórica	4,00	0,577350269	25,00%
	TOTAL =	2,309401077	100,00%
M11 – Subcritérios 11-12	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Fiscalização eletrônica	6,00	0,447213595	16,67%
Gestão semafórica	1,20	2,236067977	**83,33%**
	TOTAL =	2,683281573	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 31 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para M_n (SC11 e SC12).

λ_{max}	**IR**	**IC**	**RC**
2,0000	0	0,0000	0,0000

Fonte: Próprio autor (2024).

Pareado SC11-SC12 $\begin{bmatrix} 1 & 1{,}340 \\ 0{,}746 & 1 \end{bmatrix}$

Tabela 32 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para SC11 e SC12.

Subcritério	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Fiscalização eletrônica	1,746	1,157558	**57,26%**
Gestão semafórica	2,340	0,863888	42,74%
	TOTAL =	2,021446	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Tabela 33 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para SC11 e SC12.

λ_{max}	**IR**	**IC**	**RC**
2,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fonte: Próprio autor (2024).

PESOS DAS VARIÁVEIS E COMPARAÇÃO – ALTERNATIVAS

O valor dos pesos das alternativas (A_n) é o mesmo para todos os municípios a depender da forma de contratação da solução, como exemplificado nas seguintes matrizes:

$$\textbf{SC1}\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 5 & 5 \\ 3 & 1 & 5 & 5 \\ 1/5 & 1/7 & 1 & 1 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{SC2}\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 3 & 3 \\ 3 & 1 & 7 & 5 \\ 1/3 & 1/7 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/5 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{SC3}\begin{bmatrix} 1 & 5 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 3 & 1/3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1/3 & 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\textbf{SC4}\begin{bmatrix} 1 & 9 & 7 & 3 \\ 1/9 & 1 & 1 & 1/5 \\ 1/7 & 1 & 1 & 1/5 \\ 1/3 & 5 & 5 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{SC5}\begin{bmatrix} 1 & 3 & 7 & 5 \\ 1/3 & 1 & 5 & 3 \\ 1/7 & 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1/5 & 1/3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{SC6}\begin{bmatrix} 1 & 5 & 7 & 3 \\ 1/5 & 1 & 5 & 1/3 \\ 1/7 & 1/5 & 1 & 1/5 \\ 1/3 & 3 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\textbf{SC7}\begin{bmatrix} 1 & 7 & 3 & 3 \\ 1/7 & 1 & 1/5 & 1/3 \\ 1/3 & 5 & 1 & 3 \\ 1/3 & 3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{SC8}\begin{bmatrix} 1 & 5 & 7 & 3 \\ 1/5 & 1 & 3 & 1/3 \\ 1/7 & 1/3 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{SC9}\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 & 3 \\ 3 & 1 & 1/3 & 3 \\ 5 & 3 & 1 & 5 \\ 1/3 & 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\textbf{SC10}\begin{bmatrix} 1 & 5 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1/5 & 3 \\ 1 & 5 & 1 & 5 \\ 1/3 & 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{SC11}\begin{bmatrix} 1 & 5 & 7 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1 & 1/3 \\ 1/7 & 1 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{SC12}\begin{bmatrix} 1 & 5 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1 & 1/3 \\ 1/5 & 1 & 1 & 1/5 \\ 1/3 & 3 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

A Tabela 34 apresenta os valores pareados das prioridades após a aplicação do cálculo.

Tabela 34 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (alternativas).

(continua)

M_n – Subcritério 1	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Licitação pública	4,40	1,699044245	29,51%
Recursos da iniciativa privada	1,68	3,201085873	**55,59%**
Parceria Público-Privada	14,00	0,411133617	7,14%
Recursos federais ou estaduais	12,00	0,447213595	7,77%
	TOTAL =	5,76	100,00%
M_n – Subcritério 2	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Licitação pública	4,67	1,316074013	23,96%
Recursos da iniciativa privada	1,68	3,201085873	**58,28%**
Parceria Público-Privada	12,00	0,467137978	8,51%
Recursos federais ou estaduais	10,00	0,508132748	9,25%
	TOTAL =	5,49	100,00%

Tabela 34 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (alternativas).
(continuação)

M_n – Subcritério 3	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Licitação pública	1,73	2,942830956	**57,48%**
Recursos da iniciativa privada	9,33	0,668740305	13,06%
Parceria Público-Privada	10,00	0,508132748	9,93%
Recursos federais ou estaduais	5,33	1,00	19,53%
	TOTAL =	5,12	100,00%
M_n – Subcritério 4	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Licitação pública	1,59	3,707792751	**59,76%**
Recursos da iniciativa privada	16,00	0,386097395	6,22%
Parceria Público-Privada	14,00	0,411133617	6,63%
Recursos federais ou estaduais	4,40	1,699044245	27,39%
	TOTAL =	6,20	100,00%
M_n – Subcritério 5	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Licitação pública	1,68	3,201085873	**56,38%**
Recursos da iniciativa privada	4,53	1,495348781	26,34%
Parceria Público-Privada	16,00	0,312393994	5,50%
Recursos federais ou estaduais	9,33	0,668740305	11,78%
	TOTAL =	5,68	100,00%
M_n – Subcritério 6	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Licitação pública	1,68	3,201085873	**55,85%**
Recursos da iniciativa privada	9,20	0,759835686	13,26%
Parceria Público-Privada	18,00	0,27494162	4,80%
Recursos federais ou estaduais	4,53	1,495348781	26,09%
	TOTAL =	5,73	100,00%
M_n – Subcritério 7	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Licitação pública	1,81	2,817313247	**52,32%**
Recursos da iniciativa privada	16,00	0,312393994	5,80%
Parceria Público-Privada	4,53	1,495348781	27,77%
Recursos federais ou estaduais	7,33	0,759835686	14,11%
	TOTAL =	5,38	100,00%

Tabela 34 – Cálculo do autovetor e autovetor normalizado para M_n (alternativas).
(conclusão)

M_n – Subcritério 8	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Licitação pública	1,68	3,201085873	**57,77%**
Recursos da iniciativa privada	9,33	0,668740305	12,07%
Parceria Público-Privada	14,00	0,354948106	6,41%
Recursos federais ou estaduais	4,67	1,316074013	23,75%
	TOTAL =	5,54	100,00%
M_n – Subcritério 9	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Licitação pública	9,33	0,668740305	12,59%
Recursos da iniciativa privada	4,67	1,316074013	24,77%
Parceria Público-Privada	1,73	2,942830956	**55,38%**
Recursos federais ou estaduais	12,00	0,386097395	7,27%
	TOTAL =	5,31	100,00%
M_n – Subcritério 10	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Licitação pública	2,53	1,967989671	38,00%
Recursos da iniciativa privada	11,33	0,588566191	11,37%
Parceria Público-Privada	2,40	2,236067977	**43,18%**
Recursos federais ou estaduais	12,00	0,386097395	7,46%
	TOTAL =	5,18	100,00%
M_n – Subcritério 11	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Licitação pública	1,68	3,201085873	**58,28%**
Recursos da iniciativa privada	10,00	0,508132748	9,25%
Parceria Público-Privada	12,00	0,467137978	8,51%
Recursos federais ou estaduais	4,67	1,316074013	23,96%
	TOTAL =	5,49	100,00%
M_n – Subcritério 12	**Soma dos pesos de cada coluna**	**Autovetor (AV)**	**Autovetor normalizado (AVN)**
Licitação pública	1,73	2,942830956	**54,56%**
Recursos da iniciativa privada	10,00	0,508132748	9,42%
Parceria Público-Privada	12,00	0,447213595	8,29%
Recursos federais ou estaduais	4,53	1,495348781	27,72%
	TOTAL =	5,39	100,00%

Fonte: Próprio autor (2024).

Neste caso, os valores pareados de cada alternativa são os mesmos que os agora apresentados na Tabela 34.

Os valores do λ_{max}, *IR*, *IC* e *RC* são apresentados na Tabela 35.

Tabela 35 – Cálculo do autovalor máximo, *IR*, *IC* e *RC* para SC_n (alternativas).

Pareado Subcritério	**λ_{max}**	**IR**	**IC**	**RC**
SC1	4,1615	0,9	0,0538	0,060
SC2	4,0409	0,9	0,0136	0,015
SC3	4,2497	0,9	0,0832	0,092
SC4	4,0771	0,9	0,0257	0,029
SC5	4,1187	0,9	0,0396	0,044
SC6	4,2022	0,9	0,0674	0,075
SC7	4,1686	0,9	0,0562	0,062
SC8	4,1001	0,9	0,0334	0,037
SC9	4,1623	0,9	0,0541	0,060
SC10	4,1817	0,9	0,0606	0,067
SC11	4,0409	0,9	0,0136	0,015
SC12	4,1397	0,9	0,0466	0,052

Fonte: Próprio autor (2024).