



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DÉBORA GONÇALVES VASCONCELOS

MÉTODOS MULTICRITÉRIOS PARA APOIAR A DEFINIÇÃO DE INTERVENÇÕES E  
POLÍTICAS PÚBLICAS DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL EM OCUPAÇÕES URBANAS  
EM MORROS

Recife

2020

DÉBORA GONÇALVES VASCONCELOS

MÉTODOS MULTICRITÉRIOS PARA APOIAR A DEFINIÇÃO DE INTERVENÇÕES E  
POLÍTICAS PÚBLICAS DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL EM OCUPAÇÕES URBANAS  
EM MORROS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Transporte e Gestão das Infraestruturas Urbanas

Orientador: Prof. Dr. Maurício Oliveira de Andrade.

Recife

2020

Catálogo na fonte  
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

V331m Vasconcelos, Débora Gonçalves.  
Métodos multicritérios para apoiar a definição de intervenções e políticas públicas de mobilidade sustentável em ocupações urbanas em morros / Débora Gonçalves Vasconcelos – Recife, 2020.  
411 f.: fig., tabs., abrev. e siglas.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Oliveira de Andrade.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2020.  
Inclui referências e apêndices.

1. Engenharia Civil. 2. Métodos multicritério. 3. Transporte e uso do solo.  
4. Mobilidade urbana. 5. Morros. I. Andrade, Maurício Oliveira de (Orientador).  
II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG / 2020-201

**DÉBORA GONÇALVES VASCONCELOS**

**MÉTODOS MULTICRITÉRIOS PARA APOIAR A DEFINIÇÃO DE INTERVENÇÕES  
E POLÍTICAS PÚBLICAS DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL EM OCUPAÇÕES  
URBANAS EM MORROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil

Aprovada em 22/06/2020

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lílian dos Santos Fontes Pereira Bracarense (examinadora externa)  
Universidade Federal do Tocantins  
Participação por videoconferência

---

Prof. Dr. Enilson Medeiros dos Santos (examinador interno)  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Participação por videoconferência

---

Prof. Dr. Leonardo Herszon Meira (examinador interno)  
Universidade Federal de Pernambuco  
Participação por videoconferência

Para meus pais, familiares, e meu companheiro, por  
toda a paciência e apoio.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo conforto nas horas difíceis e pelo dom da sabedoria para concluir este trabalho.

À minha família pela constante presença e forte apoio.

Ao Prof. Maurício Oliveira de Andrade, pela orientação presente e dedicada, com todo apoio teórico e metodológico.

Aos professores membros do departamento de Transportes e Gestão das Infraestruturas Urbanas da UFPE, que tanto me apoiaram nesta caminhada, desde a passagem dos conteúdos básicos, até o fornecimento de materiais valiosos para a conclusão desta dissertação.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) por financiar essa pesquisa.

Aos colegas do mestrado e os colegas já em doutorado pelo companheirismo e pela colaboração.

"A mais alta das torres começa no solo"  
(Provérbio chinês)

## RESUMO

No desenvolvimento das cidades, nem sempre todo o crescimento é feito de forma bem ordenada e dotado de infraestrutura necessária. Somado a isso, deveres apontados pela legislação pressionam os gestores a fazerem intervenções nessa área de forma a melhorar a vida da população. Contudo, as condições locais nem sempre contribuem para que tais intervenções sejam de fácil escolha, requerendo a análise de diferentes aspectos. Esse trabalho visa auxiliar os gestores na tomada de decisão quanto à implantação de infraestruturas e projetos que venham a auxiliar a condição de vida dos moradores. Nesse caso em específico, melhorar a questão da mobilidade para a população residente nas áreas de morro do Recife. Foram estudadas as condições que levaram a formação do problema, e o estado atual da população local. Também estudaram-se diferentes abordagens possíveis de serem adotadas nas condições estudadas e então as diferentes metodologias multicritério que poderiam auxiliar os gestores na tomada de decisão entre tais abordagens. Foram realizados então 2 questionários: um para a obtenção de critérios necessários para avaliação de possíveis intervenções a serem implementadas em tais regiões, que seriam comparados a critérios obtidos a partir da literatura; e então um segundo questionário visando a avaliação de 3 possíveis soluções sob os critérios selecionados, além da obtenção da hierarquia entre tais critérios. Como resultados, observou-se que os critérios locais assemelham-se aos obtidos na literatura, mas com intensidade de importância diferenciada devido as condições locais e em relação aos grupos entrevistados (gestores e pesquisadores): embora ambos apontam as questões econômicas com maior peso, para segunda posição um grupo avalia maior preferência a análise de questões sociais quase em mesmo peso que o econômico (pesquisadores), e outro avalia com mais peso as questões infraestruturais (gestores). Para a avaliação das soluções, concorda-se que a solução mais avançada tecnologicamente (Solução 3) beneficiaria mais a população de acordo com os critérios, embora apresente dificuldades relativas à questão econômica e de gestão. Quanto as demais soluções, enquanto um grupo (pesquisadores) identifica a solução intermediária como segunda mais apropriada, outro grupo a avalia como muito próxima a solução mais básica, de forma que a depender da metodologia utilizada, resultados diferentes se observam. Assim, vê-se que diferentes metodologias permitem abordar o problema sob formas diferenciadas, o que reflete em sua complexidade de aplicação e avaliação das soluções obtidas. Conclui-se que métodos de mais simples aplicação, como o GAM ou o SMARTER, podem permitir uma avaliação preliminar

adequada, mas preferencialmente sendo acompanhados de uma posterior análise mais robusta com método Macbeth ou ELECTRE II.

Palavras-chave: Métodos multicritério. Transporte e uso do solo. Mobilidade urbana. Morros.

## ABSTRACT

Not all growth is done in a well-ordered manner and with the necessary infrastructure in the development of cities. In addition, responsibilities pointed out by the legislation create pressure over managers to make interventions in these areas in order to improve the population's well-being. However, local conditions do not always contribute to choose and make such interventions easily implemented, requiring the analysis of different aspects. This work aims to assist managers in making decisions regarding the implementation of projects that will help the living conditions of the residents, in this specific case, improve the mobility for the population living in hills areas of Recife. The conditions that led to the formation of the problem and the current state of the local population were studied. We also analysed different approaches that could be adopted under the conditions studied, and then the different multicriteria methodology that could assist managers in the decision making. Two questionnaires were then carried out: the first one to obtain the necessary criteria for the evaluation of possible interventions to be implemented in such regions, which would be compared to the criteria obtained from the literature; and then a second questionnaire to evaluate three possible solutions under the selected criteria, in addition to obtaining the hierarchy between those criteria. It was possible to observe that the local criteria obtained are similar to those obtained in the literature, but with different intensity of importance due to local conditions. In relation to the groups studied, although both pointed the economic issues with greater weight, for second position one group (researchers) evaluated a preference for the analysis of social factors almost at the same weight as the economic one, while another group (managers) evaluated infrastructure factors more strongly. In regard to the evaluation of the solutions, both groups agreed that the most technologically advanced solution (Solution 3) would benefit the population more according to the criteria chosen, although it presents difficulties regarding the economic and management points. As for the other solutions, while one group (researchers) identifies the intermediate solution as the second most appropriate, another group (managers) evaluates it as very close to the most basic solution, so that depending on the methodology used, different results were observed. Thus, we can perceive different methodologies allow approaching the problem in different ways, which reflects in its complexity of application and evaluation of the solutions obtained. It is concluded that methods of simpler application, such as GAM or SMARTER, can allow an adequate

preliminary assessment, but preferably being accompanied by a more robust later analysis with Macbeth or ELECTRE II method.

Keywords: Multicriteria methods. Land use and transport. Urban mobility. Hills.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mocambos em Recife-PE. ....	33
Figura 2 - Morro de Recife-PE. ....	36
Figura 3 - Esquema proposto para mobilidade no Recife pelo Plano Municipal de Transporte e Mobilidade com respeito aos morros (2011).....	37
Figura 4 - Mapa geral de Recife.....	39
Figura 5 - Revelo do Recife.....	41
Figura 6 - Taxa de crescimento anual (%) versus densidade demográfica (hab/ha) da população residente em áreas de morro do Recife.....	43
Figura 7 - Área considerada para aplicação da metodologia.....	45
Figura 8 - Etapas de elaboração de um projeto. ....	53
Figura 9 - Escadaria da zona norte do Recife.....	55
Figura 10 - Escadarias em Medellín, Colômbia.....	56
Figura 11 - Teleférico do Complexo do Alemão.....	58
Figura 12 - Plano inclinado Gonçalves, Salvador-BA. ....	59
Figura 13 - Elevador Lacerda, Salvador-BA.....	60
Figura 14 - Fluxograma da pesquisa.....	120
Figura 15 - Resultados Orange Canvas para as entrevistas com gestores.....	125
Figura 16 - Resultados Orange Canvas para questionários com pesquisadores.....	128
Figura 17 - Resultados Orange Canvas para questionários com a população.....	130
Figura 18 - Resultados Orange Canvas para questionários de todos os grupos de interesse.....	132
Figura 19 - <i>Word cloud</i> resultado da análise de indicadores/índices de mobilidade sustentável vindos da literatura.....	147
Figura 20 - Avaliações qualitativas fornecidas pelos gestores para os julgamentos dos pesos e seus valores calculados pelo programa M-MACBETH*.....	206
Figura 21 - Avaliação de notas dos gestores para os critérios secundários.....	209
Figura 22 - Árvore de decisão com valores dos pesos obtidos no MACBETH para os gestores.....	213
Figura 23 - Termômetro dos resultados.....	214
Figura 24 - Tabela das ordenações obtidas pelos gestores.....	215
Figura 25 - Comparação entre os perfis das soluções obtidas pelos gestores.....	216

Figura 26 - Avaliações qualitativas fornecidas para os julgamentos dos pesos pelos pesquisadores e seus valores calculados pelo programa M-MACBETH .....	218
Figura 27 - Avaliações qualitativas fornecidas para os julgamentos dos pesos pelos pesquisadores e seus valores calculados pelo programa M-MACBETH .....	220
Figura 28 - Árvore de decisão com valores dos pesos obtidos no MACBETH para os pesquisadores .....	224
Figura 29 - Termômetro dos resultados dos pesquisadores.....	225
Figura 30 - Tabela das ordenações obtidas pelos pesquisadores.....	226
Figura 31 - Comparação entre os perfis das soluções pelos pesquisadores.....	227
Figura 32 - Avaliação de notas para os critérios secundários pelo conjunto das respostas.....	230
Figura 33 - Árvore de decisão com valores dos pesos obtidos no MACBETH para o conjunto das respostas .....	234
Figura 34 - Termômetro dos resultados do conjunto das respostas.....	235
Figura 35 - Tabela das ordenações obtidas pelo conjunto das respostas.....	236
Figura 36 - Comparação entre os perfis das soluções pelo conjunto das respostas.....	236

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados socioeconômicos dos bairros das regiões de morro do Recife.....	42
Tabela 2 - Critérios gerais para o PROMETHEE (Adaptado de Brans e Mareschal, 2002).....	90
Tabela 3 - Características do método de preferência declarada .....	100
Tabela 4 - Resumo das metodologias de análise e possibilidades de aplicação.....	110
Tabela 5 - Critérios e índices para avaliação de planos e política de mobilidade e transporte sustentável.....	137
Tabela 6 - Critérios usados no estudo e suas origens .....	149
Tabela 7 - Resultado de ponderação dos critérios pelo AHP .....	154
Tabela 8 - Resultado da ponderação dos critérios secundários econômicos pelo AHP .....	154
Tabela 9 - Resultado da ponderação dos critérios secundários sociais pelo AHP .....	154
Tabela 10 - Resultado da ponderação dos critérios secundários institucionais pelo AHP .....	155
Tabela 11 - Resultado da ponderação dos critérios secundários infraestruturais pelo AHP .....	155
Tabela 12 - Resultado da ponderação dos critérios secundários ambientais pelo AHP .....	155
Tabela 13 - Resultado da avaliação final das soluções propostas pelo AHP .....	156
Tabela 14 - Matriz de avaliação média de sub-objetivos para o método GAM pelos gestores...	161
Tabela 15 - Matriz de avaliação dos objetivos para o método GAM pelos gestores .....	162
Tabela 16 - Matriz resultado para o método GAM pelos gestores.....	162
Tabela 17 - Matriz de avaliação média de sub-objetivos para o método GAM pelos pesquisadores.....	163
Tabela 18 - Matriz de avaliação dos objetivos para o método GAM pelos pesquisadores .....	164
Tabela 19 - Matriz resultado para o método GAM pelos pesquisadores.....	164
Tabela 20 - Matriz de avaliação média de sub-objetivos para o método GAM pelo conjunto das entrevistas .....	165
Tabela 21 - Matriz de avaliação dos objetivos para o método GAM pelo conjunto das entrevistas .....	166
Tabela 22 - Matriz resultado para o método GAM pelo conjunto das entrevistas .....	166
Tabela 23 - Resultado dos pesos para os critérios principais pelo método SMARTER (análise 1).....	168

Tabela 24 - Resultado dos pesos para os critérios secundários econômicos pelo método SMARTER (análise 1).....	168
Tabela 25 - Resultado dos pesos para os critérios secundários sociais pelo método SMARTER (análise 1).....	169
Tabela 26 - Resultado dos pesos para os critérios secundários institucionais pelo método SMARTER (análise 1).....	169
Tabela 27 - Resultado dos pesos para os critérios secundários infraestruturais pelo método SMARTER (análise 1).....	169
Tabela 28 - Resultado dos pesos para os critérios secundários ambientais pelo método SMARTER (análise 1).....	170
Tabela 29 - Resultado da avaliação final das soluções propostas pelo SMARTER (análise 1)..	170
Tabela 30 - Resultado dos pesos para os critérios secundários econômicos pelo método SMARTER (análise 2).....	170
Tabela 31 - Resultado dos pesos para os critérios secundários sociais pelo método SMARTER (análise 2).....	171
Tabela 32 - Resultado dos pesos para os critérios secundários institucionais pelo método SMARTER (análise 2).....	171
Tabela 33 - Resultado dos pesos para os critérios secundários infraestruturais pelo método SMARTER (análise 2).....	171
Tabela 34 - Resultado dos pesos para os critérios secundários ambientais pelo método SMARTER (análise 2).....	172
Tabela 35 - Resultado da avaliação final das soluções propostas pelo SMARTER (análise 2)..	172
Tabela 36 - Pesos dos critérios com base nas avaliações (análise 1) .....	175
Tabela 37 - Valores obtidos de proximidade relativa (análise 1) .....	176
Tabela 38 - Valores obtidos de proximidade relativa (análise 2).....	176
Tabela 39 - Matriz F dos gestores .....	178
Tabela 40 - Matriz $\pi$ para os gestores.....	178
Tabela 41 - Fluxo líquido das soluções para os gestores.....	179
Tabela 42 - Matriz F dos pesquisadores .....	180
Tabela 43 - Matriz $\pi$ para os pesquisadores .....	180
Tabela 44 - Fluxo líquido das soluções para os pesquisadores .....	181

Tabela 45 - Matriz F do conjunto .....	181
Tabela 46 - Matriz $\pi$ para o conjunto .....	182
Tabela 47 - Fluxo líquido das soluções para o conjunto .....	182
Tabela 48 - Resultados relativos a matriz de concordância e limites p para os gestores .....	183
Tabela 49 - Resultados relativos à matriz de discordância e limites q para os gestores .....	185
Tabela 50 - Resultados de concordância forte para os gestores .....	187
Tabela 51 - Resultados de concordância fraca para os gestores.....	187
Tabela 52 - Resultados de discordância forte para os gestores .....	187
Tabela 53 - Resultados de discordância fraca para os gestores .....	187
Tabela 54 - Resultados de sobreclassificação fraca para os gestores .....	189
Tabela 55 - Resultados de sobreclassificação forte para os gestores .....	189
Tabela 56 - <i>Rankings</i> para os gestores.....	190
Tabela 57 - Resultados relativos à matriz de concordância e limites p para os pesquisadores ...	191
Tabela 58 - Resultados relativos à matriz de discordância e limites q para os pesquisadores ....	193
Tabela 59 - Resultados de concordância forte para os pesquisadores .....	195
Tabela 60 - Resultados de concordância fraca para os pesquisadores .....	195
Tabela 61 - Resultados de discordância forte para os pesquisadores .....	195
Tabela 62 - Resultados de discordância fraca para os pesquisadores.....	196
Tabela 63 - Resultados de sobreclassificação fraca para os pesquisadores.....	196
Tabela 64 - Resultados de sobreclassificação forte para os pesquisadores .....	196
Tabela 65 - <i>Rankings</i> para os pesquisadores .....	197
Tabela 66 - Resultados relativos à matriz de concordância e limites p para o conjunto .....	198
Tabela 67 - Resultados relativos à matriz de discordância e limites q para o conjunto .....	199
Tabela 68 - Resultados de concordância forte para o conjunto.....	201
Tabela 69 - Resultados de concordância fraca para o conjunto .....	201
Tabela 70 - Resultados de discordância forte para o conjunto .....	202
Tabela 71 - Resultados de discordância fraca para o conjunto.....	202
Tabela 72 - Resultados de sobreclassificação fraca para o conjunto.....	202
Tabela 73 - Resultados de sobreclassificação forte para o conjunto .....	203
Tabela 74 - <i>Rankings</i> para o conjunto .....	203

Tabela 75 - Intervalos usados nas avaliações qualitativas das avaliações paritárias para método MACBETH.....	205
Tabela 76 - Intervalos usados nas avaliações qualitativas das avaliações das soluções para método MACBETH.....	205
Tabela 77 - Resumo dos resultados obtidos por metodologia para gestores* .....	238
Tabela 78 - Resumo dos resultados obtidos por metodologia para pesquisadores* .....	239
Tabela 79 - Resumo dos resultados obtidos por metodologia para o conjunto das respostas* ...	240

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GEIPOT	Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SEI	Sistema Estrutural Integrado
RMR	Região Metropolitana do Recife
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
GAM	<i>Goal Achievement Matrix</i>
SMARTS	<i>Simple Multi-Attribute Rating Technique</i>
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>
ELECTRE	<i>Elimination Et Choix Traduisant la Réalité</i>
TOPSIS	<i>Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	22
1.1	JUSTIFICATIVA.....	29
1.2	OBJETIVO GERAL.....	29
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	30
1.4	ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	30
<b>2</b>	<b>CONDIÇÕES TERRITORIAIS, ECONÔMICAS E SOCIAIS DO LOCAL DE ESTUDO</b> .....	32
2.1	OCUPAÇÃO TERRITORIAL E DESENVOLVIMENTO DOS TRANSPORTES NO RECIFE .....	32
2.2	CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS E SOCIAIS DAS REGIÕES DE MORRO NO RECIFE .....	39
2.3	ESCOLHA DO LOCAL PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO.....	44
2.4	AS RESPONSABILIDADES DO PODER PÚBLICO .....	46
<b>3</b>	<b>ALTERNATIVAS DE MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE PARA OS ASSENTAMENTOS URBANOS EM MORROS</b> .....	51
3.1	ESCADARIAS.....	54
3.2	TELEFÉRICOS.....	56
3.3	PLANOS INCLINADOS.....	58
3.4	ELEVADORES.....	59
3.5	SOLUÇÕES PARA APLICAÇÃO.....	60
<b>4</b>	<b>MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS</b> .....	63
4.1	ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) .....	68
4.2	MATRIZ DE OBJETIVOS .....	70
4.3	FAMÍLIA ELECTRE.....	71
<b>4.3.1</b>	<b>Electre I</b> .....	72
<b>4.3.2</b>	<b>Electre II</b> .....	73
<b>4.3.3</b>	<b>Electre III</b> .....	75
<b>4.3.4</b>	<b>Electre IV</b> .....	77

4.3.5	<b>Electre IS</b> .....	77
4.3.6	<b>Electre TRI</b> .....	78
4.4	TEORIA DA UTILIDADE MULTIATRIBUTO .....	80
4.5	SMARTS E SMARTER.....	83
4.6	<i>EVEN SWAPS</i> .....	85
4.7	MACBETH .....	86
4.8	LEXOGRÁFICO.....	87
4.9	BORDA .....	88
4.10	CONDORCET.....	88
4.11	FAMÍLIA PROMETHEE .....	89
4.11.1	<b>Promethee I</b> .....	91
4.11.2	<b>Promethee II</b> .....	91
4.11.3	<b>Outros métodos da família PROMETHEE</b> .....	92
4.12	TOPSIS.....	93
4.13	OUTROS MÉTODOS QUALITATIVOS .....	96
4.13.1	<b>Metodologia Delphi e painel de especialistas</b> .....	96
4.13.2	<b>Cenários</b> .....	97
4.13.3	<b>Analogia histórica</b> .....	98
4.13.4	<b>Análise de impacto cruzado</b> .....	98
4.13.5	<b>Pesquisa de preferência declarada</b> .....	99
4.13.6	<b>Modelo aditivo com veto</b> .....	100
4.13.7	<b>Agregação por produto ponderado</b> .....	101
4.13.8	<b>Programação matemática e métodos interativos</b> .....	102
4.13.9	<b>Modelo TATIC</b> .....	103
4.13.10	<b>Problemática de Portfólio</b> .....	103
4.13.11	<i>Brainstorming</i> .....	105
4.13.12	<b>Matriz de prioridade</b> .....	106
4.13.13	<b>Diagrama de espinha de peixe</b> .....	106
4.13.14	<b>Diagrama da árvore</b> .....	107
4.13.15	<b>Mapas cognitivos</b> .....	108
4.14	ESCOLHA DOS MÉTODOS DE ANÁLISE.....	109

<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	120
5.1	ESCOLHA DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO .....	121
5.2	APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO .....	124
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	125
6.1	OBTENÇÃO DE CRITÉRIOS .....	125
<b>6.1.1</b>	<b>Análise da pesquisa com os stakeholders</b> .....	125
<b>6.1.2</b>	<b>Indicadores e critérios de análise revisados na literatura</b> .....	136
<b>6.1.3</b>	<b>Seleção de critérios para metodologia multicritério</b> .....	148
6.2	RESULTADOS DAS PESQUISAS.....	152
<b>6.2.1</b>	<b>Resultados AHP</b> .....	153
<b>6.2.2</b>	<b>Resultados do GAM</b> .....	160
6.2.2.1	Resultados para os gestores .....	160
6.2.2.2	Resultados para os pesquisadores.....	163
6.2.2.3	Resultados para o conjunto das respostas.....	165
<b>6.2.3</b>	<b>Resultados do SMARTER</b> .....	167
<b>6.2.4</b>	<b>Resultados TOPSIS</b> .....	174
<b>6.2.5</b>	<b>Resultados PROMETHEE II</b> .....	177
6.2.5.1	Respostas dos gestores .....	177
6.2.5.2	Respostas dos pesquisadores .....	179
6.2.5.3	Respostas do conjunto .....	181
<b>6.2.6</b>	<b>Resultados ELECTRE II</b> .....	182
6.2.6.1	Respostas dos gestores .....	183
6.2.6.2	Respostas dos pesquisadores .....	191
6.2.6.3	Respostas do conjunto .....	198
<b>6.2.7</b>	<b>Resultados do MACBETH</b> .....	204
6.2.7.1	Respostas dos gestores .....	206
6.2.7.2	Respostas dos pesquisadores .....	217
6.2.7.3	Respostas do conjunto das respostas .....	229
<b>6.2.8</b>	<b>Análise comparativa entre os resultados dos diversos métodos aplicados</b> .....	237
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	242
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	252

<b>APÊNDICE A - PESQUISA PARA AVALIAÇÃO DE CRITÉRIOS .....</b>	<b>267</b>
<b>APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO - MODOS DE LOCOMOÇÃO PARA AS REGIÕES DE MORRO DO RECIFE .....</b>	<b>271</b>
<b>APÊNDICE C - PLANILHA DE CÁLCULO AHP .....</b>	<b>284</b>
<b>APÊNDICE D - CÁLCULOS GAM.....</b>	<b>314</b>
<b>APÊNDICE E - CÁLCULOS SMARTER.....</b>	<b>336</b>
<b>APÊNDICE F - CÁLCULO TOPSIS .....</b>	<b>357</b>
<b>APÊNDICE G - CÁLCULOS PROMETHEE II .....</b>	<b>377</b>
<b>APÊNDICE H - CÁLCULOS ELECTRE II.....</b>	<b>379</b>
<b>APÊNDICE I - MATRIZES DE APOIO AO CÁLCULO DO MACBETH.....</b>	<b>381</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Diferentes aglomerações urbanas, quando escolheram se fixar em determinadas regiões do mundo, procuravam se estabelecer em posições estratégicas do ponto de vista econômico e com condições básicas para sobrevivência (VUCHIC, 1981). O Brasil, como colônia de Portugal, também tem suas primeiras fixações feitas por razões comerciais, visando explorar primeiramente as riquezas da terra, sendo estes produtos explorados com vistas à exportação para a capital colonizadora. Dessa forma, grande parte da criação e evolução das que seriam futuramente as cidades do país ocorreu a partir do litoral, mais especificamente dos seus portos. A interiorização do continente acontece apenas com a instalação de engenhos açucareiros e posterior exploração de extrativismo e criação de gado no interior (GEIPOT, 2001).

Dessa forma, as cidades brasileiras historicamente foram estruturadas sob um centro comercial, com suas instituições principais (igreja, sede de governo etc.) também ali centradas, sendo esta a área mais valorizada para se morar, com grandes casarões e infraestrutura fortemente presente, tais como ruas e calçamentos, iluminação e mesmo instalações de transporte (GEIPOT, 2001).

Ainda com respeito à ocupação do interior, as montanhas, serras e morros desempenharam funções diversas nos processos de urbanização das cidades brasileiras ao longo do tempo: defesa e controle do território, abastecimento de água, lenha e carvão, atividades agrícolas e pecuárias, exploração mineral e alternativa de moradia como forma de evitar as áreas alagáveis foram algumas delas. Assim, a ocupação das encostas nas cidades litorâneas e nas cidades localizadas no interior do Brasil nas regiões Sudeste e Sul apresenta características diversas, de forma a atingir o tipo de ocupação presente atualmente e ainda, com a aceleração posterior do crescimento urbano, as áreas montanhosas das principais cidades brasileiras passaram gradativamente a ser destinadas ao uso residencial de estratos sociais diferenciados (SCHLEE, 2013a).

São Paulo e Belo Horizonte apresentam padrão de urbanização médio-alto a alto e ocorrência de favelas e loteamentos irregulares. Em Belo Horizonte convivem nas encostas um bairro de alto padrão e favelas conurbadas, formando um contínuo extenso. Na Serra da Cantareira, além das favelas e dos condomínios fechados, encontram-se loteamentos clandestinos e irregulares, e enclaves de verticalização no sopé da serra, formados pelos conjuntos residenciais multifamiliares (construídos pelo poder público e destinados às camadas populares) e por torres

isoladas, construídas pela iniciativa privada e destinadas aos estratos médio e alto da população (SCHLEE, 2013a; 2013b).

No Rio de Janeiro, o surgimento dos primeiros núcleos de assentamentos formais e informais foi simultâneo e gerou relações socioespaciais interdependentes. Os primeiros núcleos urbanos nas encostas tiveram sua origem com o declínio da agricultura e com a abertura de estradas e ruas nas encostas. Os processos que originaram as favelas guardam estreita relação com os processos que geraram a ocupação formal nas encostas do Rio de Janeiro. Seu surgimento vinculou-se a uma variada gama de situações: i) o processo de formação e transformação do mercado imobiliário; ii) a realização de obras públicas; iii) a implantação e localização da atividade industrial; iv) a autorização de permanência no local mediante cobrança de taxas ou aluguéis pelos proprietários originais; v) a autorização de permanência por instituições privadas, religiosas ou públicas, como as forças armadas; vi) as invasões organizadas por políticos; vii) a doação de áreas à igreja por proprietários fundiários interessados em manter estoques de mão de obra sob a tutela da igreja nas proximidades de suas propriedades; ou viii) a implantação de loteamentos que não tiveram o processo de legalização concluído. (SCHLEE, 2013a).

Estudo realizado pelo Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (PCRJ/IPP), divulgado em reportagem do Jornal O Globo (DAFLON; BRANDÃO, 2009), indicou que aproximadamente 17 km<sup>2</sup> acima da cota 100 no Rio de Janeiro encontravam-se ocupados por algum tipo de construção. Deste montante, 70% (equivalente a aproximadamente 12 km<sup>2</sup>) encontravam-se ocupados por construções de padrão médio e alto e 30% (equivalente a 5 km<sup>2</sup>) correspondiam a assentamentos aglomerados, como favelas, os quais, entretanto, concentravam 73% da população instalada a partir da cota 100. No caso do maciço da Tijuca, no Rio de Janeiro, ocorreu ainda gradativo afastamento das camadas mais empobrecidas das áreas centrais das favelas, mais valorizadas e dotadas de alguma infraestrutura, que se localizam, via de regra, nos fundos de vale, em direção às áreas periféricas mais altas, íngremes e de difícil acesso, onde a ocupação é esgarçada e, muitas vezes, sem nenhuma infraestrutura (LEITÃO, 2009; SCHLEE, 2011).

As relações de interdependência entre os processos, o poder político e os demais agentes envolvidos, condicionadas pela distribuição espacial não equilibrada do mercado de trabalho e de terras, e pela limitada mobilidade intraurbana, perpetuada pela inexistência de uma rede de transportes públicos de massa, moldaram a morfologia da paisagem ao longo do processo de desenvolvimento das cidades (SCHLEE, 2013b).

De acordo com Alcoforado (2003), aproximadamente 70% do território do Estado da Bahia se encontra entre 300 e 900m e 23% abaixo de 300m de altitude. O quadro morfológico compreende três unidades: a baixada litorânea, o rebordo do planalto e o planalto. Constitui a baixada litorânea o conjunto de terras situadas abaixo de 200m de altitude. Erguem-se aí, dominando as praias e os areais da fímbria litorânea, terrenos de feição tabular, os chamados tabuleiros areníticos. Na década de 1960, as periferias se intensificaram com a instalação de indústrias e a chegada de pessoas do interior do estado. A privatização das terras públicas municipais em 1968 impulsionou ainda mais esse crescimento, pois os terrenos do Centro e orla atlântica passaram a custar muito caro. Restou aos mais pobres, ocupar, de forma precária e irregular, as porções de terra mais afastadas do núcleo, ou as brechas no entorno do centro comercial (CANDIDO DA SILVA, 2020; MACHADO, 2014).

Já quando se consideram outros países do mundo como a Bolívia, verifica-se que o sudoeste do país, onde a região Andina é predominante, apresenta alguns dos picos mais altos das Américas, como o Nevado Sajama com cerca de 6.500 metros acima do nível do mar (DE JESUS, 2019). Inclusive, na própria região Andina pode-se elencar outros países que vivem com condições de altitude elevada, como Peru e Colômbia, tendo de lidar também com a infraestrutura e habitação da população nesses locais.

No Nordeste do Brasil, com as diversas conjunturas políticas econômicas que atravessaram o país durante sua história, ocorreu intenso êxodo rural para as grandes cidades, particularmente na época do início da industrialização do país, visando à ocupação de empregos nessas novas indústrias no início do século XX. Essa população migrante naturalmente não tinha condições financeiras para morar em lugares valorizados. Esse contingente de migrantes se fixa de forma precária em casarões abandonados pelos antigos donos abastados, que viam nos subúrbios lugares mais agradáveis para viver longe das novas indústrias, dando origem aos cortiços. Com o passar do tempo, muitos passaram a improvisar suas próprias moradias em lugares ainda vazios, sem a menor provisão de qualquer infraestrutura necessária ao seu bem-estar, dando origem às vilas operárias, às favelas e aos denominados mocambos, que passaram a surgir em cidades como o Recife (FIDEM, 2003).

Em consequência, além do aumento no custo de vida e da valorização da terra no decorrer do tempo, ainda houve uma iniciativa social do Governo do Estado de Pernambuco visando eliminar a existência desses mocambos, tentando fornecer habitações mais estruturadas em ocupações devidamente organizadas. No entanto, devido a limitações na oferta, não se atendeu à

grande quantidade de pessoas que residiam nesses mocambos. Essas pessoas recorreram então a residir em locais desprezados pela iniciativa imobiliária privada e que ainda não estivessem ocupados - dessa forma se iniciam as ocupações nas regiões de morro do Recife (FIDEM, 2003).

Assim, surgem, não só no Recife, mas em diversos locais do país e do mundo a formação destas comunidades urbanas que se fixam em regiões de morro de forma espontânea, sem qualquer ordenação de caráter urbanístico ou estrutural, sem formação de ruas adequadas, espaçamento entre residências etc., e com construções elaboradas sem qualquer preocupação de ordem de segurança e engenharia adequadas.

Em relação à circulação viária, é comum nas encostas do Rio de Janeiro, por exemplo, os trajetos das vias de penetração seguirem pelos fundos de vale em traçados sinuosos, com calçadas estreitas e lotes com dimensões muito variáveis. No maciço da Tijuca, as diversas vias panorâmicas que cruzam as encostas funcionam como vias de ligação entre diferentes regiões da cidade. Estas não são comuns no maciço da Pedra Branca e no maciço de Gericinó/Mendanha. Não há um anel viário contínuo que contorne os maciços cariocas, como em Florianópolis. Nestas cidades, os eixos viários que atravessam os maciços não favorecem a ligação entre os bairros (SCHLEE, 2013b).

O poder público recebe então a missão de lidar com essas comunidades na forma que se estruturaram, de forma a fornecer, tal como estabelecido por responsabilidades na própria legislação brasileira, infraestrutura necessária para manutenção da qualidade de vida dessa população. Nessas obrigações incluem-se os serviços de saneamento (água, esgoto, drenagem e coleta de resíduos sólidos), de abertura e manutenção de sistema viário, de proteção para prevenção de acidentes com encostas, até a provisão de transporte público de qualidade. Por meio da Lei Federal nº. 10.257/2001, denominada Estatuto da Cidade, foram definidas as diretrizes gerais de desenvolvimento urbano e a garantia do direito das pessoas a cidades sustentáveis. O Artigo (Art.) 2º dessa Lei com a seguinte redação, expressa esse direito da população:

A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:  
I - garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2001).

Com relação a questões próprias aos assentamentos em morros, o inciso VI do mesmo artigo da Lei, destaca a necessidade da "ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar: (...) h) a exposição da população a riscos de desastres" (BRASIL, 2001).

Além disso, quando se considera a vida em sociedade, é indispensável levar em consideração a mobilidade das pessoas. Somente por meio de uma adequada mobilidade e acessibilidade aos equipamentos e serviços urbanos é viabilizado o acesso da população à saúde, educação, compras, lazer e ao mercado de trabalho, visando à sustentabilidade das necessidades familiares e da economia local. Nesse contexto, preconiza a Lei Federal nº. 12.587/2012, que institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana, em seu Art. 18º:

São atribuições dos Municípios: I - planejar, executar e avaliar a política de mobilidade urbana, bem como promover a regulamentação dos serviços de transporte urbano; II - prestar, direta, indiretamente ou por gestão associada, os serviços de transporte público coletivo urbano, que têm caráter essencial (BRASIL, 2012).

Reforçando ainda mais essas obrigações públicas com a mobilidade urbana para todos os cidadãos, a Emenda Constitucional nº. 90, promulgada em 15 de setembro de 2015 pelo Congresso Nacional altera o Artigo 6º da Constituição Federal, incorporando o transporte como direito social.

Assim, os transportes se tornam condições indispensáveis para qualquer comunidade, especialmente quando se trata da comunidade dos morros, com grande contingente de pessoas com baixas condições financeiras.

Contudo, como já mencionado, as ocupações nos morros ocorreram de forma tal, que dificulta grandes intervenções transformadoras por parte do poder público. As grandes dificuldades se situam na insuficiência de espaços necessários a intervenções físicas, devido a deficiências espaciais na estrutura viária e na desordem na ocupação das edificações. Como nessas regiões se apresentam grandes riscos na implantação de estruturas adequadas a determinados equipamentos urbanos por suas condições geotécnicas, com constantes riscos relativos à estabilidade de suas barreiras, a engenharia também tem limitações em suas intervenções, inclusive pelos elevados

custos. Por essa razão as intervenções nessas áreas têm sido realizadas de forma bastante limitada em sua capacidade de transformação.

Além disso, ponderam-se ainda os riscos econômicos que podem advir da realização de intervenções de grande porte, que podem exaurir os cofres públicos sem garantir devidamente a mobilidade necessária àquela população, ou ainda, auxiliando na mobilidade, mas sem trazer benefícios que se equiparem aos custos econômicos, sociais e ambientais despendidos.

Nesse contexto, no Recife, ações de sucessivas administrações locais desde os anos 1960 buscaram intervir inicialmente com soluções básicas, que permitam melhores condições de segurança, de acessibilidade, e de drenagem, como contenções de morros, abertura de escadarias e vias pavimentadas estreitas para veículos menores para operação do transporte complementar. Entretanto, se reconhecem as limitações de tais abordagens em garantir efetivas condições de mobilidade e conectividade à população, já que tais intervenções podem não atender pessoas de mobilidade mais reduzida, ou simplesmente não atingem as áreas mais críticas, requerendo assim intervenções de maior poder de transformação.

Em outras cidades da América Latina, e mesmo no Brasil, onde também se encontram condições problemáticas para mobilidade da população em decorrência de relevos acidentados e com ocupações populosas, são documentadas intervenções consideradas de grande porte, tais como teleféricos no Rio de Janeiro, elevadores e planos inclinados, como em Salvador, algumas servindo inclusive de atrativo turístico (e conseqüentemente econômico). Contudo, tais intervenções envolveram grandes movimentações de recursos e esforços de gestão política para sua implantação.

Diante do exposto, entre continuar intervindo de forma parcial tradicional ou passando a incorporar sistemas de mobilidades mais sofisticados, levanta-se a seguinte questão de pesquisa: Como colaborar para uma escolha mais racional a partir de critérios que associem aspectos sociais, econômicos, financeiros e ambientais, que ao mesmo tempo em que superem ou mitiguem os problemas da população, assegurem também sua viabilidade e sustentabilidade?.

Para decidir sobre o nível de benefícios e de custos de investimentos e operação das intervenções para mitigar problemas em áreas de morros, várias estratégias baseadas em alternativas metodológicas estão disponíveis na literatura. De tal modo, diferentes ferramentas podem ser utilizadas de forma a permitir análises sobre a viabilidade das intervenções pretendidas, sob a forma de correlações entre custos e benefícios (monetários ou não) obtidos com determinada tipologia de intervenção, podendo assim justificar sua realização.

Tais ferramentas podem ainda hierarquizar diferentes tipos de intervenção, de forma a estabelecer prioridades sobre qual(is) àquela(s) que possa(m) trazer mais benefícios à população, permitindo assim, uma escolha amplamente embasada.

As ferramentas mais frequentemente utilizadas em avaliações de projetos utilizam parâmetros de ordem financeira, tentando assim monetizar os ganhos obtidos com determinada intervenção e compará-los puramente com o valor dos recursos despendidos para determinar sua viabilidade. Dentre tais métodos de análise, tem-se o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Benefício e Custo (B/C), *Payback*, Análise comparativa, entre outros. Essas análises financeiras costumam levar em conta o fluxo de caixa do projeto em consideração, comparado ao investimento necessário para realizá-lo, fazendo considerações quanto ao tempo de retorno do investimento no fluxo (BORDEAUX-RÊGO *et al.*, 2013).

Entretanto, os ganhos obtidos por determinadas intervenções podem ser de difícil monetização, quando se consideram elementos de ordem mais subjetiva, como melhoria na qualidade de vida e na qualidade ambiental, como por exemplo, quando se considera o desenvolvimento e a mobilidade sustentável desejável atualmente para as cidades (PORTUGAL, 2017). Dessa forma, corre-se o risco de inviabilizar soluções de alto retorno social apenas pelas dificuldades econômicas quanto a sua elaboração e manutenção, ignorando até mesmo possíveis ganhos indiretos decorrentes de mais empregos e melhor conectividade para a população atendida.

Para superar essa questão de análises intrinsecamente financeiras, há as alternativas de utilização de métodos denominados multicritério de apoio à decisão, que permitem análises e hierarquizações de opções, de acordo com avaliações com base em critérios não necessariamente econômicos.

Nesse contexto, esta dissertação se propõe a comparar diferentes ferramentas de análise multicritério de viabilidade de projetos, aplicadas a intervenções físicas e operacionais e de políticas públicas para as regiões de morro no quesito da mobilidade. Assim, se busca fornecer apoio técnico ao processo decisório, levando-se em conta os diferentes aspectos de melhoria que efetivamente ocorrem a partir da realização de intervenções de mobilidade em morros.

Então, a partir da aplicação de diversos métodos, será possível inferir se tais ferramentas apresentam resultados de hierarquização das soluções propostas aproximados ou díspares, e os motivos que justificariam tais resultados. Busca-se então, fazer uma análise crítica dos resultados

para propor a indicação dos métodos mais efetivos ou mais práticos e adequados para aplicação à situação do estudo.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Justifica-se a importância deste tema, a exemplo da região do Recife, onde este estudo se desenvolve, considerando os benefícios que estes poderiam trazer na economia dos recursos já escassos do Estado, associados a empreendimentos que realmente tragam melhorias à mobilidade da população, em especial quando se considera a condição de baixa renda presente na população de morro, que pode ser amenizada a partir de uma melhor integração com a cidade.

Dessa forma, tal estudo busca trazer melhorias à população dos morros, enquanto auxilia o poder público na realização de suas atividades de planejamento da mobilidade de forma justificada e criteriosa. Buscam-se, portanto, soluções que possam ser aplicadas, de forma a não minar as possibilidades de investimento público e de ter garantida a viabilidade do seu funcionamento ao longo do tempo.

Além disso, a variedade de formas de análise existentes na literatura justifica uma pesquisa mais apurada quanto à exequibilidade de tais métodos, de forma a fornecer base sobre aqueles de aplicabilidade mais adequada à questão da mobilidade de morros. Também a análise estruturada sobre os critérios realizada neste trabalho, permite uma verificação crítica quanto aos fatores utilizados em análises multicritérios de transportes considerando grande variedade de temas contemplados, ainda com comparação realizada com base na realidade local.

Inclusive, como mencionado, a análise mais dedicada à realidade local neste trabalho também traz um diferencial quanto ao estudo de motivadores locais que podem trazer mudanças nos resultados obtidos quanto ao que poderia ser obtido em outras regiões. Tal aspecto pode trazer mudanças apreciáveis quanto aos resultados finais obtidos, de forma a torná-los mais adequados a realidade de estudo.

### 1.2 OBJETIVO GERAL

Objetiva-se assim com esse estudo testar diversos métodos de avaliação de projetos, dando destaque aos métodos multicritérios de apoio à decisão para avaliar intervenções de mobilidade

urbana em morros, indicando por análise crítica aqueles mais adequados e efetivos para o caso em análise. Ao final, os métodos sugeridos devem ser práticos e cabíveis para aplicação com as disponibilidades de pessoal da administração pública e permitir confiança para as escolhas a serem efetivadas pelos gestores.

### 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Levantar na literatura os diversos métodos de avaliação de projetos públicos, com destaque para as análises multicritério, considerando para cada método os seus conceitos de suporte de estrutura e suas limitações;
- b) Conceituar a situação das ocupações de morro, considerando como exemplo de aplicação os morros do Recife, permitindo conceituar sobre os aspectos de mobilidade envolvidas nesse tipo de território;
- c) Estruturar conceitualmente um conjunto de alternativas de melhorias na mobilidade a serem aplicadas às regiões de morros, dando destaque a aplicabilidade no morro do Recife (local do exemplo de aplicação);
- d) Avaliar critérios de análise de intervenções usados na literatura, verificando possível complementação com a obtenção de critérios por meio de pesquisa de campo;
- e) Fazer análise críticas dos métodos aplicados e das alternativas selecionadas com base nas respostas obtidas por comitê de especialistas pela aplicação de uma pesquisa.

### 1.4 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Dessa forma, inicialmente pretende-se estruturar esta dissertação, primeiro analisando mais a forma de ocupação da região de estudo (Recife-PE) e como isto influenciou seu aspecto de mobilidade, podendo assim observar fatores que podem ser relevantes nas opções de análise de viabilidade de projetos, além de servirem de possível base para comparação e consequente aplicação de tais metodologias em projetos em outras regiões que apresentem semelhante estruturação e problemática.

Então, pretende-se realizar este estudo por meio da comparação entre três possíveis intervenções de mobilidade para às regiões de morro, selecionadas a partir de opções existentes na

bibliografia nacional e internacional. Posteriormente, estas três intervenções serão submetidas à diferentes formas de avaliação de viabilidade, obtidas também de acordo com a literatura internacional de avaliação de situações de mobilidade e transportes. Para os critérios de avaliação, serão realizadas buscas na literatura apoiadas por pesquisas com os grupos de interesse envolvidos (população, gestores e técnicos). Por fim, serão comparados os resultados obtidos nas avaliações, permitindo inferir se essas se aproximaram ou divergiram, e porque isto teria ocorrido, tentando assim estabelecer qual (ou quais) análises se apresentam como mais adequadas para utilização real pelos entes públicos.

## **2 CONDIÇÕES TERRITORIAIS, ECONÔMICAS E SOCIAIS DO LOCAL DE ESTUDO**

Como já comentado anteriormente, a problemática considerada de mobilidade em regiões de morro não se apresenta como exclusiva do Recife. No entanto, cada local de estudo apresenta condições específicas de morfologia, economia e da própria população envolvida que trazem modificações e considerações tanto aos critérios de análise, como também aos valores de importância atribuídos a esses. Assim, buscamos inicialmente compreender as condições locais da situação de exemplo deste estudo, que toma como base nos morros do Recife.

### **2.1 OCUPAÇÃO TERRITORIAL E DESENVOLVIMENTO DOS TRANSPORTES NO RECIFE**

Inicialmente, são aqui apresentadas observações sobre a ocupação territorial e sobre o desenvolvimento concomitante dos transportes no Recife. Busca-se com essa estratégia encontrar paralelos entre a relação dos transportes com assentamentos informais no Recife e em outras localidades que tenham morros ocupados.

No século XIX, o Presidente da Província de Pernambuco, Francisco do Rego Barros, o Conde da Boa Vista realizou várias melhorias urbanas no Recife, incluindo a construção do Teatro Santa Izabel, a ponte pênsil do Caxangá (uma grande novidade de ordem construtiva da época), a reconstrução da ponte da Boa Vista, construção de cais, estradas, pontes Santa Izabel e Sete de Setembro e a implantação de um sistema de água potável. A essa altura da história, já havia queda nos preços do açúcar, tirando sua posição de destaque no mercado nacional em face da emergência econômica do ouro das Minas Gerais e do café da região sul do país. O algodão, opção econômica também explorada no Recife, também tinha problemas com a concorrência com empresas norte-americanas. Mesmo assim, o início das indústrias têxteis que utilizavam o algodão começou a provocar modificações no território, com incentivo à ocupação da cidade, mais profundamente de sua região central, originada historicamente próxima ao porto de Recife. Essa área passa então a ser ocupada por trabalhadores que saíam dos campos em busca de trabalho nas cidades. A população mais abastada, abandonando os casarões do centro para morar em regiões do subúrbio, permitiu que a população pobre ocupasse esses casarões formando os conhecidos cortiços (STIEL, 1984).

Além disso, já entre os séculos XIX e XX foi preciso lidar com a expansão intensificada da população da região, advinda de êxodo rural, que faz a população da cidade crescer ainda mais, sendo então paulatinamente ocupados os morros e mangues, formando os chamados mocambos, como ilustrados na Figura 1 abaixo.

Figura 1 - Mocambos em Recife-PE.



Fonte: Recifaces (2013).

Mesmo o Estado tentando erradicar tal forma precária de moradia por meio do Serviço Social Contra o Mocambo (SSCM), não obteve sucesso, ocorrendo ainda assim o povoamento destas regiões, e pior: espalhando ainda mais a população para regiões de morro, sem infraestruturas e com a ocorrência das ocupações desordenadas que dificultam até hoje a questão de transportes para esta população (FIDEM, 2003).

Em meados da década de 1980, foram criadas as Zonas Especiais de Interesse Social (denominadas ZEIS), que reconheciam o direito legal à terra a assentamentos de baixa renda anteriormente ilegais. O município definiu regras para melhorar os padrões de urbanização, fornecer infraestrutura e a posse legal desses assentamentos, incluindo investimentos em moradias e infraestrutura (por exemplo, esgoto, drenagem, pavimentação, abastecimento de água) sendo então fornecidos por meio de programas federais, estaduais e locais. Contudo, baixos padrões de condições de vida persistiram em alguns desses assentamentos, indicando que os investimentos

não foram suficientes para alterar as condições ambientais ou que o desenho e monitoramento de políticas não foram capazes de lidar com a dinâmica urbana e social nessas áreas (MAIA *et al.*, 2016).

Ainda, os investimentos públicos são tidos muitas vezes como seletivos, incentivando a especulação de terras e restringindo o acesso a áreas urbanas e a moradias para os pobres, recaindo mais uma vez à alternativa de ocupar informal e irregularmente terras em áreas com infraestrutura precária e frágeis ao meio ambiente, como áreas ribeirinhas ou áreas sob risco geotécnico (DE LIMA *et al.*, 2016).

Com o passar dos anos, a economia da cidade passou a residir nas atividades terciárias comerciais, que ocorriam principalmente no centro histórico da cidade, justificando assim em parte a atração da população a essa área. Contudo, outros centros de atividades também começaram a surgir, dando origem a outros polos de geração de viagem que tornavam a ida ao centro para transbordo, inviável. Visando corrigir esta situação e tentar melhorar a qualidade do sistema, se implanta posteriormente o Sistema Estrutural Integrado (SEI) em 1992, associado ao Sistema de Transporte Complementar de Passageiros (STCP), que abastece ao primeiro e aumenta sua cobertura sobre a região, principalmente em áreas onde os veículos de maior porte não adentram, tais como as áreas de morro (CASSUNDÉ; RIOS, 1993).

O SEI permite que seus usuários, através de integrações físicas posicionadas próximas aos cruzamentos dos principais corredores da estrutura viária radial com vias perimetrais, acessem outras linhas sem acréscimo no custo da passagem, possibilitando redução de superposição de percursos, melhor racionalização de linhas e quilometragem percorrida, além de descongestionar o centro do Recife, para onde grande parte das linhas convergiam, de forma que os usuários tinham de se deslocar para lá para acessar outros pontos da cidade para os quais não tinham ligação direta. Além disso, a inclusão do metrô ampliou a funcionalidade do sistema (CASSUNDÉ; RIOS, 1993).

O STCP foi criado visando proporcionar maior mobilidade aos cidadãos entre os bairros da cidade e em áreas de difícil acesso, em especial os morros ocupados, neste último caso com tarifa gratuita. Atualmente, beneficia 69 bairros e comunidades do Recife (RECIFE, 2018a).

Mesmo assim, destaca-se que até hoje a conexão das áreas de morro com o sistema SEI é deficitária, o que agrava a situação de exclusão de acessibilidade vivenciada pela população. Problemas com tarifas excessivamente pesadas para parte da população (principalmente levando em conta que em muitos casos necessitaria pagar duas tarifas para se alcançar determinadas

destinações), contribuem para existência de viagens demasiadamente longas a pé ou bicicleta (DE LIMA, 2016).

Ainda, quando economicamente viável, a população passa a preferir utilizar como alternativa os modos particulares, tendo destaque o uso de automóveis (nem sempre em condições adequadas de uso, devido ao poder aquisitivo restrito da população, e tendo seu uso frequentemente compartilhado entre mais de uma família) ou motocicletas.

Considerando ainda mais especificamente a questão das motocicletas, estas apresentam custos reduzidos (em curto prazo podendo ser inferiores às tarifas dos próprios ônibus de transporte público local) e permitem acesso rápido às diversas regiões (incluindo lugares com infraestrutura de transportes reduzida, como nos morros) com facilidades de poder ultrapassar congestionamentos e encontrar vagas de estacionamento mais facilmente por ocupar espaço reduzido. Além disso, um único veículo pode ser utilizado por toda uma família, afetando assim a mobilidade não apenas de um único indivíduo, mas de todo um grupo.

A motocicleta é ainda muitas vezes usada para o fornecimento dos serviços informais chamados mototáxi (HAGEN *et al.*, 2016), onde o motorista é pago para transportar uma (e em alguns casos mais de uma) pessoa para a localização desejada, sendo o preço em geral fixado em termos de distância de viagem.

No entanto, se reconhecem os riscos que tal modo apresenta, principalmente por conseguir atingir altas velocidades enquanto não fornece real proteção ao seu usuário, resultando em número elevado de acidentes graves e fatais, que por sua vez trazem fortes perdas de ordem econômica para o Estado, como custos de tratamentos em hospitais públicos e redução da força de trabalho diminuindo as contribuições para o Estado (RECIFE, 2018b).

Apesar da versatilidade, mesmo estes modos possuem limitação para atingir determinadas localidades das regiões de morros do Recife. Em alguns locais, inexistente qualquer infraestrutura para veículos, e mesmo as calçadas se apresentam em condições inadequadas, impedindo quaisquer tipos de deslocamentos, em especial por parte da população com maiores dificuldades de locomoção, como idosos e portadores de deficiência. A situação se torna ainda mais delicada para os habitantes dos pontos mais altos dos morros, onde o acesso se restringe atualmente ao uso de escadarias, tal como ilustrado abaixo na Figura 2, que nem sempre apresentam as condições básicas para uso, como degraus adequados ou corrimãos para maior segurança, e ainda apresentam dificuldades no seu uso em dias de chuva.

Figura 2 - Morro de Recife-PE.



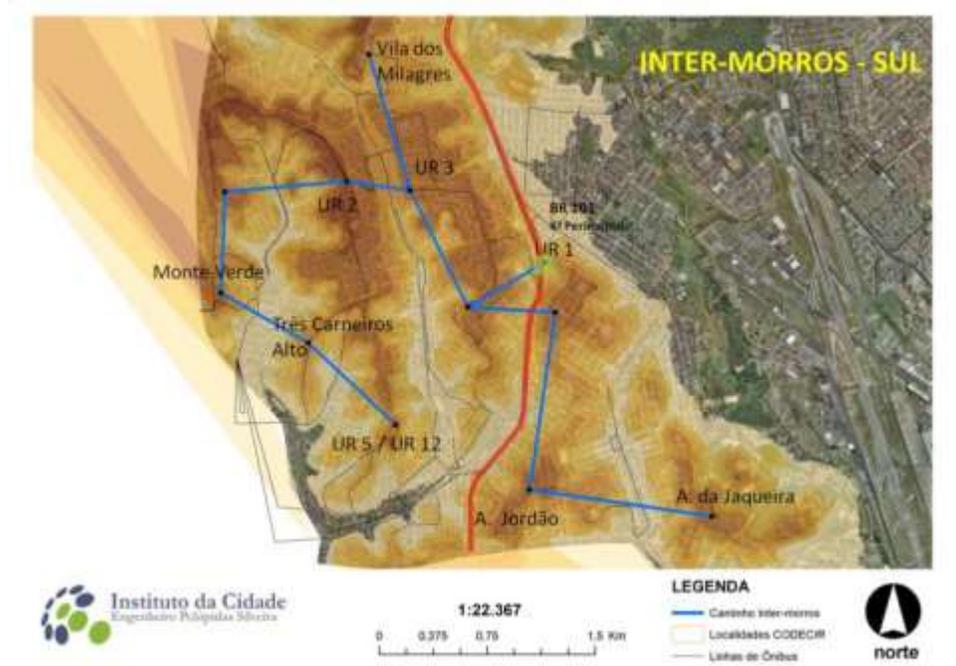
Fonte: Skyscrapercity (2009).

No Plano Diretor do Município do Recife, referendado pela Lei Municipal nº. 17.511/2008, iniciado antes mesmo da lei da Política Nacional de Mobilidade Urbana, havia a previsão da elaboração de um Plano Diretor de Transporte e Mobilidade Urbana do Recife, que chegou a ser enviado à Câmara Municipal como projeto de lei em 2011 (RECIFE, 2008).

O Plano Municipal de Transporte e Mobilidade, como foi chamado, tinha como objetivos promover o deslocamento de pessoas e bens, ampliar e alimentar o SEI, promover integração entre os diversos modos, com prioridade para o transporte público de passageiros e os meios não motorizados, e reduzir as situações de isolamento dos cidadãos (RECIFE, 2011).

O plano era ainda estruturado em três elementos do Sistema de Mobilidade do Recife: as Zonas Especiais de Desenvolvimento Econômico de Eixo (ZEDE Eixo, que compreende regiões de morro), as Zonas Especiais de Desenvolvimento Econômico de Centro (ZEDE Centro, que também compreende regiões de morro) e os Corredores Fluviais. Dentre as ações e infraestruturas de mobilidade que foram propostas para a ZEDE Eixo, tinham-se "equipamentos e instalações, compreendendo teleféricos, passarelas, sistemas de transporte vertical, viaturas, reboques e estacionamentos/edifícios-garagem". A infraestrutura de mobilidade urbana na ZEDE Centro deveria ainda contemplar em seus planos específicos também "equipamentos e instalações, compreendendo sistemas de transporte vertical, viaturas, reboques, entre outros" (RECIFE, 2011).





Fonte: Recife (2011).

Contudo, com a homologação da Lei da Política Nacional de Mobilidade Urbana, associada à decisão da nova administração municipal, o plano não se tornou Lei, sendo cancelado de forma a ser expandido e readequado às diretrizes recomendadas pela Lei pelo Ministério das Cidades. Assim, atualmente está em elaboração desde 2016 o MobilidadeRECIFE (Plano de Mobilidade Urbana do Recife), incorporando, atualizando e revendo quando necessário o planejamento estabelecido para o município nos demais planos existentes, incluindo o próprio Plano Diretor do Município (2008), o Plano Diretor de Transporte e Mobilidade (2011) e o plano Diretor Cicloviário da Região Metropolitana do Recife (2014) (ICPS, 2018).

Dessa forma, atenta-se para a necessidade de se promover infraestrutura de transporte, principalmente transporte público, para as regiões de morro da cidade, destacando a necessidade de integração desta população à vida econômica da cidade, que é vital para melhoria em sua condição de vida e ascensão social. Segundo Urry (2000), dificuldades na mobilidade das pessoas prejudicam a formação de capital cultural, conceito definido por Pierre Bourdieu (1984), o que dificulta ainda mais a possibilidade de se ascender socialmente. A seguir, detalha-se mais sobre as regiões de morro presentes no Recife, de forma a compreender melhor essa necessidade de integração com a cidade e possibilidade de melhoria de vida.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS E SOCIAIS DAS REGIÕES DE MORRO NO RECIFE

Analisando primariamente as características da cidade do Recife como um todo (Figura 4), tomando-se dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2018), tem-se uma população estimada de 1.637.834 pessoas, distribuídas em um território de 218,435 km<sup>2</sup>, resultando em uma densidade demográfica de 74,98 hab/ha.

Figura 4 - Mapa geral de Recife



Fonte: Google Maps (2020).

Com relação a questões de renda, em 2016, de acordo com base de dados do IBGE, o salário médio mensal era de 3,1 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total também em mesma época era de 44,8%. Já considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, tinha 38,1% da população nessas condições.

Ainda foi observado pelo IBGE que apresenta 60,5% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e apenas 49,6% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Assim, observa-se a condição deficitária das infraestruturas presentes na cidade. Quando se considera ainda que, a Região Metropolitana do Recife (RMR) possui 3/4 de sua área coberta por morros, habitados por cerca de

600 mil habitantes (OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES, 2006), e ainda, o próprio território do Recife se apresenta com grande presença de encostas (ver Figura 5). Nota-se, assim, que o contingente de residentes nas regiões de morro e sujeitos a estas condições de carência nas infraestruturas é bastante expressivo. O Observatório das Metrôpoles (2006) ainda destaca:

Não apenas no Recife, mas, também, nas áreas baixas dos municípios de Olinda e Jaboatão dos Guararapes, observam-se problemas mais sérios de drenagem em áreas onde se localizam os assentamentos de baixa renda ou informais. No caso das encostas dos morros, em que grande parte da ocupação, também, se deu à revelia dos princípios básicos da drenagem, as áreas de risco, sujeitas a desmoronamentos, ameaçam as vidas de seus moradores. (...) Outros serviços de provimento e manutenção de infraestruturas urbanas, que se destacam na Região Metropolitana do Recife, referem-se ao controle da erosão e contenção de encostas e da erosão costeira. No caso dos morros, a ocupação urbana foi realizada de forma desordenada, com baixo padrão construtivo e uso incorreto do solo, trazendo impactos ambientais, como erosões e ruptura de taludes e supressão da vegetação, com perda de solo de superfície e instabilidade de encostas, contribuindo para uma série de riscos para a população residente (OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES, 2006).

Figura 5 - Relevo do Recife



Fonte: Oliveira (2017) (adaptado).

Analisando separadamente agora os bairros que compõem as regiões de morro do Recife, utilizando mais uma vez dados disponíveis pelo IBGE, tem-se resumidamente na Tabela 1:

Tabela 1 - Dados socioeconômicos dos bairros das regiões de morro do Recife

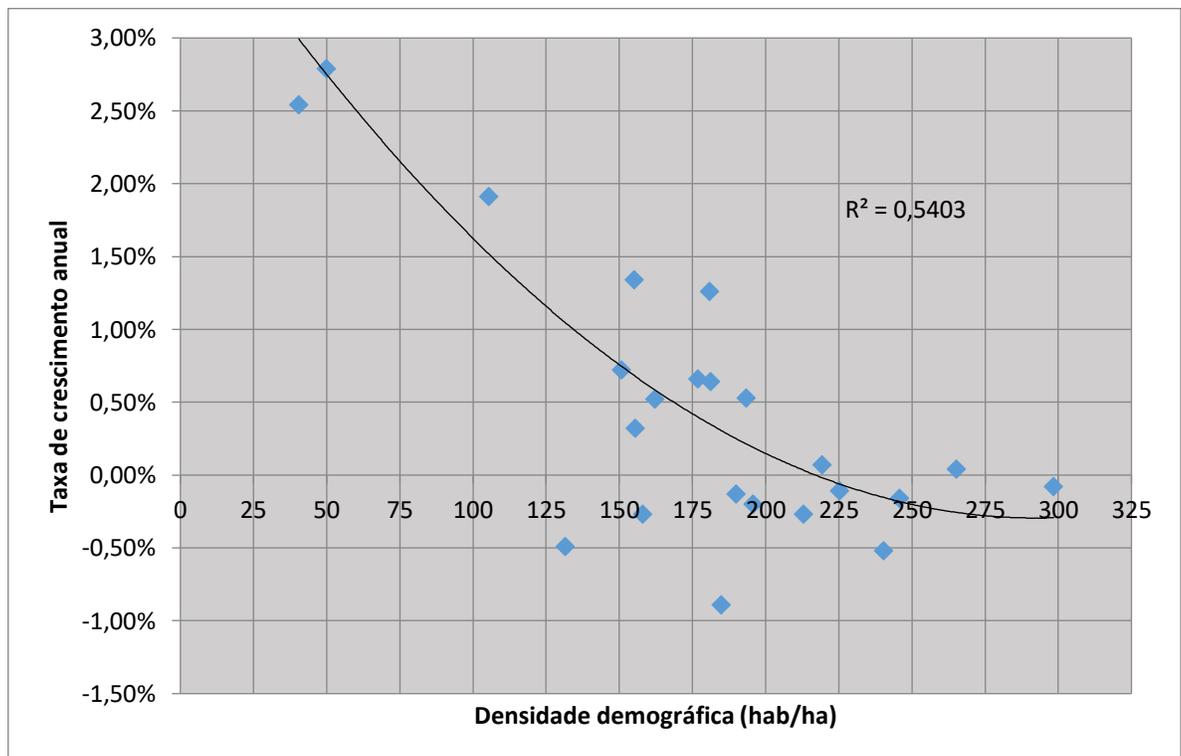
Bairro	Rendimento	População (2010)	Densidade	Crescimento
	Mensal Nominal Médio Domiciliar em Reais (R\$)		demográfica por hectare (hab/ha)	anual médio da população (2000- 2010)
Alto Santa Terezinha	921,74	7.703	245,74	-0,16%
Bomba do Hemetério	1.346,55	8.472	195,67	-0,20%
Dois Unidos	937,92	32.815	105,51	+1,91%
Linha do Tiro	1.028,96	14.867	181,20	+0,64%
Água Fria	1.189,91	43.529	225,38	-0,11%
Alto do Mandu	2.323,28	4.655	184,89	-0,89%
Alto José Bonifácio	908,76	12.462	219,26	+0,07%
Alto José do Pinho	1.101,22	12.334	298,40	-0,08%
Brejo da Guabiraba	1.037,66	11.362	155,50	+0,32%
Brejo do Beberibe	1.058,37	8.292	129,86	+3,62%
Beberibe	1.038,26	8.856	180,79	+1,26%
Jordão	1.274,00	20.777	131,49	-0,49%
Casa Amarela	4.236,69	29.180	155,09	+1,34%
Córrego do Jenipapo	1.068,84	9.246	150,74	+0,72%
Coqueiral	1.039,79	10.974	213,00	-0,27%
Macaxeira	1.387,01	20.313	162,25	+0,52%
Mangabeira	1.317,08	6.950	240,43	-0,52%
Morro da Conceição	1.127,11	10.182	265,24	+0,04%
Nova Descoberta	898,39	34.212	189,91	-0,13%
Passarinho	824,02	20.305	49,98	+2,79%
Sítio dos Pintos	1.841,34	7.276	40,49	+2,54%
Vasco da Gama	1.165,90	31.025	193,38	+0,53%
Totó	1.296,05	2.420	176,81	+0,66%
Cohab	1.182,46	67.283	157,97	-0,27%
<b>TOTAL</b>	<b>1.264,07</b>	<b>435.490</b>	<b>167,98</b>	<b>+0,27%</b>
<b>Recife</b>	<b>2.437,16</b>	<b>1.537.904</b>	<b>70,39</b>	<b>+0,78%</b>

Fonte: Perfil dos bairros, Prefeitura do Recife (2020).

As áreas de morro no Recife no período 2000 – 2010 cresceram à taxa média anual de 0,27%. enquanto a cidade inteira em média cresceu quase três vezes mais (0,78% ao ano). A densidade demográfica média nos morros de 167,98 hab/ha é quase 2,5 vezes maior do que a densidade demográfica média do Recife. A renda média das áreas de morros é aproximadamente a metade da renda médio do Recife como um todo.

Há uma associação inversa entre taxa de crescimento anual e densidade demográfica, denotando que áreas de morros mais densas apresentam taxas de crescimento declinantes (Figura 6). Pode-se inicialmente inferir que face às elevadas densidades os problemas nos morros apesar de graves, tendem a se estabilizar.

Figura 6 - Taxa de crescimento anual (%) versus densidade demográfica (hab/ha) da população residente em áreas de morro do Recife



Fonte: A autora (2020).

Como esse padrão socioeconômico, observa-se que as soluções de transporte a serem implantadas nessas regiões terão de lidar com fortes limitações no que diz respeito à capacidade da população de pagar tarifas pela utilização de eventuais soluções tecnológicas. Além disso, em

função da elevada densidade demográfica e do uso predominantemente residencial, não se espera crescimento da demanda de usuários de serviços de mobilidade local ao longo do tempo. Isso significa que a demanda se estabiliza no tempo.

Outro fator essencial na estimativa da demanda futura de um serviço de mobilidade é a questão da demanda efetiva, definida em Woiler e Mathias (2018) como "(...) quantidade de um bem que os consumidores desejam e podem comprar a determinado preço". Ainda, "é evidente que esta demanda efetiva pode ser diferente da quantidade que os consumidores desejam ou precisam adquirir a determinado preço". Chama-se a atenção que a demanda para determinado serviço é fator crítico na sua viabilidade.

### 2.3 ESCOLHA DO LOCAL PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO

De forma a aplicar metodologias multicritério, objetivo do presente trabalho, o ideal é que se considere uma localidade que apresente as características de morro vislumbradas anteriormente, de forma a se estabelecer as possíveis intervenções que possam ser analisadas com as metodologias estabelecidas. Dessa forma, o entrevistado pode analisar a questão de estudo, tendo como base uma situação real, em que ele pode conceber mais facilmente a possibilidade ou não da aplicação das soluções em questão.

Em estudo anteriormente realizado para pesquisa de TCC de Henauth e De Andrade (2019) usando dados da pesquisa de Origem e Destino realizada pelo Instituto da Cidade Pelópidas Silveira (ICPS) nos anos de 2018 e 2019, observou-se na área dos bairros de Nova Descoberta, Córrego do Jenipapo e Macaxeira (Figura 7) fortes deficiências na sua conexão com as demais partes da cidade. Essa situação é caracterizada pelos altos tempos de viagem, mesmo tal região se encontrando próxima ao Terminal Integrado da Macaxeira. Além disso, é sabido a partir do conhecimento do campo de estudo, que se trata de uma área de relevo bastante acidentado. Nela há dificuldade para circulação de linhas de ônibus e também no trajeto realizado a pé das pessoas até as paradas de ônibus.

Figura 7 - Área considerada para aplicação da metodologia



Fonte: Google StreetMaps (Marcações da autora).

Por essa razão, escolheu-se tal área para exemplificação da aplicação das possíveis soluções propostas, já que apresenta as características propícias, além de ter a necessidade real de melhoria de sua mobilidade.

No entanto, embora como tratado anteriormente as condições econômicas de aplicação das soluções devem ser consideradas na análise de um projeto a ser implantado em tais regiões, se observa a necessidade da existência da prestação desse serviço, considerando o quão vital é para o funcionamento adequado de todas as outras funções da cidade. Dessa forma, a própria legislação busca chamar a atenção do Estado para a manutenção de tal serviço, tal como apontado em tópico seguinte.

## 2.4 AS RESPONSABILIDADES DO PODER PÚBLICO

Partindo da problemática exposta, destaca-se ainda a questão da discussão quanto à caracterização do fornecimento dos serviços de transportes, se estes seriam bem públicos ou de utilidade pública, o que modifica o papel do Estado na implementação do serviço, em especial considerando as condições de vulnerabilidade e dificuldades estruturais (que podem recair em dificuldade de exploração de serviço de transportes por um ente privado) já consideradas anteriormente. Eficientes formas de se abordar questões de transporte podem ser fornecidas quando se tem uma regulação organizacional e legal das relações socioeconômicas, clara organização de gestão e controle sobre a implementação de regulamentos baseados em informações completas, confiáveis e relevantes no status da situação atual (TRUNTSEVSKY *et al.*, 2020).

Segundo a Constituição Federal, a política de desenvolvimento urbano “(...) tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes”. Foi também determinado ser atribuição do Poder Público Municipal executá-la conforme diretrizes fixadas em lei formal (Art. 182). A Lei Federal nº 12.587/2012 busca determinar as atribuições dos entes federativos (União, Estados e municípios) na gestão da mobilidade urbana. Aos municípios compete planejar, executar e avaliar a política de mobilidade urbana; regulamentar a prestação dos serviços de transporte urbano; prestar, direta ou indiretamente ou por gestão associada, os serviços de transporte público coletivo urbano; capacitar pessoas; e desenvolver as instituições vinculadas à política de mobilidade urbana do município. Ainda, em áreas metropolitanas, a organização e a prestação dos serviços de transporte coletivo intermunicipal de caráter urbano são de responsabilidade dos Estados, mas podem ser delegadas aos municípios, se constituído consórcio público ou convênio de cooperação para essa finalidade (BRASIL, 2012; MORAIS, SANTOS, 2020).

O bem público, no quesito jurídico, é definido no Código Civil Brasileiro, instituído por Lei Federal nº. 10.406/2002, no seu capítulo III, a partir do artigo 99:

Art. 99. São bens públicos:

I - os de uso comum do povo, tais como rios, mares, **estradas**, **ruas** e praças;

II - os de uso especial, tais como edifícios ou terrenos destinados a serviço ou estabelecimento da administração federal, estadual, territorial ou municipal, inclusive os de suas autarquias;

III - os dominicais, que constituem o patrimônio das pessoas jurídicas de direito público, como objeto de direito pessoal, ou real, de cada uma dessas entidades.

Parágrafo único. Não disposto a lei em contrário, consideram-se dominicais os bens pertencentes às pessoas jurídicas de direito público a que se tenha dado estrutura de direito privado.

Art. 100. Os **bens públicos de uso comum** do povo e os de uso especial são **inalienáveis**, enquanto conservarem a sua qualificação, na forma que a lei determinar.

Art. 101. Os bens públicos dominicais podem ser alienados, observadas as exigências da lei.

Art. 102. Os bens públicos não estão sujeitos a usucapião.

Art. 103. O **uso comum dos bens públicos** pode ser **gratuito ou retribuído**, conforme for estabelecido legalmente pela entidade a cuja administração pertencerem (BRASIL, 2002).

Dessa forma, os bens públicos se apresentam como entidade de usufruto de toda a população, não podendo ser alienado de qualquer outra forma. Os transportes públicos podem se apresentar sob tal interpretação quando se considera que sua utilização não pode ser minada aos usuários, sendo propriedade de uma só pessoa física ou jurídica.

Em termos de conceitos econômicos, tem-se que o bem público é aquele não-rival (a utilização de uma pessoa não prejudica a utilização do mesmo bem por outra), não-exclusivo (a incapacidade de impedir a utilização de determinado indivíduo, seja por motivos econômicos ou quaisquer outros) e indivisível. Tal interpretação já não pode ser aplicada tão simplesmente nos transportes, já que o uso por um indivíduo pode impedir o uso por outro por ocupação, por exemplo. Além disso, é possível limitar a entrada de um indivíduo no veículo em caso de não pagamento da tarifa ou demonstração de direito de gratuidade.

Já na questão da utilidade pública, mais uma vez considerando a definição jurídica dada no Decreto-Lei Federal nº. 3.365/1941, em seu Artigo 5º:

Art. 5º Consideram-se casos de utilidade pública:

- a) a segurança nacional;
- b) a defesa do Estado;
- c) o socorro público em caso de calamidade;
- d) a salubridade pública;
- e) a criação e melhoramento de centros de população, seu abastecimento regular de meios de subsistência;
- f) o aproveitamento industrial das minas e das jazidas minerais, das águas e da energia hidráulica;
- g) a assistência pública, as obras de higiene e decoração, casas de saúde, clínicas, estações de clima e fontes medicinais;
- h) a **exploração** ou a conservação dos **serviços públicos**;
- i) a abertura, conservação e melhoramento de vias ou logradouros públicos; a execução de planos de urbanização; o parcelamento do solo, com ou sem edificação, para sua melhor utilização econômica, higiênica ou estética; a construção ou ampliação de distritos industriais; (Redação dada pela Lei nº 9.785, de 1999)
- j) **o funcionamento dos meios de transporte coletivo**;
- k) a preservação e conservação dos monumentos históricos e artísticos, isolados ou integrados em conjuntos urbanos ou rurais, bem como as medidas necessárias a manter-lhes e realçar-lhes os aspectos mais valiosos ou característicos e, ainda, a proteção de paisagens e locais particularmente dotados pela natureza;
- l) a preservação e a conservação adequada de arquivos, documentos e outros bens moveis de valor histórico ou artístico;
- m) a construção de edifícios públicos, monumentos comemorativos e cemitérios;
- n) a criação de estádios, aeródromos ou campos de pouso para aeronaves;
- o) a reedição ou divulgação de obra ou invento de natureza científica, artística ou literária;
- p) os demais casos previstos por leis especiais (BRASIL, 1942).

Assim, observa-se diretamente a função de utilidade pública representada pelos meios de transporte público, que devem permitir assim o funcionamento e bem-estar da população, reforçando a responsabilidade pública presente na prestação deste serviço.

Por fim, ainda tem-se a consideração de interesse social, que é uma hipótese de transferência da propriedade que visa melhorar a vida em sociedade, na busca da redução das desigualdades. Segundo Meirelles (2007), "o interesse social ocorre quando as circunstâncias impõem a distribuição ou o condicionamento da propriedade para seu melhor aproveitamento, utilização ou produtividade em benefício da coletividade ou de categorias sociais merecedoras de amparo específico do Poder Público. Esse interesse social justificativo de desapropriação está indicado na norma própria (Lei Federal nº. 4.132/62) e em dispositivos esparsos de outros diplomas legais. O que convém assinalar, desde logo, é que os bens desapropriados por interesse social não se destinam à Administração ou a seus delegados, mas sim à coletividade ou, mesmo, a certos beneficiários que a lei credencia para recebê-los e utilizá-los convenientemente".

Observa-se ainda definido na Lei Federal nº. 4.132/1962 citada anteriormente:

Art. 2º Considera-se de interesse social:

I - o aproveitamento de todo bem improdutivo ou explorado sem correspondência com as necessidades de habitação, trabalho e consumo dos centros de população a que deve ou possa suprir por seu destino econômico;

II - a instalação ou a intensificação das culturas nas áreas em cuja exploração não se obedeça a plano de zoneamento agrícola;

III - o estabelecimento e a manutenção de colônias ou cooperativas de povoamento e trabalho agrícola;

IV - a manutenção de posseiros em terrenos urbanos onde, com a tolerância expressa ou tácita do proprietário, tenham construído sua habitação, formando núcleos residenciais de mais de 10 (dez) famílias;

V - a construção de casa populares;

VI - as terras e águas suscetíveis de valorização extraordinária, **pela conclusão de obras e serviços públicos**, notadamente de saneamento, portos, **transporte**, eletrificação armazenamento de água e irrigação, no caso em que não sejam ditas áreas socialmente aproveitadas;

VII - a proteção do solo e a preservação de cursos e mananciais de água e de reservas florestais.

VIII - a utilização de áreas, locais ou bens que, por suas características, sejam apropriados ao desenvolvimento de atividades turísticas. (Incluído pela Lei nº 6.513, de 20.12.77)

§ 1º O disposto no item I deste artigo só se aplicará nos casos de bens retirados de produção ou tratando-se de imóveis rurais cuja produção, por ineficientemente explorados, seja inferior à média da região, atendidas as condições naturais do seu solo e sua situação em relação aos mercados.

§ 2º As necessidades de habitação, trabalho e consumo serão apuradas anualmente segundo a conjuntura e condições econômicas locais, cabendo o seu estudo e verificação às autoridades encarregadas de velar pelo bem estar e pelo abastecimento das respectivas populações (BRASIL, 1962).

Assim, observa-se mais uma vez a colocação dos transportes como elemento necessário à sociedade e seu bem-estar, configurando-se claramente como um elemento de interesse social. Dessa forma, aliada à sua classificação de utilidade pública, destaca-se a necessidade de um apoio do poder público para a manutenção de tal atividade e a possibilidade de usufruto por parte de toda a população, incluindo a população de menor poder aquisitivo. A necessidade de se locomover se faz necessária para se utilizar de todos os equipamentos e oportunidades existentes no território, sendo assim necessária a promoção da equidade de acesso a todos.

Assim, se observa mais uma vez que a problemática da escolha de uma solução para melhora de mobilidade da população não pode ser minada ou baseada somente nas condições econômicas diretas decorrentes de sua escolha. A própria caracterização do serviço e dos bens envolvidos requer que sua implantação seja providenciada independente de tais condições, visando o interesse público.

No entanto, tal fator também não pode ser ignorado quando se consideram os escassos recursos do Estado. Além disso, a exploração de tal atividade por parte da iniciativa privada irá requerer um mínimo de viabilidade econômica e/ou subsídio por parte do poder público. Assim, embora não seja fator limitante, há que se ter em mente a presença da questão econômica na escolha de critérios para a escolha de uma solução cabível.

Levado isso em consideração, a seguir tem-se as análises de projetos cabíveis às regiões de morro, principalmente ocupadas por população de baixa renda.

### **3 ALTERNATIVAS DE MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE PARA OS ASSENTAMENTOS URBANOS EM MORROS**

Primeiramente, é preciso compreender o que é o cerne dos projetos de engenharia, em especial os de transportes, para só então compreender os elementos utilizados para uma avaliação de alternativas adequadas para a região considerada.

Um projeto é um empreendimento planejado que consiste num conjunto de atividades inter-relacionadas e coordenadas para alcançar objetivos específicos dentro dos limites de um orçamento e de um período de tempo dados (MEIRA, 2013). Um projeto, qualquer que seja o seu cunho, deve abranger várias fases:

- Deve-se identificar o problema (carências) em uma situação entendida como deficiente;
- Definir quais os objetivos;
- Pensar em como solucionar o problema e em ações que possam contribuir para mudar a situação existente.

Ainda, de forma a determinar o sistema (ou projeto) que envolve o problema para resolvê-lo, Gomes e Gomes (2012) elencam os seguintes pontos básicos:

- Identificação e definição da situação problemática;
- Objetivos, propósitos e finalidades do sistema;
- Âmbito de atuação do sistema;
- Grupos de pessoas envolvidas;
- Incertezas, imprecisões e informações dúbias;
- Cronograma de trabalho, prazos, metas e horizonte de tempo do projeto;
- Listagem de alternativas (levando-se em conta possíveis restrições e fatores que influenciam no meio, como restrições financeiras, econômicas, legais, políticas, materiais, temporais, de pessoal etc.).

Dessa forma, quando se trabalham com projetos da área de transportes, observa-se que a carência a ser suprida é justamente a ausência ou dificuldade existente na locomoção daquele segmento da população, em especial se tratando da região de morro.

Também se torna claro que o objetivo a ser alcançado nesta dissertação é uma mobilidade adequada, que possa ser acessada com equidade. Além disso, deve trazer o menor número de externalidades negativas na sua execução e operação (infraestruturas menores que requeiram menos desapropriações, impacto visual, segregação do espaço etc.). No entanto, sabe-se que as estruturas necessárias à execução provavelmente irão provocar transtornos independente da solução adotada, mesmo que temporariamente, quando se consideram as limitações de espaço nos morros.

O âmbito de atuação deve, dessa forma, englobar a população residente nos morros, mas também se expandir de forma a se integrar com o resto da região (sendo uma opção uma integração com o SEI, por exemplo, neste caso).

Quanto aos grupos envolvidos na avaliação de intervenções em morros, tem-se a população a ser contemplada, o Estado como provedor da infraestrutura de transportes, que traga equidade entre os moradores de morro e os moradores das áreas planas e possíveis empresas da iniciativa privada, que a depender da solução adotada, possa participar da implantação do sistema por algum instrumento, tal como concessões. Além disso, podem ainda compor o grupo de atores, especialistas e analistas que podem atuar para ajudar na compreensão do problema e aspectos da solução estudada pelos demais atores, ou mesmo ajudar diretamente aos tomadores de decisão.

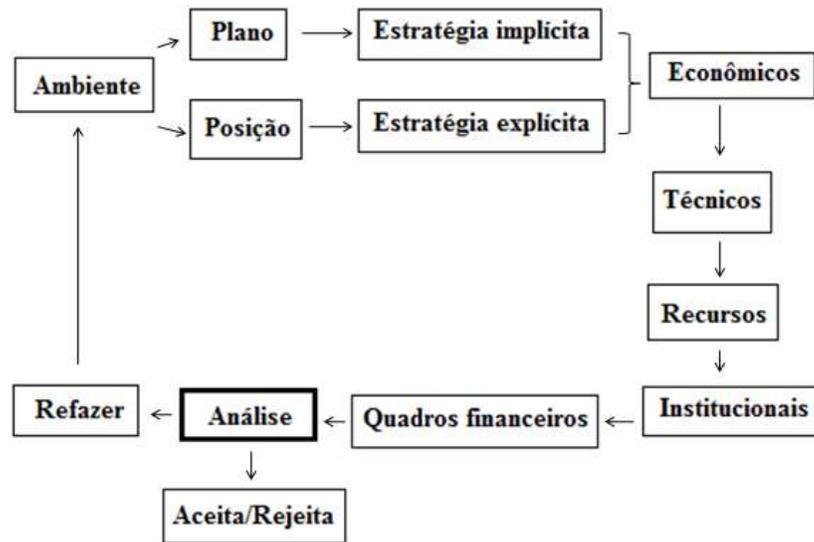
Quanto à questão de informações, se reconhece a deficiência dos órgãos públicos de desenvolver um sistema de coleta de informações que possa dar mais apoio na elaboração e na avaliação de uma possível intervenção, sendo necessário se restringir em dados secundários obtidos de órgãos como o IBGE, ou ainda ir a campo para uma coleta de dados primária.

Para a questão de duração da construção e operação projeto, dependerá do tipo de prestação do serviço (direta por tempo indeterminado pelo Estado, ou indireta a depender do contrato com a iniciativa privada, devendo ser renovado ou estabelecido com outra empresa para manutenção do serviço prestado por seu caráter essencial).

Quanto às opções possíveis de serem aplicadas, mais à frente essa questão será retomada.

Para as etapas de elaboração e análise de um projeto, Woiler e Mathias (2018) esquematizam a seguinte sequência da Figura 8:

Figura 8 - Etapas de elaboração de um projeto.



Fonte: Adaptado de Woiler e Mathias (2018).

Nessa sequência, começa-se analisando o ambiente de implantação do projeto, tendo essa oportunidade de investimento surgida por uma análise estratégica e externa ou interna a uma empresa. No caso de transportes, a oportunidade surge de uma necessidade de se prover o serviço de transportes, podendo então tal projeto ser assumido pela iniciativa privada ou por uma entidade pública.

Segue-se então para a análise de fatores que constituem o plano uma vez definido, sendo neste esquema representado pelos aspectos econômicos (características do serviço prestado, demanda, preço de fornecimento, formas de comercialização de uma possível tarifa etc.), técnicos (localização do projeto, escala), recursos (volume de financiamento necessário, ou capitais próprios presentes, riscos do endividamento) e institucionais (composição da empresa ou entidade elaborada para implementação do projeto, considerando ainda as questões jurídicas e possíveis incentivos fiscais envolvidos).

Assim, monta-se o quadro financeiro da empresa envolvida na implementação do projeto, considerando custos e receitas envolvidas, levando ainda em conta aspectos como cronograma do projeto e de desembolso financeiro requerido, o fluxo de caixa. No entanto, quando se considera,

entretanto, um projeto de cunho social como de transportes, o Estado além de levar em consideração essa questão do equilíbrio financeiro, também deve observar questões qualitativas que afetam direta e indiretamente a população.

Associa-se então a esses critérios monetários, aspectos qualitativos também presentes no projeto, de forma a avaliá-lo de forma completa, tal como afirmado também por Woiler e Mathias (2018) "(...) o processo de elaboração e análise fica mais complicado quando se considera que, para quem vai decidir sobre o investimento, as hipóteses e as considerações extraprojeto (ou seja, as análises qualitativas) tendem a desempenhar papel muito mais importante do que os resultados das análises quantitativas". Tal avaliação por metodologias especificadas permitirão a aceitação ou rejeição do projeto, podendo recair em nova análise do zero com modificações necessárias ou escolha de um novo.

De forma a atender a população residente nos morros, principalmente nos casos de ocupação não ordenada como se tem no Recife e, para obter os possíveis projetos de transportes a serem implementados, abordagens diferenciadas àquelas voltadas para as regiões planas devem ser adotadas. Devem ser levadas em consideração limitações de espaço e angulação, que dificultam a entrada de modos convencionais, como ônibus comuns.

Assim, fazendo-se uma pesquisa nas ocupações em regiões acidentadas, buscou-se elencar as principais alternativas implantadas de forma a solucionar a mobilidade da população residente, buscando obter alternativas viáveis para adoção no caso considerado.

### 3.1 ESCADARIAS

Centenas de escadarias foram construídas ao longo dos morros do Recife para permitir o acesso da população às regiões planas de seu entorno, além de acessos em meio as escadarias para outras partes do morro.

Contudo, é clara a precariedade na estrutura de muitas delas, feitas sem um correto planejamento (muitas estreitas, como do exemplo da Figura 9) ou sem o devido cuidado de segurança. Algumas áreas de maior visibilidade, como o Morro da Conceição, visitada por grande quantidade de pessoas em tempos da denominada Festa da Nossa Senhora da Conceição ou Festa do Morro (que ocorre anualmente em 08/12), apresentam escadarias mais bem projetadas, com degraus de passo largo, servindo inclusive de descanso em meio à subida, além de corrimãos em

certos pontos. Além disso, recentemente a Prefeitura do Recife tem investido nas escadarias de forma a torná-las mais adequadas estruturalmente e com melhor iluminação (RECIFE, 2017).

No entanto, é possível perceber que esta forma de resolução da mobilidade é bastante precária, limitando a acessibilidade de pessoas com deficiência, idosos e com mobilidade reduzida em geral. Pessoas com problemas de mobilidade, normalmente não apresentam capacidade e autonomia para vencer os degraus ou mesmo os conseguindo, podem não ter a vitalidade para conseguir vencer grandes lances, como os que são necessários para se chegar ao alto da escadaria. Além disso, a segurança dessa população é prejudicada com a possibilidade de acidentes por meio de tropeços, sendo esta situação agravada em dias de chuva, já que não há cobertura nesses acessos. Ainda, destaca-se a dificuldade de se carregar mercadorias, tais como compras do dia-a-dia da população, tornando o seu bem-estar ainda mais afetado.

Figura 9 - Escadaria da zona norte do Recife.



Fonte: Jânio Odon (2019).

Alguns problemas podem ser contornados a partir de um investimento maior neste tipo de infraestrutura. Algumas escadarias em Medellín, Colômbia, por exemplo, (Figura 10) são complementadas por escadas rolantes cobertas, bem iluminadas e amplas. Ainda visando maior

integração com o local e reduzir o impacto visual da estrutura, essa foi grafitada por artistas locais, o que confere maior identificação com a população, permitindo maior adesão e menor probabilidade de ações de vandalismo. Infelizmente, as coberturas impedem a entrada nas escadarias por qualquer trecho, sendo preciso a entrada nos pontos especificados. Além disso, o custo de uma alternativa assim requer investimentos não presentes nas escadarias convencionais, bem como custos com energia e manutenção especializada. Assim, uma possível cobrança de taxa de uso ou ainda um maior subsídio estatal seria necessário.

Figura 10 - Escadarias em Medellín, Colômbia



Fonte: Curioso e espetacular (2020).

### 3.2 TELEFÉRICOS

No Brasil, e em algumas metrópoles internacionais, observam-se iniciativas do uso de teleféricos, como os utilizados no Morro do Alemão no Rio de Janeiro-RJ (Figura 11), Portland (EUA), La Paz (Bolívia), Zurique (Suíça) e Singapura (DOPPLEMAYR, 2018). Na América Latina, seu uso recebeu destaque para o acesso a sítios arqueológicos nos Andes e em ambientes urbanos para transporte de massa. No Peru, por exemplo, foi inaugurado em março de 2017 o primeiro de vários projetos de teleféricos, visando comunicar a cidade de Nuevo Tingo e Cidadela em uma viagem de 20 minutos, que permite evitar uma viagem de 90 minutos por uma estrada sinuosa e não pavimentada pelas montanhas (BIBEROS-BENDEZÚ, VÁZQUEZ-POWE, 2020).

Em Medellín, evidências sugerem que os teleféricos levaram a melhorias nas questões de integração urbana e modernização da vizinhança, acessibilidade e segurança, qualidade de vida, oportunidades de emprego e poluição percebida. Assim, depois de implementação bem-sucedida do Metrocable em Medellín, Colômbia, em 2004, outras cidades latino-americanas desenvolveram projetos para incorporar teleféricos, como parte de sua rede de transporte público. O sistema em La Paz e El Alto é a maior rede de teleféricos urbanos do mundo. Ele conecta duas áreas geograficamente complexas com cerca de dois milhões de habitantes e altas taxas de pobreza (GARSOUS *et al.*, 2019).

Essa iniciativa, apesar de aparentemente garantir uma boa acessibilidade à população de forma equitativa (por conta do uso de cabines que permitem entrada de pessoas com mobilidade reduzida), é considerada bastante cara, já que os equipamentos precisam vir de fora do país, podendo inclusive ter problemas com burocracia e entrega (RJ1, 2018; BOM DIA RIO, 2019), recaindo mais uma vez na necessidade de cobrança de taxas elevadas ou subsídios estatais presentes, principalmente em caso de uma operadora privada concessionária.

Além disso, nem sempre apresentam bons resultados efetivos. A alternativa apenas liga dois pontos específicos, podendo contar com estações intermediárias também de alto custo, por ficarem geralmente em altura. Dessa forma, pode-se necessitar de deslocamentos complementares internos ao morro para se chegar ao acesso do teleférico, e ainda precisar de transporte complementar do ponto final ao destino desejado (que também pode ter difícil acesso).

Figura 11 - Teleférico do Complexo do Alemão.



Fonte: R7.com (2016).

### 3.3 PLANOS INCLINADOS

Os planos inclinados (funiculares) são usados em diversas cidades do mundo, a exemplo de Dallas (EUA) na *Cityplace station* (DART, 2018), ou o *Millennium Bridge Inclined Lift* em Londres (Inglaterra). Tal tecnologia também é existente na Bahia há muitos anos, no Centro Histórico de Salvador (Figura 12).

O plano inclinado pode atender de melhor forma à população por meio da instalação de estações (em nível, portanto, mais baratas) em seu trajeto, que permite a conexão de mais de um ponto ao longo do deslocamento, além de embarque fora dos pontos finais.

Por ser uma tecnologia também já implantada no Brasil, apresenta custos sensivelmente menores quando comparado a outras alternativas, podendo exigir menores tarifas e subsídios. Além disso, sua estrutura, geralmente em forma de cabine, permite também a entrada de pessoas com mobilidade reduzida, além de existir a possibilidade de integração com outros modos de locomoção, como bicicletas que podem adentrar a cabine.

Contudo, a presença dos trilhos pode necessitar de maiores desapropriações, além de provocar segregação da população de um lado e outro desses.

Figura 12 - Plano inclinado Gonçalves, Salvador-BA.



Fonte: R7.com (2014).

### 3.4 ELEVADORES

O uso de elevadores urbanos também já ocorre em diferentes locais como o Elevador Lacerda usado em Salvador-BA (Figura 13), o Elevador Municipal de Oregon (EUA), o Elevador do Carmo em Lisboa (Portugal) (LISBOA, 2018) e Mattelift em Berna (Suíça) (DIE BERNER MATTE, 2009). Tal estrutura também apresenta a facilidade de permitir o acesso de pessoas com mobilidade reduzida, além de ocupar pouco solo vertical, o que reduz necessidade de desapropriação.

Figura 13 - Elevador Lacerda, Salvador-BA.



Fonte: G1.com (2017).

Contudo, também recai na mesma consideração feita ao teleférico, de apenas conectar dois pontos no espaço, e ainda, requer investimento e manutenções constantes para que não incorram acidentes.

### 3.5 SOLUÇÕES PARA APLICAÇÃO

Assim, buscou-se primeiramente a escolha de três alternativas de intervenção para a região de estudo dos morros, que pudessem ser submetidas à análise de um grupo de especialistas em planejamento urbano e transportes.

Como visto, são aplicadas para melhorar a mobilidade em áreas de morros, a abertura de vias inclinadas e nos fundos de vales, escadarias, escadas rolantes, planos inclinados, elevadores e teleféricos. Contudo, os elevadores apresentam melhor aplicação quando o relevo se apresenta composto por cortes verticais que requerem uma conexão entre duas regiões de níveis diferentes. Assim, considerando que o relevo presente nos morros do Recife, embora tenha em pontos específicos tal característica, em geral se apresenta com declives contínuos, o que inviabiliza tal possibilidade.

Visando ainda abranger desde a opinião dos mais conservadores ou céticos, até os mais otimistas quanto às possibilidades de instalação e manutenção de equipamentos mecânicos por parte do poder público, resolveu-se estabelecer as três seguintes alternativas de intervenção:

- Solução 1: solução constando de novas e renovadas escadarias, reestruturação das vias e barreiras, e reorganização dos serviços de ônibus: tal solução constitui a possibilidade de melhoria mais simples e tradicional. Ela atende apenas a manutenção, complementação e reestruturação de sistemas já utilizados e existentes nos morros. Assim, essa alternativa se mostra mais executável em termos de gestão já conhecida e menores custos envolvidos, embora não traga grandes transformações quanto à mobilidade, especialmente para aqueles com dificuldades de locomoção;
- Solução 2: solução combinada com a solução 1 com adição de planos inclinados nos pontos críticos de maior demanda. Tal solução, embora mantenha as soluções tradicionais com suas limitações conhecidas, já traz uma aplicação tecnológica de maior poder de transformação. Além disso, esse acréscimo pode ser acessível a toda a população, e também permite a intermodalidade com uso de bicicletas dentro do veículo. Adicionalmente é uma tecnologia mais próxima, já utilizada com sucesso em outras cidades do país (Salvador-BA);
- Solução 3: solução combinada da solução 2 acrescida de teleféricos. Tal solução apresenta características de tecnologia mais sofisticada. No entanto, essa mesma característica pode trazer desconfiança quanto a sua possibilidade de aplicação com sucesso na região de estudo. Mesmo assim, essa seria a situação considerada praticamente completa, pois permitiria o deslocamento interno aos morros de forma acessível por meio dos planos inclinados, e conexão dos morros entre si e possivelmente ao SEI da região metropolitana. É importante destacar que essa solução de teleférico já foi apontada no Plano de Mobilidade do Recife elaborado em 2008, embora não transformado em Lei.

Assim, após contemplar opções plausíveis de aplicações de projetos de mobilidade para os morros, chegamos à questão de como fazer uma escolha racional e justificável entre tais

possibilidades. Levando em conta as condições mencionadas anteriormente do local de aplicação, responsabilidades do Estado, associado ainda à necessidade de se levar em conta os diversos critérios necessários a uma escolha adequada, observa-se a melhor aplicabilidade dos métodos multicritério de análise. Assim, agora seguimos a análise de tais métodos para escolha daqueles mais adequados a nossa realidade de aplicação.

## 4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS

Métodos de avaliação de projetos em geral provêm de técnicas para análise e aferição de diferentes alternativas para atingir um conjunto de objetivos de forma mais vantajosa para a sociedade. No caso dos transportes, após um projeto ter sua viabilidade técnica comprovada, este deve passar por uma análise que irá definir seus méritos, em meio a aspectos econômicos, financeiros, sociais, ambientais etc., de forma a obter as suas vantagens e as possíveis desvantagens envolvidas na sua implantação.

Tais méritos devem ser cuidadosamente observados de forma a que sejam implementados apenas os projetos que tragam reais ganhos à população, permitindo a escolha de projetos mais convenientes e evitando projetos antieconômicos ou mal dimensionados, principalmente quando se considera a escassez de recursos a qual o Estado está constantemente submetido. Uma tomada de decisão inadequada pode ainda ser de difícil reversão no futuro, trazendo ainda mais custos ao projeto, principalmente quando estes envolvem infraestruturas de custo irrecuperável (*sunk costs*), a exemplo do já supracitado teleférico do Complexo do Alemão. O teleférico do Alemão custou R\$ 253 milhões aos cofres públicos, mas em outubro de 2016 parou de funcionar porque o consórcio RioTeleféricos rompeu o contrato alegando falta de pagamento por parte do governo estadual (Portilho, 2019), estando fechado até a presente data.

Além disso, deve-se levar em conta que os diferentes atores envolvidos, tais como usuários, operadores e o Estado, podem apresentar visões conflitantes.

Entretanto, mesmo quando comprovado que o projeto não se sustenta financeiramente, deve-se recordar da necessidade do Estado de prover mobilidade com efetividade. Uma possibilidade para superar essa questão é avaliar o fluxo de caixa do projeto e verificar qual nível de subsídio é necessário.

Dessa forma, considerando as diversas facetas sob as quais se deve analisar a viabilidade de intervenções em infraestruturas, mesmo fazendo-se considerações quanto a questões econômico-financeiras, observa-se a fragilidade que o uso de métodos de análise puramente financeira teria para o julgamento dessa viabilidade. Dessa forma, essa dissertação concentra-se na avaliação da eficácia e aplicabilidade de métodos de análise multicritério.

Os métodos multicritério de avaliação de projetos, literalmente, fazem uma avaliação que permite a abrangência de diversos fatores de análise, indo além dos critérios econômicos

comumente avaliados. Assim, eles possibilitam a apreensão de valores diversos, incluindo aspectos subjetivos que não seriam facilmente percebidos em outras abordagens (aspectos econômicos, sociais, ambientais, institucionais etc.) permitindo uma abordagem mais completa da problemática (PACHECO; CONTRERAS, 2008).

Diversos pontos de vista são comumente utilizados para avaliar o desempenho de cada alternativa de projeto com relação os objetivos estabelecidos (CHAVES *et al.*, 2010). Assim, mais parâmetros são avaliados, por mais de um avaliador, trazendo uma visão mais ampla da questão tratada.

Os métodos incorporam informação subjetiva ou de preferência, que são fornecidas pelos tomadores de decisão ou estudiosos com experiência e conhecimento na área, o que leva a uma solução de compromisso por parte dos tomadores de decisão (ISHIZAKA; NEMERY, 2013). Esses métodos consideram que a experiência e a informação das pessoas são tão importantes quanto os modelos quantitativos utilizados na tomada de decisão (ROY, 1996).

Contudo, tal abordagem pode provocar vieses indesejados na avaliação em decorrência das afinidades e interesses dos entrevistados. Tal como apontado por Gomes e Gomes:

(...) o decisor fará suas atribuições de pesos para critérios influenciado por seus valores pessoais, que determinarão suas preferências. A cultura do decisor é determinada por suas ideias inatas, aprendidas, comportamentos observados, crenças, características da sociedade onde vive, desenvolvimento intelectual (o que pode ocasionar uma mudança de preferências durante o processo decisório), seu aprendizado familiar; valores apreendidos dos pais; valores determinados pelo(s) país(es) onde viveu; religião adotada ou ausência dela; e os assuntos que determinaram essa instrução; ambiente de trabalho (pessoas de convivência diária); cultura da empresa, ideologia política etc. (GOMES; GOMES, 2012).

Além disso, os modelos de decisão eventualmente são construídos considerando a estrutura de preferências dos decisores em questão, de forma que para decisores diferentes, o modelo poderá se apresentar de forma diferente e resultarem em outra solução. Assim, se requer atenção especial nos indivíduos selecionados para aplicação de tais métodos, além do apoio de processos estatísticos que possam reduzir respostas com tendências inadequadas (ALMEIDA, 2011).

Apesar de possíveis vieses, Gomes e Gomes (2012) elencam também as seguintes vantagens no uso dos métodos de apoio multicritério à decisão (AMD):

- a) os métodos AMD permitem uma abordagem mais abrangente e realista dos problemas complexos de decisão, à medida que se torna possível a modelagem de uma diversidade maior de fatores que se encontram envolvidos no processo decisório. Para isso, tanto critérios quantitativos quanto qualitativos podem ser incluídos na análise;
- b) a utilização da metodologia AMD numa organização de grande porte tem como grande vantagem promover ou facilitar a comunicação e a integração entre as partes envolvidas nos processos decisórios;
- c) o fato de a metodologia do AMD trabalhar com modelos em que as preferências do agente de decisão ficam claramente explicitadas permite maior organização e transparência do processo decisório, aumentando assim sua credibilidade;
- d) a metodologia do AMD propicia maior compreensão, por parte dos atores envolvidos no processo decisório, das diversas dimensões do problema. Assim, o modelo estabelecido inicialmente pode ser aprimorado com o decorrer do tempo, em função das discussões geradas durante sua concepção e posterior utilização prática;
- e) o método multicritério de apoio à tomada de decisão agrega um valor substancial à informação, à medida que não apenas permite a abordagem de problemas considerados complexos e, por isso mesmo, não tratáveis pelos procedimentos intuitivo-empíricos usuais, mas, também, aufere ao processo de tomada de decisão uma clareza e consequente transparência jamais disponível quando seus procedimentos - ou outros métodos de natureza monocritério - são empregados. (GOMES; GOMES, 2012).

Ainda, os diversos métodos englobados nas avaliações multicritério possuem diferentes particularidades de sua aplicação, indo desde a forma de aplicação com os agentes, até a forma de agregação e análise dos resultados, que podem requerer apenas análises qualitativas ou mesmo cálculos matemáticos elaborados com auxílio de computadores.

Majoritariamente, os métodos multicritério podem ser divididos em compensatórios e não compensatórios (VANDERLEI, 2018). Os métodos compensatórios utilizam a abordagem do

critério único de síntese, agregando os diferentes pontos de vista dos entrevistados dentro de uma única função, que deve ser otimizada para obtenção de uma análise classificatória. Devem-se analisar as condições de agregação dos diferentes critérios apontados e de construção do modelo que leve em consideração essa agregação de forma adequada. Nota-se, portanto, que ao agregar o desempenho em diferentes aspectos em uma única avaliação, o desempenho ruim em determinado aspecto pode ser compensado por desempenho favorável em outro (desde que excluídas condições limitantes para tais atributos avaliados). São conhecidos também como grupo da Escola Americana.

Já os métodos não compensatórios têm a abordagem da sobreclassificação (ou subordinação – termo em inglês: *outranking*): procura construir uma relação que representa as preferências estabelecidas pelo decisor. Consiste em explorar a relação de sobreclassificação entre uma alternativa e outra, de tal forma que ajude o decisor a resolver o seu problema optando pela alternativa que se sobrepõe as demais nos aspectos considerados. Além disso, tais métodos permitem a existência de outros graus de comparabilidade, incluindo indiferença e a própria incomparabilidade, em alguns. São conhecidos também como grupo da Escola Francesa (VANDERLEI, 2018).

Assim, cada método tem suas próprias limitações, particularidades, hipóteses e perspectivas que devem ser consideradas para sua adequada aplicação, sendo inclusive possível a utilização da combinação de diferentes metodologias que complementem os seus benefícios, desde que respeitados os axiomas inerentes de cada uma. Em seguida há uma sequência para a escolha de uma metodologia multicritério para decisão (ALMEIDA, 2011):

- a) Identificação dos decisores;
- b) Identificação dos objetivos;
- c) Estabelecimento dos critérios relevantes;
- d) Estabelecimento de estrutura de ações e desenvolvimento de geração de alternativas;
- e) Avaliação e identificação de fatores relevantes que não estão sob controle do decisor;
- f) Modelagem de preferências do decisor (sendo base para escolha do método);
- g) Avaliação intra-critério;
- h) Avaliação inter-critério;

- i) Avaliação global das alternativas;
- j) Análise de sensibilidade e robustez (sendo feitos testes indicados ou mesmo observando a variação de resultados a partir de variações incrementais nas avaliações);
- k) Análise dos resultados e elaboração de recomendação para o decisor;
- l) Implementação da decisão.

Destaca-se ainda, comentário feito pelo autor, que indica que estudos aplicados com diferentes métodos em mesma problemática poderão naturalmente resultar em conclusões diferentes, considerando que os métodos devem obedecer a diferentes axiomas, além de possuírem diferentes parametrizações e pesos aplicados (ZANAKIS *et al.*, 1998).

Goodwin e Wright (2004) apontam outros fatores que podem influenciar o processo de escolha de método a ser aplicado:

- a) Tempo disponível;
- b) Esforço requerido por uma dada abordagem;
- c) Conhecimento sobre o ambiente;
- d) A importância e uma decisão mais precisa e segura;
- e) Necessidade de justificar sua decisão para outros;
- f) Desejo de minimizar conflitos.

Outros aspectos destacados por Almeida (2003), são:

- g) O problema analisado;
- h) O contexto considerado;
- i) As informações disponíveis e o seu grau de precisão;
- j) A racionalidade requerida (compensatória ou não-compensatória), podendo estar associada ao tópico anterior;
- k) A estrutura de preferências do decisor;
- l) A problemática.

Dessa forma, inicia-se em seguida uma exposição sintética sobre os mais utilizados métodos multicritérios presentes na literatura, dando destaque a seus pontos fortes e fracos e como seriam aplicados mais adequadamente à problemática em questão da avaliação de propostas de mobilidade e acessibilidade para as áreas de morro.

#### 4.1 ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

O *Analytic Hierarchy Process* foi desenvolvido por Saaty, no entorno das décadas de 1970 e 1980, buscando obter um método que permitisse a hierarquização de alternativas por meio de um critério de somatório simples das avaliações de determinada solução em cada critério, após a utilização de um processo de ponderação desses próprios critérios (GOODWIN; WRIGHT, 2004; PACHECO; CONTRERAS, 2008; TZENG; HUANG, 2011; ISHIZAKA; NEMERY, 2013).

Esse método ajuda a resolver problemas complexos e a tomar melhores decisões em condições de mais de um atributo. O AHP permite avaliar critérios qualitativos e quantitativos. O método é baseado nos princípios de decomposição, julgamento comparativo e síntese de prioridades (GURU; MAHALIK, 2019).

Nota-se que esse método se encontra incluso nos denominados métodos com agregação aditiva. Neles, o valor geral da alternativa é dado pelo somatório das avaliações multiplicadas com um elemento ponderador para cada critério, sendo distinguidos entre si pelo processo de modelagem das preferências junto ao decisor. Isso somente pode ocorrer quando os critérios são independentes em preferência um sobre o outro. Tal limitação faz com que a utilização desses métodos seja feita com cautela, podendo-se agregar mais critérios que permitam eliminar possíveis dependências entre eles. Em caso de presença de interdependência preferencial, utiliza-se sua variação, também desenvolvida por Saaty (1996), o ANP (*Analytic Network Process*) que se utiliza de um processo de agregação multiplicativo (TZENG; HUANG, 2011; ALMEIDA, 2011; ISHIZAKA; NEMERY, 2013).

No processo do AHP, ocorre a 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. Tal atividade de hierarquização de um critério sobre outro é feita em uma etapa preliminar do processo, por meio de análise par a par feita por entrevistados, utilizando-se de escala de 1 a 9 estabelecida por Saaty para representar o grau de superioridade

entre as alternativas. Em outro momento, os decisores também serão utilizados para avaliar as alternativas quanto a esses critérios.

Especialistas, entretanto, criticam esta abordagem por acreditar que ela faz com que a ponderação perca certos aspectos importantes, levando erroneamente o decisor a avaliar diretamente o critério, sem levar em consideração as consequências dentro dos critérios (YAP *et al.*, 2019). Assim, é preciso comparar objetivos de acordo com o desempenho desses objetivos, para então se avaliar escolhas entre os valores em consideração (ALMEIDA, 2011).

O método, tal como os demais de multicritério, permite a obtenção da opinião de especialistas de diversas áreas do conhecimento. Como desvantagem, têm-se o problema com viés de preenchimento de acordo com o entrevistado, que pode criar tendências em sua resposta em prol de sua área de afinidade e interesse. Além disso, a ponderação dos critérios é feita visando à proporcionalidade. A exemplo, quando um critério é dito como duas vezes superior a outro e este segundo é dito como de igual importância que um terceiro, o primeiro também deve ser apontado como duas vezes superior ao terceiro. Problemas com preenchimento inadequado indo contra a proporcionalidade podem ocorrer com frequência, trazendo erros ao resultado final de hierarquização (ISHIZAKA; NEMERY, 2013). Tal complexidade se acentua quanto maior a quantidade de critérios a serem avaliados.

Como exemplo de aplicação desse método, em especial na área de transportes, tem-se a tese de Meira (2013), em que buscou-se responder à questão que, sendo reconhecida a necessidade de se promover políticas que estabeleçam uma mobilidade sustentável, quais as principais barreiras que se encontram para sua implementação?

Assim, a tese foi estruturada sobre uma análise AHP realizada a partir de respostas de questionários feitos a grupos de interesse distintos, de forma a observar se os diferentes atores teriam opiniões semelhantes ou diferentes quanto aos entraves para aplicação dessas políticas. O autor chegou à conclusão que o maior entrave existente residia na questão de vontade política, sendo consenso entre todos os grupos de entrevistados.

## 4.2 MATRIZ DE OBJETIVOS

Como sustentado na introdução desse capítulo, as análises custo-benefício não satisfazem completamente aos requisitos de um planejamento racional. Uma técnica alternativa de avaliação de projetos em termos operacionais para tomada de decisão, denominada Matriz de Obtenção de Objetivos (GAM) foi postulada por Hill (1973), assumindo a possibilidade de definir metas operacionais previamente.

O principal objetivo do método é o de convencer os tomadores de decisão de que os projetos recomendados combinam o uso de recursos de forma a maximizar ou pelo menos satisfazer o alcance dos fins. De acordo com essa técnica, os custos e benefícios de uma ação são as contribuições positivas e negativas para se alcançar cada objetivo formulado. Dessa forma, os custos e benefícios resultantes de uma ação particular são considerados apenas em relação aos objetivos para os quais tenham significância, ou seja, a ideia condutora é perceber custos e benefícios sempre em termos de alcance de objetivos.

A extensão do alcance da meta pode ser expressa em unidades monetárias, em outras unidades quantitativas ou em termos qualitativos, dependendo de como as metas relevantes foram definidas. Finalmente, é determinada a eficácia relativa das ações alternativas para alcançar o conjunto de objetivos desejados. Isso é feito aplicando um sistema de ponderação a objetivos, subgrupos, setores, locais ou atividades afetados. Quando essa técnica é adotada para avaliar planos de transportes são descritos os objetivos e medidas para aferir a extensão do alcance desses objetivos, depois os efeitos das alternativas de políticas são examinados.

A técnica da matriz de obtenção de objetivos (*goal achievement matrix*, ou simplesmente GAM) é um método de aplicação e agregação mais direta. Ela parte de uma lista hierarquizada de objetivos e metas secundários referentes a um programa de objetivo geral primário, composto de diversos projetos integrados. A avaliação das propostas é feita de acordo com sua capacidade de atingir fatores considerados necessários para se alcançar o objetivo final proposto. Cada meta a ser alcançada para o objetivo final do projeto é transformada por um critério ou objetivo secundário, mensurável pelo menos qualitativamente.

Tais objetivos são ponderados levando em conta a sua contribuição para obtenção do objetivo principal, ditado por um painel de especialistas. Os diversos critérios são assim listados e usados para avaliar as alternativas segundo essa métrica qualitativa e uniforme, e a soma das notas

(uma vez ponderadas) pode dar uma noção da avaliação geral do projeto (ou de projetos concorrentes, se houver mais de um).

Um exemplo de aplicação de tal metodologia foi feita no artigo de Wong (2001), onde é feita uma comparação entre três diferentes tipos de domínio e gerenciamento de trens de alta velocidade que podem ser usadas na China, mais especificamente entre Beijing e Shanghai. O método da Matriz de objetivos foi usado para hierarquizar as escolhas e chegar a um plano operacional ideal, considerando as opções:

- m) Administração por três agências separadas, o que já era feito no sistema de trilhos tradicional Beijing-Shanghai;
- n) Separação entre operação e posse, (cuidado com possível monopólio da infraestrutura que poderia comprometer competição de operadores em prol de lucro) (custos de transação e coordenação podem atrapalhar benefícios) e gerenciamento separado da operação e infraestrutura (este apoiado pelo poder público pelo alto custo);
- o) Combinação do gerenciamento de infraestrutura e operação.

#### 4.3 FAMÍLIA ELECTRE

Os métodos ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*) pertencem aos métodos de sobreclassificação, que permitem analisar a sobreposição de diferentes alternativas umas sobre as outras (problema de *ranking*) ou somente separar àquelas viáveis a serem aplicadas de acordo com os critérios escolhidos pelos tomadores de decisão e elaboradores da avaliação (problema de escolha ou "separação") (FIGUEIRA *et al.*, 2012).

No entanto, ele é relativamente complexo devido a muitos parâmetros técnicos e um algoritmo complexo de ser implementado. Os métodos baseiam-se na superioridade das comparações par a par das opções. Isto significa que cada opção é comparada com todas as outras opções (TZENG; HUANG, 2011; ISHIZAKA; NEMERY, 2013).

A partir de um conjunto de alternativas e de critérios, esse algoritmo procura reduzir o tamanho do conjunto de alternativas não dominadas pelas outras, em que o decisor já define os

pesos dos diversos critérios considerados, refletindo a importância relativa dos mesmos uns sobre os outros.

As alternativas podem ser eliminadas quando são dominadas por outras, dentro de certo grau especificado, ou ainda especificando limitações onde as opções se equivalem, reduzindo o tamanho do conjunto de alternativas possíveis e superiores, explorando o conceito de dominância. Para isso, são utilizados dois índices: o índice de concordância para medir a vantagem relativa de cada alternativa em relação a todas as outras e um índice de discordância para medir as desvantagens relativas (RASHMI TIWARI *et al.*, 2020).

Os métodos da família ELECTRE, segundo Figueiral, Mousseau e Roy (2005), são indicados para situações nas quais o decisor deseja avaliar as alternativas em pelo menos três critérios e é difícil agregar todos os critérios em uma única escala comum.

A partir desse ponto, será abordada mais especificamente a utilização de cada membro da família ELECTRE.

#### 4.3.1 ELECTRE I

O ELECTRE I busca eliminar alternativas superadas de acordo com um conjunto de pesos atribuídos pelo decisor a cada objetivo (critério) do problema, avaliando qualitativa ou quantitativamente, estabelecendo limites de concordância e discordância que permitem contemplar uma alternativa como superior, igual ou inferior à outra (ISHIZAKA; NEMERY, 2013; RASHMI TIWARI *et al.*, 2020).

Na concordância, é sinalizada a soma dos pesos (com valores entre zero e 1) dos critérios em que uma alternativa  $a$  se sai melhor que outra  $b$  (concordância entre  $a$  e  $b$ ), de forma que o índice entre as duas alternativas ( $C(a,b)$ ) implica na afirmação do quanto  $a$  sobreclassifica  $b$ . A concordância é aceita quando seu valor supera um valor limite determinado de decisor.

Na discordância, é considerado que não existem critérios onde a preferência em uma alternativa seja superior a outra em limites considerados inaceitáveis em relação à escolha da última. O índice é feito de diversas formas, sendo uma delas calculando a diferença máxima na avaliação (considerando todos os critérios) onde se tem a segunda alternativa superior a primeira, dividida pelo intervalo de escala deste mesmo critério considerado. Nessa, o índice entre duas

alternativas implica na afirmação de que a primeira não sobreclassifica a segunda, caso o índice supere valores predeterminados pelo decisor (FIGUEIRA *et al.*, 2012).

Para o caso de avaliações qualitativas ou ordinais, os limites de discordância e concordância podem ser estabelecidos também qualitativamente. Em caso de se confirmarem concordância e discordância para o mesmo par, é dito que as alternativas são indiferentes. Podem existir duas alternativas que não são diretamente comparadas entre si.

Assim, o método procura reduzir o conjunto de alternativas para o menor possível, tentando apoiar a decisão por meio da escolha de um subconjunto, tão restrito quanto possível, contendo as ações que foram consideradas como melhores (ROGERS; BRUEN; MAYSTRE, 2000), por meio de matrizes de concordância e discordância que medem a vantagem e a desvantagem relativa, par a par entre as alternativas, estabelecendo a sobreclassificação entre as alternativas.

Após a sobreclassificação ser determinada, é feita a análise do *kernel*<sup>1</sup>. Ele pode ser determinado selecionando primeiro as alternativas que não são sobreclassificadas por nenhuma outra, e depois aquelas que não são sobreclassificadas pelas selecionadas anteriormente, nem pelas que são selecionadas agora. Em caso da presença de circuitos de sobreclassificação fechados, pode haver mais de um *kernel* ou mesmo nenhum *kernel* (ALMEIDA, 2011).

Esse método é usado em um problema de escolha em que o tomador de decisão irá selecionar, entre um determinado conjunto de opções, o menor subconjunto que contém as melhores opções.

#### **4.3.2 ELECTRE II**

O método ELECTRE II trata da problemática de ordenação, sendo considerado uma extensão do método ELECTRE I, pois necessita dos dois grafos produzidos pelo primeiro (de concordância e discordância), como dados de entrada. O método ELECTRE II busca ordenar um conjunto de alternativas da melhor para a pior. São utilizados os conceitos de matriz de concordância e discordância para ordenar o conjunto de alternativas, em que o primeiro mede a vantagem relativa de cada alternativa sobre todas as outras e o segundo mede a desvantagem

---

<sup>1</sup> O *kernel* é o conjunto de alternativas que não sobreclassifica nenhuma outra alternativa dentro do conjunto.

relativa, agora de forma ordenada. Dessa forma, se vislumbra quais as melhores e piores opções de acordo com as preferências estabelecidas pelo decisor sob forma dos limites de concordância e discordância. (RASHMI TIWARI *et al.*, 2020). Nesse método, são utilizadas duas relações de classificação entre alternativas (CHAVES *et al.*, 2010):

- p) Sobreclassificação forte: ocorre apenas quando o índice de concordância entre duas alternativas é superior a um limite de concordância forte estabelecido pelo decisor. Além disso, é preciso que o índice de discordância forte seja inferior a um valor de discordância forte também pré estabelecido;
- q) Sobreclassificação fraca: ocorre apenas quando o índice de concordância entre duas alternativas é superior a um limite de concordância fraco estabelecido pelo decisor (inferior ao de concordância forte). Além disso, é preciso que o índice de discordância seja inferior a um valor de discordância fraco também pré estabelecido (inferior ao de discordância forte).

Depois, são realizados dois *rankings* de alternativas. Neste trabalho, será utilizada metodologia usada por Vandelei (2018):

- 1) É calculada a matriz de concordância, de forma que quando a solução X tiver melhor ou igual à avaliação no critério que a solução Y, o quadro da coluna CX,Y conterá o valor do critério em questão, caso contrário, será zero. A concordância final CX,Y será a soma de todos a coluna (soma dos pesos dos critérios em que X tem melhor ou igual avaliação que Y);
- 2) Tais valores são visualizados em uma matriz par a par de concordância, onde os elementos indicam a concordância em que a solução da linha é superior a solução da coluna. A soma dos elementos da matriz, divididos por  $n(n-1)$ , onde n é o número de soluções, nos indicará o valor p. O valor p então permite estimação dos valores p+ (valores a partir dos quais temos concordância forte) e p- (valores a partir dos quais consideramos concordância fraca);
- 3) Para análise da discordância, avalia-se a diferença máxima entre as avaliações para cada critério, e obtêm-se a diferença máxima geral. Posteriormente, avalia-se a diferença de avaliação para cada solução em cada critério de forma paritária (DX,Y), obtendo então a diferença máxima existente entre as duas

soluções em um critério qualquer (lembrando que  $DX, Y$  é dada pela diferença de avaliação de  $Y$  menos avaliação de  $X$ ). A discordância entre duas soluções é dada por essa diferença dividida pela diferença máxima anteriormente encontrada;

- 4) Mais uma vez, tais valores são visualizados de forma paritária, indicando a discordância da solução da linha pela solução da coluna. Os valores dessa matriz são somados e mais uma vez divididos por  $n(n-1)$ , obtendo o valor  $q$ . Esse valor nos permitirá estimar os valores  $q+$  (valor abaixo do qual há discordância forte) e  $q-$  (valor abaixo do qual a discordância fraca);
- 5) Os valores  $p+$ ,  $p-$ ,  $q+$  e  $q-$  nos permitem criar as matrizes de concordância forte e fraca, e discordância forte e fraca, onde o valor 1 indica que aquela concordância/discordância ocorre entre o par, enquanto zero indica o contrário;
- 6) Com o auxílio dessa matriz, chega-se então as matrizes de sobreclassificação: ocorre sobreclassificação forte quando ocorre para um par de soluções concordância e discordância fortes da solução da linha em relação a solução da coluna (simbolizado pelo 1 na matriz); ocorre sobreclassificação fraca quando ocorre concordância fraca e discordância fraca para aquele par da solução da linha em relação a solução da coluna (simbolizado pelo 1 na matriz);
- 7) A nota para uma solução será dado pela soma dos valores de sua linha menos a soma de valores de sua coluna (que indica quando aquela solução foi sobreclassificada por outra), fazendo-se isso para sobreclassificação fraca (para o *ranking* fraco) e para a matriz de sobreclassificação forte (para o *ranking* forte), estabelecendo o *ranking* a partir das notas decrescentes obtidas;
- 8) As notas fracas e fortes são somadas, elaborando-se então o *ranking* final.

Determinam-se assim, as pré-ordens, podendo existir indiferenças entre alternativas, que deverão ser combinadas a partir de análises e de critérios do decisor.

### 4.3.3 ELECTRE III

O ELECTRE III também é utilizado para problemas de classificação, pois tem por objetivo ordenar as alternativas da melhor para a pior, acrescentado-se desta vez a propriedade de se fazer

valorações às alternativas para sua classificação, considerando-se ainda sua habilidade para lidar com dados imprecisos e incertos (MARZOUK, 2011).

Porém, esse método envolve famílias de pseudocritérios na modelagem, ou seja, são inseridos não só limiares de preferência, mas também de indiferença, utilizando limites com limiar superior e inferior, que devem ser trabalhados matematicamente para indicação de preferência dos entrevistados sobre os critérios avaliados (MIGLIETA, 2019).

O método calcula os índices de concordância e discordância par a par entre as alternativas, de forma a construir posteriormente uma relação de classificação baseada no Grau de sobreclassificação entre alternativas. Tal índice indica a credibilidade da sobreclassificação de uma alternativa sobre a outra, por meio de valores entre zero e 1. Neste método, o índice de concordância  $C$  entre alternativas  $a$  e  $b$  é dado pelas Equações 1 e 2 (ALMEIDA, 2011):

$$C(a, b) = \sum_{i=1}^n P_i c_i(a, b) \quad (1)$$

$$c_i(a, b) = \begin{cases} 1, & \text{se } g_i(a) + q_i(g_i(a)) \geq g_i(b) \\ 0, & \text{se } g_i(a) + q_i(g_i(a)) \leq g_i(b) \\ \text{linear entre os dois limites} \end{cases} \quad (2)$$

Onde  $P_i$  é o peso do critério  $i$  de  $n$  critérios; e  $q_i$  e  $p_i$  são os limiares de indiferença e preferência determinados pelo decisor (podendo ser variáveis ou não com  $a$ ).

Para o índice de discordância  $D$ , é feito como na Equação 3:

$$D_i(a, b) = \begin{cases} 1, & \text{se } g_i(a) + v_i(g_i(a)) \leq g_i(b) \\ 0, & \text{se } g_i(a) + p_i(g_i(a)) \geq g_i(b) \\ \text{linear entre os dois limites} \end{cases} \quad (3)$$

Onde  $v_i$  é o índice de veto, que automaticamente rejeita a credibilidade da sobreclassificação da primeira alternativa sobre a segunda, sendo também determinado pelo decisor (podendo ser variável ou não com  $a$ ).

Assim, de posse desses valores é calculado o grau de sobreclassificação  $S$  das alternativas pela Equação 4:

$$S(a, b) = \begin{cases} C(a, b) & \text{se } D_i(a, b) \leq C(a, b), \forall i \\ C(a, b) \prod_{i: D_i(a, b) > C(a, b)} \frac{1 - D_i(a, b)}{1 - C(a, b)} & \end{cases} \quad (4)$$

Com tais valores, são então elaboradas duas pré-ordens. A primeira é feita ordenando as alternativas da com melhor, para com pior desempenho. A segunda pré-ordem é feita pelo mesmo processo, mas aplicando a lógica para as alternativas com pior para o melhor desempenho.

Se utiliza o valor de  $\lambda = \max S(a, b)$  como referência para a sobreclassificação, utilizando-se então de valores próximos a  $\lambda$ . A relação  $S(a, b)$  é aceita se  $S(a, b) \geq \lambda - s(\lambda)$ , onde se tem, determinado pela literatura, que  $s(\lambda) = 0,3 - 0,15\lambda$ .

Só então é determinado um índice de qualificação  $Q(a)$ , que corresponde ao número de alternativas em que  $a$  é preferível menos o número de alternativas que são preferíveis a  $a$ .

#### 4.3.4 ELECTRE IV

A única diferença entre ELECTRE I e ELECTRE IV é a introdução do conceito de veto: se uma opção é mal avaliada em um único critério de comparação com outra opção, a opção será, então, considerada como superada, independentemente do seu desempenho nos outros critérios, evitando assim um possível efeito de compensação.

Também não estipula os pesos dos critérios, ordenando sem introduzir ponderação nos critérios. Admite-se dessa forma, que não haja informação suficiente para os decisores a respeito das importâncias relativas entre os critérios, impedindo que estes façam uma distinção na importância desses (VINCKE, 1999).

#### 4.3.5 ELECTRE IS

A diferença do ELECTRE I para o ELECTRE IS é que este adota pseudocritérios, ou seja, quando a estrutura de preferência associada é uma pseudo-ordem, que corresponde ao modelo com limiar duplo (ALMEIDA, 2011; ISHIZAKA; NEMERY, 2013).

#### 4.3.6 ELECTRE TRI

O ELECTRE TRI é um método multicritério de classificação que trata de problemas que também utilizam pseudocritérios para estabelecer as relações de subordinação. O método busca, dessa forma, resolver problemas de classificação ordenada, objetivando classificar as alternativas presentes no conjunto de alternativas viáveis em classes que mantêm uma relação de preferência entre si, na qual os limiares de preferência e indiferença constituem as informações intracritérios. A alocação de uma alternativa  $a$  em uma classe, resulta da comparação de  $a$  com perfis definidos de limites das categorias consideradas (COSTA *et al.*, 2007).

No ELECTRE TRI, as alternativas são comparadas com classes pré-definidas e ordenadas (ou de referência), sendo finalmente associadas a uma dessas classes. A comparação é feita se usando os valores para os critérios dados pelas alternativas e os valores para os critérios que caracterizam as bordas das classes de referência (SOUSA; ALMEIDA; COUTINHO-RODRIGUES, 2020).

São consideradas as avaliações das alternativas para cada critério ( $g_i(a)$ ) e um conjunto de  $p$  perfis ( $bh$ ). Definem-se então  $(p+1)$  categorias, em que os  $b$  representarão os limites superiores de uma categoria  $Ch$  e limites inferiores de  $Ch+1$ , com  $h$  indo de 1 a  $p$ .

As preferências de cada critério são definidas por meio de pseudocritérios, nos quais os limiares de preferência  $p_j[g(bh)]$  e indiferença  $g_j[g(bh)]$  são as informações intracritério. Dessa forma,  $q_j[g(bh)]$  é a maior diferença entre  $g_j(a) - g_j(bh)$  e  $p_j[g(bh)]$  é a menor diferença de  $g_j(a) - g_j(bh)$ .

Com essa metodologia com pseudocritérios, cria-se uma zona de hesitação, evitando passagem repentina na indiferença para preferência, sendo determinado pôr fim a sobreclassificação da alternativa  $a$  em relação aos perfis  $bh$ . Há ainda critério de veto  $v_j(bh)$ , que representa a menor diferença  $g_j(bh) - g_j(a)$ , que torna incompatível a "afirmação a sobreclassifica  $bh$ ".

Os índices de concordância parcial  $c_j(a,b)$  (Equação 5), concordância  $c(a,b)$  (Equação 6) e discordância parcial  $d_j(a,b)$  (Equação 7) entre as alternativas  $a$  e  $b$  são feitos por (ALMEIDA, 2011):

$$c_j(a, b) = \begin{cases} 1, \text{ se } g_j(b_h) - g_j(a) \leq q_j(b_h) \\ 0, \text{ se } g_j(b_h) - g_j(a) \geq p_j(b_h) \\ \frac{p_j(b_h) + g_j(a) - g_j(b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)}, \text{ de outra forma} \end{cases} \quad (5)$$

$$c(a, b) = \frac{\sum_{j \in F} k_j c_j(a, b_h)}{\sum_{j \in F} k_j} \quad (6)$$

$$d_j(a, b) = \begin{cases} 1, \text{ se } g_j(b_h) - g_j(a) > v_j(b_h) \\ 0, \text{ se } g_j(b_h) - g_j(a) \leq p_j(b_h) \\ \frac{g_j(b_h) + g_j(a) - p_j(b_h)}{v_j(b_h) - p_j(b_h)}, \text{ de outra forma} \end{cases} \quad (7)$$

Onde  $F = \{j \in F: d_j(a, b_h) > c(a, b_h)\}$ .

É calculado ainda o chamado grau de credibilidade  $\sigma(a, b_h)$ , entre 0 e 1, sobre a afirmação de sobreclassificação de  $a$  sobre  $b_h$ , por meio da Equação 8:

$$\sigma(a, b_h) = c(a, b_h) \prod_{j \in F} \frac{1 - d_j(a, b_h)}{1 - c(a, b_h)} \quad (8)$$

A afirmação é então aceita quando  $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ , onde  $\lambda$  inicia um nível de corte entre 0,5 e 1. Dessa forma, se avalia:

- $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$  e  $\sigma(b_h, a) \geq \lambda$ , então  $a$  é indiferente a  $b_h$ ;
- $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$  e  $\sigma(b_h, a) < \lambda$ , então  $a$  é preferível a  $b_h$ ;
- $\sigma(a, b_h) < \lambda$  e  $\sigma(b_h, a) \geq \lambda$ , então  $b_h$  é preferível a  $a$ ;
- $\sigma(a, b_h) < \lambda$  e  $\sigma(b_h, a) < \lambda$ , então  $a$  é incomparável a  $b_h$ .

Por fim, são escolhidos dentre dois métodos para atribuição de classes às alternativas consideradas:

- Comparar  $a$  sucessivamente com os perfis  $b$ , começando de  $b_p$  (maior  $b$ ) até  $b_0$  (menor  $b$ ), tal que, quando comprovada a preferência de  $a$  sobre  $b_h$ ,  $a$  se classifica na categoria  $Ch+1$ ;
- Comparar  $a$  sucessivamente com os perfis  $b$ , começando de  $b_0$  (menor  $b$ ) até  $b_p$  (maior  $b$ ), tal que, quando comprovada a preferência de  $b_h$  sobre  $a$ ,  $a$  se classifica na categoria  $Ch$ .

Dessa forma, a classificação obtida ainda segue as premissas de não compensação, em que uma boa avaliação em um critério não compensa uma má avaliação em outro critério, ao mesmo tempo que permite uma escolha entre as alternativas, observando qual se situa com avaliações nos limites mais desejáveis das classes (SOUSA; ALMEIDA; COUTINHO-RODRIGUES, 2020).

#### 4.4 TEORIA DA UTILIDADE MULTIATRIBUTO

A teoria da utilidade multiatributo ou *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT), se utiliza da teoria da utilidade, associando a ela o uso de múltiplos critérios (atributos) para análise do problema. Ainda, um enfoque tomado da teoria de decisão permite tratar as incertezas do problema a partir do uso de conhecimento a priori de especialistas na questão, levando em conta os pontos de estado da natureza, ações que o decisor pode adotar e as consequências das possíveis decisões. Dessa forma, a MAUT é mais adequada, por exemplo, em estudos de contexto probabilístico que envolvem risco, mesmo sendo considerada uma abordagem mais sofisticada (ISHIZAKA; NEMERY, 2013; DA SILVA *et al.*, 2020).

Assim, a MAUT tem como vantagem a resolução adequada de problemas que envolvem modelagem probabilística, já que as incertezas da análise são inseridas dentro da estrutura do modelo. Inclusive, outra questão forte do MAUT é a presença de uma estrutura axiomática que permite uma tomada de decisão mais consistente. Contudo, tal característica também pode ser problemática no sentido de trazer mais limitações na utilização do método, já que a abordagem do problema deve ser feita de forma condizente com seus axiomas (ALMEIDA, 2011).

Diretamente, o objetivo do método é encontrar a alternativa que deixe o decisor mais satisfeito com os resultados obtidos por ela, quando analisando a luz dos critérios selecionados para análise.

Para isso, as avaliações da alternativa para cada critério devem ser combinadas por meio de um índice, denominado índice de valor, que condiz com a chamada função utilidade do problema. A função deve assumir o valor 1 quando todos os critérios são atendidos ao máximo (quando a consequência obtida é a ideal) e zero quando os critérios não forem nem um pouco atendidos (quando a consequência obtida é a mais indesejada). Outras consequências devem se situar com probabilidade intermediária.

A teoria da utilidade consiste em empregar as probabilidades na obtenção do valor esperado das suas respectivas consequências, seja de forma direta a partir do conhecimento de especialistas, ou por funções de probabilidade adotadas. Assim, o método é baseado na construção de funções de utilidade/preferência individuais para cada fator, de forma que essas funções quantifiquem e qualifiquem a preferência do pesquisado por uma alternativa sob condições de incerteza presentes na equação (REDISKE *et al.*, 2020). Dessa forma, o método se baseia na hipótese de que os tomadores de decisão tentarão otimizar (de forma consciente ou não) uma função que agregue todos os pontos de vista a serem avaliados.

Para se obter a função utilidade, primeiro se obtêm as funções utilidade de cada atributo separadamente, fazendo a análise de quanto cada atributo contribui para a análise total e verificando as possíveis dependências entre os atributos (obter a função de um atributo X considerando um valor fixo de outro atributo Y, determinando a utilidade marginal do atributo) (DOTOLI; EPICOCO; FALAGARIO, 2020).

Em caso de independência da utilidade de um atributo sobre a utilidade de outro, a função utilidade pode ser dita tal como na Equação 9:

$$u(x, y) = k_1u(x) + k_2u(y) + k_3u(x)u(y) \quad (9)$$

Onde cada  $k$  é uma constante de escala, e o somatório de todos eles deve resultar em 1, estando cada  $k$  compreendido entre zero e 1. As constantes são obtidas para cada critério pelo valor da utilidade que este encontra no valor máximo (melhor consequência) e os demais estando em seu valor mínimo (piores consequências).

Para o caso de independência aditiva, a função de utilidade aditiva pode ser expressa para uma alternativa  $a$  para cada critério  $j$  como na Equação 10:

$$u(a) = \sum_{j=1}^n k_j u_j(a) \quad (10)$$

A independência aditiva é comprovada quando, tendo-se dois critérios  $X$  e  $Y$  com consequências  $x_1$  e  $x_2$ ; e  $y_1$  e  $y_2$  respectivamente, as probabilidades não se alteram quando se compara  $(x_1, y_1)$  e  $(x_2, y_2)$ ; ou  $(x_1, y_2)$  e  $(x_2, y_1)$ .

Para montar a função utilidade de um atributo, é necessário se observarem os axiomas da teoria da utilidade que são (ALMEIDA, 2011; GOMES; GOMES, 2012; ISHIZAKA; NEMERY, 2013):

- Ordenabilidade: podemos ter, dentre duas consequências  $A$  e  $B$  em um critério, que  $A$  é preferível a  $B$  ( $A \succ B$ ),  $B$  é preferível a  $A$  ( $B \succ A$ ), ou que  $A$  é indiferente de  $B$  ( $A \sim B$ );
- Transitividade: se  $A \succ B$  e  $B \succ C$ , então  $A \succ C$ . Se  $A \sim B$  e  $B \sim C$ , então  $A \sim C$ ;
- Continuidade: se  $A \succ B \succ C$ , então existe  $p$ , onde  $0 < p < 1$ , tal que  $B \sim (A, p; C, 1-p)$ ;
- Substitutabilidade: se  $A \sim B$ , então  $(A, p; C, 1-p) \sim (B, p; C, 1-p)$ ;
- Redutibilidade: tem-se que  $[(A, p; B, 1-p), q; B, 1-q] \sim (A, pq; B, 1-pq)$ ;
- Dominância: se  $A \succ B$ , então existe uma probabilidade  $p$  entre zero e 1, em que a probabilidade da consequência  $A$  ocorrer é  $p$  e a de  $C$  é  $1-p$  ( $[A, p; C, 1-p]$ ), que é preferível a opção de  $B$  ocorrer com consequência  $p$  e  $C$  ocorrer com probabilidade  $1-p$  ( $[A, p; C, 1-p] \succ [B, p; C, 1-p]$ ). Isso ocorre também para indiferença;
- Arquimedeano (ou de monotonicidade): se  $A \succ B \succ C$ , então existem  $p$  e  $q$ ,  $0 < q < p < 1$ , tal que  $[A, p; C, 1-p] \succ [B, p; C, 1-p] \succ [A, q; C, 1-q]$ .

Somente seguindo e aceitando as estruturas desses axiomas, é que o decisor irá, através de entrevistas, dar os valores de utilidade para cada consequência de cada atributo considerado.

Dessa forma, quando não há situação de incerteza que envolva o uso de probabilidades, não há muito sentido no uso do MAUT, podendo ser utilizada a função valor multiatributo. Nessa, não é utilizada probabilidade, assumindo a hipótese de que há certeza na obtenção das consequências para as alternativas.

Além disso, observa-se a complexidade envolvida na utilização do método, principalmente na montagem das funções de utilidade para os atributos, que podem inclusive não chegar a um consenso quando se trata de um grande quadro de entrevistados, além dos próprios cálculos e recursos computacionais necessários para sua implementação e análise, principalmente no momento de verificar a sensibilidade dos resultados obtidos (variação de resultado significativa com pequena variação de parâmetros) (DOTOLI; EPICOCO; FALAGARIO, 2020).

#### 4.5 SMARTS E SMARTER

A técnica *Simple Multi-Attribute Rating Technique* (SMARTS) foi desenvolvida por Edward e Barron em 1994 e faz parte dos métodos de agregação aditivos. Esse método permite elencar pesos por meio da técnica chamada *swing*, onde é considerada a faixa de variação de um critério do valor máximo ao mínimo, sendo estes valores extremos usados para a comparação entre os diversos critérios (GOODWIN; WRIGHT, 2004). Tal avaliação permite que os tomadores de decisão estabeleçam prioridades sem expressar valores diretos de pesos para os critérios, o que costumeiramente é considerada uma tarefa difícil (SIHOMBING *et al.*, 2019).

Dessa forma, são obtidas as chamadas constantes de escala usadas na agregação das avaliações em cada critério. Para a condução do método, seguem as etapas (ALMEIDA, 2011):

- 1) Identificam-se os decisores e se estabelecem os problemas a serem tratados;
- 2) Estabelecem-se os objetivos a partir dos problemas, obtendo também as variáveis que os representam;
- 3) Estabelecem-se as alternativas propostas para solução dos problemas;
- 4) Obtêm-se a matriz com todas as consequências das alternativas em função dos critérios;

- 5) Eliminam-se as alternativas consideradas dominadas, tomando cuidado para não reduzir excessivamente a faixa máximo-mínimo de cada critério (o que pode comprometer o *swing* para elencar os pesos);
- 6) É feita a avaliação intra-critério das alternativas;
- 7) Efetua-se o *swing* para ordenação dos critérios. Tal processo é feito se considerando uma alternativa hipotética que apresenta o pior desempenho em todos os critério. Então o decisor é questionado se ele pudesse melhorar esta alternativa para atingir o valor máximo em um único critério, qual seria este. Tal critério será considerado com maior peso. A pergunta é refeita excluindo o critério escolhido na rodada anterior, de forma a obter o critério com segundo maior peso, e assim por diante;
- 8) Continua-se o *swing* agora para obtenção dos pesos, adotando peso máximo, a depender da escala escolhida, para o maior peso, e perguntando ao decisor quais os pesos dos demais critérios na ordem decrescente de pesos elencada anteriormente. Depois, é feita normalização dos pesos dividindo o valor do peso dado pelo somatório de todos os pesos;
- 9) É feito o processo de agregação, somando-se os valores de cada alternativa para cada critério ponderado pelos pesos da etapa anterior, fazendo-se então da escolha de maior valor.

O método SMARTER assemelha-se ao SMART modificando-se apenas a etapa 8:

- 8) Após a sequência de importância de os critérios ser determinada na etapa anterior, são distribuídos os pesos sem nova consulta ao decisor. Utiliza-se, por recomendações de especialistas, o procedimento ROC (*Ranking Order Centroid*), aplicando a seguinte equação para os  $n$  critérios obtendo os pesos  $w$  para cada critério  $i$  é dado na Equação 11:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=i}^n \frac{1}{j} \quad (11)$$

Tal abordagem retira a responsabilidade de elicitação de pesos do decisor.

Hayati *et al.* (2019) elencam vantagens para o uso do método SMART em relação a outros métodos de tomada de decisão:

- No método SMART, a adição ou retirada de alternativas não afetará o cálculo da ponderação, pois cada alternativa de avaliação não depende mutuamente;
- O método de cálculo do teclado SMART é muito simples, de modo que não requer cálculos complicados que exijam uma forte compreensão da matemática. O uso de um método complexo tornará aos usuários dificuldades de se entender como o método funciona;
- O processo de análise de alternativas e critérios no SMART é claro para o usuário, de forma que ele pode entender como a alternativa foi escolhida. As razões pelas quais ele selecionou alternativas podem ser vistas nos procedimentos executados no SMART, começando pela determinação dos critérios, ponderação e valorização de qualquer alternativa;
- O método SMART suporta múltiplos critérios de tomada de decisão que permitirão ao usuário determinar a decisão correta;
- Na ponderação usada no método SMART, existem diferentes tipos de ponderação. A ponderação direta é mais flexível porque o usuário pode variar os pesos dos critérios de acordo com o grau de importância dos critérios desejados.

#### 4.6 *EVEN SWAPS*

O método do *Even Swaps*, elaborado por Hammond *et al.* (1998), é também chamado de trocas justas, sendo baseado na premissa da realização de *trade-off* na escolha de alternativas. Tal método é aplicado observando-se os prós e contras de cada alternativa e eliminando-se os prós e contras que se equilibram.

Ao tomar uma decisão que leva em consideração vários critérios, uma das dificuldades é comparar critérios que são medidos usando escalas diferentes, por exemplo, escala métrica e monetária. Ao forçar um tomador de decisão a pensar no valor de um critério em termos de outro, o *Even Swaps* fornece uma maneira prática de fazer trocas entre qualquer conjunto de critérios

(HAMMOND *et al.*, 1998). Ele fornece uma maneira de ajustar as consequências das alternativas consideradas, a fim de torná-las equivalentes em termos de um critério escolhido, tornando esse critério irrelevante para análises posteriores (MILUTINOVIC; AHONEN-JONNARTH; SEIPEL, 2020).

Inicialmente, são eliminadas as alternativas dominadas por outras (com critérios avaliados inferiormente a outras) e depois são eliminados os critérios para os quais as alternativas apresentam mesmo desempenho. Depois, avalia-se o desempenho das alternativas para pares de critérios, verificando a possibilidade de se efetuarem os *trade-offs*, eliminando critérios onde haja empates. Ajustes podem ser realizados no desempenho das alternativas de forma a permitir mais equivalências para trocas, fazendo reduções na avaliação de um critério compensadas por aumentos na avaliação de outro critério. Mesmo assim, atenta-se para o cuidado de fazer o decisor pensar sobre os valores atribuídos para as alternativas, de forma a fazer *trade-offs* de forma racional e mensurada (LAHTINEN *et al.*, 2020).

#### 4.7 MACBETH

O método denominado *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (MACBETH) promove julgamentos qualitativos sobre diferenças de atratividade por meio de uma escala com seis níveis entre as opções, permitindo também a construção de uma escala numérica (BANA E COSTA; VANSNICK, 1997).

A construção do problema é feita a partir da ideia de construir uma escala para os objetivos, tanto quantitativamente quanto qualitativamente sem forçar que a função de agregação produza representações numéricas diretas das preferências e envolvendo apenas dois elementos dos objetivos para cada julgamento requerido na função (ALMEIDA, 2011).

O MACBETH é uma abordagem interativa que, com base nos julgamentos de um avaliador  $E$  sobre a atratividade dos elementos de um conjunto de opções  $S$ , orienta a construção de uma escala de intervalo  $v$  em  $S$ . Essa escala é uma escala numérica  $v: x \in S \rightarrow v(x) \in \mathfrak{R}$  para os quais a ideia de diferença de atratividade se torna significativa. A abordagem para derivar essa escala consiste no seguinte (BANA E COSTA *et al.*, 1999):

- Em um primeiro estágio, usar um procedimento de questionamento simples envolvendo apenas duas opções em cada questão (análise paritária) e atribuir um número real  $v(x)$  a cada opção  $x$  de  $S$  com base em regras simples de medição para quantificar as informações de preferência fornecidas por  $E$ . O procedimento de questionamento de MACBETH consiste em pedir a  $E$  para julgar verbalmente os elementos de forma paritária de  $S$  (com  $x$  tão atraente quanto ou mais atraente que  $y$ ) escolhendo uma das seguintes categorias semânticas: neutro, muito fraco, fraco, moderado, forte, muito forte, e extremo;
- Numa segunda etapa, discutir com  $E$  sobre a cardinalidade da escala  $v$  construída na primeira etapa.

Dessa forma, se observa que a escala é construída com formulações de problemas de programação linear que criam as condições para a construção da escala intervalar, requerendo assim apoio computacional. Para esse método em específico, destaca-se o uso do programa M-MACBETH, que além da facilidade para aplicação da avaliação pelo entrevistador para com o avaliador, ainda permite análises automáticas quanto à consistência das respostas, ainda permitindo ajustes pelo próprio avaliador (ISHIZAKA; NEMERY, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

#### 4.8 LEXOGRÁFICO

O método Lexográfico enquadra-se nos denominados métodos ordinais, onde a avaliação intracritério requer a utilização de uma escala ordinal. O método segue a seguinte sequência (ALMEIDA, 2011):

- 1) Os critérios adotados são colocados em ordem de importância;
- 2) As alternativas são ordenadas em função do seu valor para o critério mais importante;
- 3) Para os subconjuntos de alternativas em mesma colocação, essas são ordenadas de acordo com sua avaliação para o segundo critério mais importante;
- 4) Repete-se o processo para os demais critérios, até que não restem critérios em mesma colocação.

O método é considerado também não compensatório, já que o desempenho em uma alternativa não compensa o desempenho em outra, restringindo a avaliação de acordo com a ordem dos critérios.

#### 4.9 BORDA

O método de Borda surgiu em 1781, sendo adaptado ao uso de multicritério posteriormente, seguindo a ideia básica de posição ponderada por meio de estrutura axiomática. São ordenadas as alternativas para cada critério, atribuindo pontos para cada colocação, tendo maior pontuação a mais bem colocada. Depois, é feita uma soma com todas as pontuações para cada alternativa avaliada. As alternativas são então ranqueadas de acordo com o número de pontos obtidos (DE CARVALHO *et al.*, 2020).

Uma crítica feita ao método é a dependência direta com as alternativas consideradas, já que a retirada ou substituição de alternativas pode modificar drasticamente a ordem obtida (ALMEIDA, 2011). Também, a necessidade de se avaliar quantitativamente pode eventualmente causar problemas para os entrevistados, além da possibilidade de acontecerem empates e possíveis problemas de compatibilidade ao se analisarem diferentes critérios em conjunto (LI; HE, 2020).

#### 4.10 CONDORCET

O método foi proposto pelo Marquês de Condorcet, em 1785, sendo também adaptado a método multicritério posteriormente. Consiste em uma comparação par a par, onde a alternativa vencedora do par será aquela que obtiver vantagem sobre a outra em um maior número de critérios. Duas alternativas que são favorecidas em um mesmo número de critério, são ditas como indiferentes (ALMEIDA, 2011; MONTES *et al.*, 2020).

Uma crítica feita ao método, é que nem sempre se terá uma condição de transitividade, tendo a situação denominada paradoxo de Condorcet. Nessa situação, tomando três alternativas como exemplo, A, B e C, pode-se ter A P B P C P A, não tendo assim uma alternativa definitivamente superior para escolha, embora tal ciclo possa ser evitado em caso de grupos de estudos homogêneos (CHATTERJEE; STORCKEN, 2020).

#### 4.11 FAMÍLIA PROMETHEE

Os métodos *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE) são feitos baseados em suas fases (ALMEIDA, 2011; TZENG; HUANG, 2011; ISHIZAKA; NEMERY, 2013):

- Construção de uma relação de sobreclassificação, agregando informações entre as alternativas e os critérios;
- Exploração das relações encontradas para apoio a decisão.

Os métodos permitem uma obtenção de sobreclassificação valorada, com base em conceitos que podem ser compreendidos pelo decisor de física ou econômica.

Na metodologia PROMETHEE, a estrutura de preferências é baseada em comparações pareadas. O que é diferente é que as comparações são baseadas na diferença entre as avaliações das alternativas para cada critério. Quanto maior a diferença, maior a preferência pela alternativa que se comporta melhor (MARQUES-PEREZ *et al.*, 2020).

Para isso, para cada critério  $i$  de  $n$  critérios é assumido um peso  $p_i$  que reflete a importância desse critério (sem problema de consideração de problemas de escala como presente métodos aditivos). Com esses, é obtido o grau de sobreclassificação  $\pi(a,b)$  da alternativa  $a$  sobre  $b$ , dado pelas Equações 12 e 13:

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^n p_i F_i(a, b) \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (13)$$

Sendo  $F_i(a,b)$  função de  $[g_i(a) - g_i(b)]$ , em que  $g$  a avaliação de cada alternativa para o critério considerado.  $F_i(a,b)$  geralmente é definido como igual a 1 quando  $g_i(a) > g_i(b)$  e zero quando contrário. Em caso de limiares de indiferença ou de preferência, a função se modifica. No

método PROMETHEE, a forma de  $F_i$  também muda de acordo com os critérios utilizados na avaliação.

Assim, sendo  $q$  o limiar de indiferença dado pelo maior valor para a diferença  $[g_i(a) - g_i(b)]$  (de forma que abaixo deste valor, tem-se indiferença), e  $p$  o limiar de preferência dado pelo menor valor de  $[g_i(a) - g_i(b)]$  acima do qual existe preferência estrita (notando que ambos devem ser fixos, ao contrário do ELECTRE III), tem-se a Tabela 2:

Tabela 2 - Critérios gerais para o PROMETHEE (Adaptado de Brans e Mareschal, 2002).

<i>Critério usual:</i> não há parâmetro definido	$g_i(a) - g_i(b) > 0$	$F(a,b) = 1$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$F(a,b) = 0$
<i>Quase-critério:</i> define-se apenas parâmetro $q$	$g_i(a) - g_i(b) > q$	$F(a,b) = 1$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$F(a,b) = 0$
<i>Limiar de preferência:</i> define-se apenas parâmetro $p$	$g_i(a) - g_i(b) > p$	$F(a,b) = 1$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq p$	$F(a,b) = [g_i(a) - g_i(b)]/p$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$F(a,b) = 0$
<i>Pseudo-critério:</i> definem-se os parâmetros $q$ e $p$	$g_i(a) - g_i(b) > p$	$F(a,b) = 1$
	$q < g_i(a) - g_i(b) \leq p$	$F(a,b) = 1/2$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$F(a,b) = 0$
<i>Área da indiferença:</i> definem-se os parâmetros $q$ e $p$	$g_i(a) - g_i(b) > p$	$F(a,b) = 1$
	$q < g_i(a) - g_i(b) \leq p$	$F(a,b) = [g_i(a) - g_i(b) - q]/(p-q)$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$F(a,b) = 0$
<i>Critério Gaussiano:</i> o desvio padrão é fixado	$g_i(a) - g_i(b) > 0$	A preferência aumenta segundo uma distribuição normal.
	$g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$F(a,b) = 0$

Fonte: Almeida (2011).

Para se proceder então com a sobreclassificação, são utilizados dois indicadores, o fluxo de sobreclassificação de saída  $[\Phi_+(a)]$  (Equação 14) e a sobreclassificação de entrada  $[\Phi_-(a)]$  (Equação 15), considerando alternativas  $a$  e  $b$  do grupo de  $n$  alternativas possíveis  $A$ , dados por (MAKAN; FADILI, 2020):

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (14)$$

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (15)$$

Tomando tais índices calculados, observemos agora a particularidade dos métodos da família.

#### 4.11.1 PROMETHEE I

O PROMETHEE I utiliza os fluxos de sobreclassificação de saída e entrada para criação de pré-ordens decrescente e crescente respectivamente. Essas pré-ordens são elaboradas considerando sobreclassificação e indiferença. É feita uma interseção das duas pré-ordens, a partir de relações de preferência, indiferença e incomparabilidade. Dessa forma, tem-se (GULIASHKI; MARINOVA, 2019):

- Preferência aPb quando  $\Phi^+(a) > \Phi^+(b)$  e  $\Phi^-(a) \leq \Phi^-(b)$  ou  $\Phi^+(a) = \Phi^+(b)$  e  $\Phi^-(a) < \Phi^-(b)$ ;
- Indiferença aIb quando  $\Phi^+(a) = \Phi^+(b)$  e  $\Phi^-(a) = \Phi^-(b)$ ;
- Incomparabilidade aJb quando  $\Phi^+(a) > \Phi^+(b)$  e  $\Phi^-(b) < \Phi^-(a)$  ou  $\Phi^+(b) > \Phi^+(a)$  e  $\Phi^-(a) < \Phi^-(b)$ .

#### 4.11.2 PROMETHEE II

O PROMETHEE II utiliza o fluxo líquido  $\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a)$ . Com base então nesse indicador, as alternativas são organizadas de forma decrescente, estabelecendo uma pré-ordem entre as alternativas, obtendo preferência aPb se  $\Phi(a) > \Phi(b)$  e indiferença aIb se  $\Phi(a) = \Phi(b)$  (ISHIZAKA; NEMERY, 2013; CONTRERAS-MASSE *et al.*, 2019).

Observa-se que o método apresenta uma ordem completa sem a presença de incomparabilidade e com baixa probabilidade de apresentar situação de indiferença. Assim, o PROMETHEE II se apresenta mais completo, sem encobrir situações de incomparabilidade que deveriam ser investigadas (ALMEIDA, 2011).

#### **4.11.3 Outros métodos da família PROMETHEE**

- PROMETHEE III e IV: são utilizados em problemas de decisão mais sofisticados, utilizando inclusive componente estocástico. O caso específico do PROMETHEE IV utiliza ações que envolvem percentagens, dimensões de um produto e investimentos;
- PROMETHEE V: dando sequência aos resultados obtidos no PROMETHEE II, são feitas restrições, identificadas no problema, fazendo-se então uma seleção de um conjunto de alternativas tratando da problemática de portfólio, com otimização inteira 0-1;
- PROMETHEE VI: o método é utilizado quando o decisor não se demonstra apto a escolher os pesos dos critérios, podendo-se especificar intervalos de possíveis valores em lugar de um valor fixo para os pesos.

Atenta-se que todos os métodos da família apresentam problemas quanto à reversão de ordem, que pode ocorrer com entrada ou saída de alternativas consideradas, tendo possível influência o ponto de que as relações obtidas não são necessariamente transitivas, tal como ocorre nos demais métodos de sobreclassificação (ALMEIDA, 2011).

#### 4.12 TOPSIS

*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) é um método que busca localizar as alternativas, calculando suas distâncias em relação a dois pontos de referência: o nadir (*negative ideal solution* - NIS) e o ponto ideal (*positive ideal solution* - PIS). O nadir ou ponto anti-ideal é uma alternativa hipotética que apresenta as piores avaliações possíveis para todos os critérios. Já o ponto ideal é aquele que apresenta as melhores avaliações para todos os critérios (TZENG; HUANG, 2011; ALMEIDA, 2011; ISHIZAKA; NEMERY, 2013).

Basicamente, a ideia geral da técnica, proposta por Hwang e Yoon (1981), é comparar alternativas a algumas soluções de referência abstratas. Essas soluções de referência são denominadas: solução ideal positiva (PIS) e solução ideal negativa (NIS). O conceito básico do método TOPSIS é encontrar a alternativa que tem a menor distância para o PIS e a maior distância para o NIS (LIGUS; PETERNEK, 2018).

Considerando ainda um vetor de constantes de escala  $w$  para todos os  $n$  critérios e  $m$  alternativas disponíveis, e ainda a matriz de consequências  $C = [c_{ij}]_{m \times n}$ , primeiramente é obtida a matriz de decisão ponderada dada pela Equação 16:

$$C' = [c'_{ij}]_{m \times n} \text{ onde } c'_{ij} = c_{ij} \times w_j \quad (16)$$

Normalmente, outros métodos de apoio permitem a obtenção dos pesos, como o próprio AHP. No entanto, esses métodos podem levar a variações no peso do indicador devido a elementos subjetivos. Métodos objetivos de peso fixo, como o método de peso de entropia, podem tornar os resultados mais confiáveis, porque são baseados em fatos essenciais dos critérios, que permitem por si só determinar os pesos dos indicadores, o que pode reduzir as interferências das pessoas na avaliação (LI *et al.*, 2011).

O método de entropia é aplicado principalmente para determinar os pesos objetivos dos critérios de avaliação, que se baseiam no grau de variação dos indicadores no sistema. Normalmente, o indicador com um nível substancial de mudança tem um peso maior na avaliação (DUAN *et al.*, 2018; SHEMSHADI *et al.*, 2011). Dessa forma, o peso da entropia é um parâmetro

que descreve em que medida as abordagens das alternativas são diferentes entre si em relação a critérios distintos (HUSSAIN *et al.*, 2020).

Assim, recomendam-se os pesos obtidos por um método baseado na entropia como segue (SHANNON, 1974 *apud* GOMES; GOMES, 2012), a começar pela Equação 17:

$$e_j = - \frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (17)$$

Onde  $p_{ij}$  é  $c_{ij}$  normalizado. Assim, o grau de diversidade das informações contidas em cada critério é dado pela Equação 18:

$$d_j = 1 - e_j \quad (18)$$

E finalmente  $w_{ij}$  é calculado para cada critério pela Equação 19:

$$w_{ij} = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} \quad (19)$$

Continuando então a metodologia TOPSIS, tem-se que a distância denominada  $D_i^*$  de cada alternativa  $a_i$  para o PIS é dada pela Equação 20:

$$D_i^* = \left[ \sum_j w_{ij} |v_{ij}(a) - v_j^*|^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (20)$$

Em que  $v_j^*$  é a melhor avaliação disponível entre as alternativas para o critério  $j$ , enquanto  $v_{ij}$  é a avaliação da alternativa  $a_i$  para o critério  $j$ .

A distância denominada  $D_i^0$  de cada alternativa  $a_i$  para o NIS é dada pela Equação 21:

$$D_i^0 = \left[ \sum_j w_{ij} |v_{ij}(a) - v_j^0|^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (21)$$

Em que  $v_j^0$  é a pior avaliação dentre as alternativas para o critério  $j$ .

Onde em ambas as equações  $p$  é uma constante, geralmente tomada como 2. Dessa forma, tem-se por fim a proximidade relativa  $RC_i$  da alternativa  $ai$  dada pela Equação 22:

$$RC_i = \frac{D_i^0}{D_i^* - D_i^0} \quad (22)$$

Dessa forma, as alternativas são ordenadas de acordo com valores decrescentes de  $RC_i$ , que indicam quão mais distante a alternativa se encontra do NIS e mais próxima do PIS.

De acordo com Shih *et al.* (2007), três vantagens do modelo TOPSIS são:

- Uma forte lógica que descreve a racionalidade da escolha humana, co-analisando tanto os recursos benéficos quanto os não benéficos das alternativas;
- Capacidade de considerar um número finito de aspectos e alternativas no processo de tomada de decisão;
- Alivia a exigência de comparações entre pares.

Mesmo assim, observa-se que o método é feito a partir da consideração de critério de soma ponderada, requerendo que ocorra uma independência preferencial entre os critérios para que os resultados não apresentem vieses. Também se constata a possibilidade de reversão de ordem em caso de mudança de alternativas, já que o procedimento leva em conta parâmetros obtidos das alternativas disponíveis.

## 4.13 OUTROS MÉTODOS QUALITATIVOS

Outras metodologias de avaliação de projetos de ordem qualitativa também podem ser utilizadas de forma a comprovar a eficácia na adoção de determinado projeto, entretanto contendo limitações mais severas e sendo de ordem ainda mais subjetiva que as demais mencionadas, podendo requerer complementação de outras avaliações. Seguem abaixo alguns exemplos.

### 4.13.1. Metodologia Delphi e painel de especialistas

O Método reúne um grupo de especialistas que anonimamente respondem e subsequencialmente recebem retornos em forma de representação estatística das respostas do grupo. A partir disso o processo é reiniciado. O objetivo desse método é a obtenção de um consenso por parte de um grupo de painel de especialistas (GOODWIN; WRIGHT, 2004). No caso da metodologia do painel de especialistas, tal consenso é obtido por meio de debates em mesas redondas onde são expostas as informações ou questionários disponíveis sobre a questão a se decidir e todos os presentes dão sua opinião. Os resultados da primeira rodada de debates são recolhidos e então utilizados em uma nova rodada, feita em outro momento, quando os debatedores podem já ter reavaliado as suas opiniões a partir das informações colhidas do debate anterior (WOILER; MATHIAS, 2018; RAND CORPORATION, 2020), sendo feitas diferentes sessões de mais de uma rodada (sendo recomendada três no máximo). Tais sessões se seguem até que se chegue a um consenso, devendo não realizar sessões em demasia, que seriam infrutíferas, sendo recomendadas até seis (GOMES; GOMES, 2012).

As análises dos questionários visam delimitar o grau de consenso existente, utilizando-se da mediana e da dispersão das respostas em seu entorno, usando-se normalmente o quartil. Quanto menor for a amplitude entre os 50% das respostas que se localizam em torno da mediana (1º e 3º quartis), maior o consenso dos analistas quanto ao evento da mediana. As dificuldades na metodologia recaem na necessidade de se ter um painel de especialistas que conheçam efetivamente a questão trabalhada, caso contrário, as opiniões não refletirão a realidade e a precisão da escolha será pequena (GOMES; GOMES, 2012).

Já no método Delphi, não ocorre interação pessoal entre os especialistas consultados, buscando evitar problemas como a capacidade de liderança, persuasão ou relações de hierarquia de

uma organização influam na opinião de alguns especialistas (ROWE; WRIGHT, 1999). As opiniões dos especialistas são colhidas separadamente (por intermédio da internet ou pessoalmente), e são expostas aos participantes, também separadamente, as informações e sugestões da rodada anterior, se seguindo, em sessões posteriores, mais rodadas quanto necessário, não sendo recomendado ultrapassar três sessões. Tal método tem a mesma desvantagem do método de painel, somado ainda a questão de requerer, em geral, maior tempo para obtenção de respostas e análises.

Mesmo assim, mais recentemente, o método Delphi evoluiu de forma a agora encorajar opiniões mais diferenciadas, incluindo as de não especialistas, estimulando busca de pontos de vista diferentes (BOLGER; WRIGHT, 2011; HUSSLER; MULLER; RONDÉ, 2011; ELLIS, 2020).

#### **4.13.2 Cenários**

Notten (2006) define “cenários” como descrições consistentes e coerentes de futuras hipóteses alternativas que refletem diferentes perspectivas sobre o desenvolvimento passado, presente e futuro, os quais podem servir de base para uma ação ou projeto. As tipologias para definir os métodos de cenários são divididas em três macro categorias:

- O “porque” para ajudar a definir o objetivo do estudo de cenários: de exploração ou de pesquisas prévias de políticas;
- O “Como” para ajudar a desenhar o processo de cenários: intuitivo ou analítico;
- O “Qual” para ajudar a definir o conteúdo dos cenários: complexo ou simples.

Essas três categorias podem ser refinadas em vários conjuntos que propõem situações opostas em possíveis abordagens passando por objetivos, processos e conteúdos como: orientado ao processo/orientado ao produto; qualitativa/quantitativa; descritiva/normativa; inclusiva/exclusiva; entre outras possibilidades.

Para Woiler e Mathias (2018), a técnica de cenários é elaborada com uma sequência lógica de eventos, mostrando o desenvolvimento do processo do projeto, podendo ser embasada em

aspectos probabilísticos para cada possibilidade. É importante se conhecer a inter-relação entre os fatores envolvidos no projeto, de forma a determinar cenários condizentes com a realidade, obtendo também quais as alternativas possíveis de se atuar para cada situação obtida.

A metodologia tem como vantagem permitir que os tomadores de decisão pensem em aspectos não familiares a elas, além de um exame da dinâmica de situações que poderiam ser ignoradas em outras análises (WOILER; MATHIAS, 2018).

Os custos da elaboração dos cenários variam a partir de suas simplificações, de forma que quanto mais baratos, menor a precisão obtida. A questão de como as incertezas associadas ao projeto são tratadas, também podem prejudicar a precisão requerida.

#### **4.13.3 Analogia histórica**

Tal análise é feita a partir da comparação do projeto a ser lançado com outro também já elaborado e implantado, tomando-se o devido cuidado para a obtenção dos diferentes aspectos requeridos para uma análise qualitativa adequada. É evidente que a precisão obtida dependerá intrinsecamente da capacidade de se obter tais valores (WOILER; MATHIAS, 2018).

#### **4.13.4 Análise de impacto cruzado**

À semelhança da análise de cenários, é feito um estudo do impacto que determinado evento teria sobre todos os outros com os quais se relaciona, tentando se utilizar desta vez de aspectos de probabilidade de tais eventos ocorrerem. A análise determina a dependência e os poderes direcionadores dos elementos do sistema e a análise depende das propriedades de multiplicação das matrizes. Se a variável  $a$  afeta a variável  $b$  e a variável  $b$  afeta uma terceira variável  $c$ , as variáveis  $a$  e  $c$  teriam uma relação indireta. Várias dessas relações indiretas prevalecem no sistema, mas não são significativas na matriz de relações diretas. A análise apresenta várias relações indiretas que influenciam o sistema. Quando a classificação do poder de condução e dependência atinge um estado estável, o processo é encerrado e termina a análise de impacto cruzado (BHADANI *et al.*, 2016; AGRAWAL *et al.*, 2019).

É usado para analisar o poder motriz e o poder de dependência das entidades em consideração. Isso é realizado para encontrar as principais entidades que estão dirigindo todo o

processo. A matriz de impacto cruzado fornece informações valiosas sobre a importância relativa e as interdependências das entidades. As entidades ou fatores são normalmente classificados em quatro grupos, a saber: autônomo, vinculação, dependente e independente (BHADANI *et al.*, 2016).

Nota-se claramente a dificuldade de implementação de tal método, já que a obtenção de casos comparativos o suficiente para implementação de uma análise de tal porte estatística não seria simples, principalmente em serviços de transportes, onde muitos aspectos se modificam na aplicação de um local a outro (WOILER; MATHIAS, 2018).

#### **4.13.5 Pesquisa de preferência declarada**

A pesquisa de mercado pode ser elaborada por meio de questionários aplicados à população usuária daquele produto, podendo ela própria, por meio de sua vivência, informar quais as melhores possibilidades (em termos qualitativos e econômicos) que permitiriam seu uso do serviço. Tal metodologia permite trazer uma perspectiva diferenciada aos tomadores de decisão (WOILER; MATHIAS, 2018).

Contudo, tal aspecto de preferência declarada é criticado no sentido que muitas pessoas afirmam que irão utilizar o serviço apenas pelo aspecto de novidade, mas na aplicação real acabam não utilizando. Os dados das preferências declaradas não são isentos de cuidados de interpretação e podem ser suscetíveis a vieses. Em particular, verificou-se que o contexto e o formato do cenário hipotético afetam a resposta e os resultados da estimativa do modelo de escolha podem, portanto, ser sensíveis ao formato da licitação (DELAVANDE; ROHWEDDER, 2017; BEN-AKIVA *et al.*, 1994).

Outra questão reside no tempo e no custo para elaboração e implementação das entrevistas, que tendem a ser expressivos. Brandli e Heineck (2005) descrevem no quadro abaixo as principais características dos métodos de preferência declarada dados na Tabela 3:

Tabela 3 - Características do método de preferência declarada

<b>Características</b>	<b>Dados de preferência declarada</b>
<b>Preferência</b>	Escolha por cenários hipotéticos Pode ser incongruente com o comportamento atual
<b>Alternativas</b>	Alternativas produzidas Podem mostrar preferências por novas alternativas (não existentes)
<b>Atributos</b>	Sem erros de medidas Multicolinearidade pode ser evitada por projetos Amplitude pode ser estendida.
<b>Grupos de Escolha</b>	Predefinidos
<b>Número de Respostas</b>	Fácil de explicar comportamentos repetitivos
<b>Forma das Respostas</b>	Várias formas de respostas: escolhas de uma opção (choice), ordenamento (rank), avaliação (rating).

Fonte: Brindli e Heineck (2005).

#### 4.13.6 Modelo aditivo com veto

O modelo aditivo com veto segue a premissa de agregação aditiva, mas com a característica de conter função veto dentro dos critérios de forma a impedir que um desempenho muito ruim em um critério seja compensado por uma boa avaliação em outros critérios (ALMEIDA, 2011).

Dessa forma, uma função veto  $z_i(a)$ , para o critério  $i$  e alternativa  $a$  é dado pela Equação 23:

$$z_i(a) = \begin{cases} 0, & \text{se } v_i(a) \leq l_i \\ 1, & \text{se } v_i(a) \geq u_i \\ \frac{v_i(a) - l_i}{u_i - l_i}, & \text{se } l_i < v_i(a) < u_i \end{cases} \quad (23)$$

Onde  $v_i(a)$  é a avaliação de  $a$  para o critério  $i$ ,  $li$  é o limiar inferior de veto para o critério  $i$ , e  $ui$  é o limiar superior. Dessa forma, a alternativa é penalizada se seu desempenho for abaixo de  $li$ , tendo seu valor zerado, ou tendo seu valor reduzido caso se encontre entre  $li$  e  $ui$ . A função de veto global que agrega as funções de veto dos critérios é dada pela Equação 24:

$$z(a) = \prod_{i=1}^n z_i(a) \quad (24)$$

Já sua integração a função aditiva original é feita pela Equação 25:

$$v(a) = \sum_{i=1}^n k_i v_i(a) z(a) \quad (25)$$

#### 4.13.7 Agregação por produto ponderado

Algumas metodologias se apresentam como forma de agregação diferenciada da aditiva convencional, a exemplo da agregação por produto ponderado.

Um exemplo de função valor multiatributo com esta característica e dois atributos, é dado pela Equação 26 (ALMEIDA, 2011):

$$v(a) = v_1^\alpha v_2^\beta = k_1 v_1(a) + k_2 v_2(a) + k_3 [v_1(a) - b_1]^\alpha [v_2(a) - b_2]^\beta \quad ((26)$$

Onde  $k_i$ ,  $b_i$ ,  $\alpha$  e  $\beta$  são constantes que fazem a compensação entre os critérios. Outra forma, mais geral, que leva em conta os pesos  $w$  dos critérios  $i$  e traz a avaliação geral da alternativa é dada pela Equação 27:

$$v(a) = \prod_{i=1}^n [v_i(a)]^{w_i} \quad (27)$$

Tal forma de agregação tem menos influência dos processos de normalização, ao contrário do que ocorre nos métodos aditivos convencionais, onde as constantes de escala devem ser avaliadas a depender do método de normalização adotado para que não ocorram modificações nas avaliações relativas entre alternativas.

Contudo, este procedimento possui grande sensibilidade para quando o desempenho de uma alternativa em um determinado critério se afasta da média das avaliações no critério. Assim, uma alternativa pode ser penalizada por um único desempenho ruim, enquanto outra pode ser favorecida por um único desempenho acima da média.

Outra variante da agregação por meio de produto ponderado, é o processo de comparação par a par, onde se comparam duas alternativas  $a$  e  $b$  por um coeficiente de mérito  $M(a,b)$  dado pela Equação 28:

$$M(a, b) = \prod_{i=1}^n \left[ \frac{[v_i(a)]}{[v_i(b)]} \right]^{w_i} \quad (28)$$

Se  $M(a,b) > 1$ , tem-se  $a \succ b$ . Esta metodologia é útil quando se tem critérios em várias dimensões e não se deseja efetuar transformações de escala (ALMEIDA, 2011).

#### 4.13.8 Programação matemática e métodos iterativos

Outros modelos são elaborados usando auxílio de softwares computacionais necessários para sua resolução, em especial tem-se o modelo de Programação Linear Multi-Objetivo (PLMO) (ALMEIDA, 2011).

O problema analisado reside em encontrar o vetor  $x \in R_m$ , em uma problemática de escolha que satisfaça restrições representadas por funções lineares  $h_i$ , de forma a atender um conjunto de funções objetivo  $g_n$  de  $n$  critérios.

Alguns procedimentos de PLMO são baseados na avaliação de alternativas com relação a suas distâncias em relação ao ponto ideal. Outro procedimento é o de Programação por metas, onde são fixadas metas e são avaliadas as alternativas com relação ao desvio às metas estabelecidas nos critérios. Ainda outras abordagens são realizadas a partir de meios iterativos com os decisores.

Esses métodos utilizam Sistemas de Apoio à Decisão, que mesclam etapas de diálogo e cálculo com os decisores. O modelo efetua redução do espaço de alternativas possíveis a partir de respostas do decisor a questões feitas relativas ao problema e então é feita uma interação dos resultados mais uma vez com o decisor, realizando-se assim rodadas com teor de busca e aprendizagem sobre as preferências do decisor.

#### 4.13.9 Modelo TATIC

O método TATIC (*Traitement des Actions Compte Tenu de l'Importance des Critères*) tem similaridade com o ELECTRE I, com a diferença que ele resulta em uma relação de preferência global, ao invés de apresentação de subconjuntos de preferência, como o último (ALMEIDA, 2011).

São consideradas duas relações de preferência, onde uma é a preferência convencional quando a diferença de avaliação entre duas alternativas é superior a um limiar especificado  $\pi_i$ . Enquanto outra é um limiar de preferência  $t_i$ , em que quando a diferença entre a avaliação entre as alternativas é superior a  $t_i$ , uma é dita como muito melhor que a outra (relação T). Dessa forma, a avaliação é feita por meio da consideração dada na Equação 29:

$$aSb \text{ se e somente se } \sum_{i:aP_i b} w_i > \alpha \sum_{i:aP_i b} w_i \text{ e não existe relação } bT_i a, \forall i \quad (29)$$

Onde  $w_i$  é o peso do critério  $i$ , e  $\alpha$  é um limiar relacionado à coalizão entre os critérios que favorecem  $a$  em comparação aos que favorecem  $b$ . O problema é então desenvolvido sob forma de problema de decisão, tal como nos métodos ELECTRE.

#### 4.13.10 Problemática de Portfólio

A problemática de portfólio consiste na seleção de um conjunto selecionado dentre todas as alternativas, sob restrições definidas, que permite a criação do portfólio com maior valor, podendo

depois as alternativas selecionadas passarem por outros métodos de escolha (WOILER; MATHIAS, 2018). O problema de portfólio já foi estudado em diferentes áreas da literatura, incluindo na escolha de uma composição de alternativas para uma infraestrutura de transportes (ALMEIDA, 2011).

Das  $m$  alternativas, são escolhidas algumas fazendo-se uma combinação dessas, sendo o número de alternativas possíveis é  $2^m$ , tendo o conjunto que obedecer a restrições aditivas (limites de escolha condicionada à quantidade de recurso disponível, por exemplo) ou não aditivas (outras condições limitantes para escolha, como localização geográfica). Um exemplo do gênero aditivo é a problemática envolvendo orçamento fixo, onde o custo somado das alternativas constituintes de um portfólio, devem se limitar ao valor fixado no orçamento. Quando a questão considerada é de multicritério, o valor calculado para o portfólio também inclui a agregação de valores em diferentes critérios.

Em caso de utilização da problemática de forma não compensatória, pode-se utilizar o método PROMETHEE V, que considera o valor dos portfólios como os escores obtidos no PROMETHEE II. Já quando se considera uma natureza aditiva e compensatória nas  $i$  alternativas, tem-se como valor  $V$  do portfólio  $pr$  avaliado com  $n$  critérios por meio da Equação 30:

$$V(p_r) = \sum_{i=1}^m \left( x_i \sum_{j=1}^n k_j v_j(a_i) \right) \quad (30)$$

Sendo mais uma vez,  $k_j$  usado como coeficiente de escala, e  $x_i$  é um indicador, valendo zero quando a alternativa não pertence ao portfólio, e valendo 1 caso contrário.

Quando a combinação de alguns projetos ocasionar um benefício adicional, pode-se utilizar a Equação 31:

$$V(p_r) = \sum_{i=1}^m x_i v(a_i) + \sum_{i=1}^m \left( x_i v(a_i) \sum_{k=1}^m x_k s_{ik} \right) \quad (31)$$

Onde *sik* é a sinergia entre as alternativas dados pelo decisor ou especialistas, e consiste no grau de contribuição do projeto *ak* como projeto *ai*. Enquanto  $v(ai)$  é a avaliação global da alternativa *ai* considerando o método de agregação adotado.

#### 4.13.11 *Brainstorming*

Esta técnica é utilizada para auxiliar um grupo a elaborar o máximo possível de ideias em torno de determinado problema a se resolver. O *brainstorming* é um método para obter sugestões por meio de trabalho em grupo que avalia as causas e efeitos das decisões para um determinado projeto. Análises também mostram que o *brainstorming* em pequenos grupos produz resultados efetivos e mais criativos do que quando aplicados a grupos maiores, nos quais os participantes se tornam mais inibidos (BOUCHARD JUNIOR; HARE, 1970; FOSSILE *et al.*, 2020).

Idealmente, se trabalha com grupos formados por um coordenador da discussão e um assessor e cinco no mínimo, a 15 participantes no máximo no *brainstorming*. As discussões duram no entorno de 45 a 150 minutos. A metodologia pode ser aplicada com as seguintes etapas (GOMES; GOMES, 2012):

1. Definição do problema;
2. Definição de coordenador e assessor;
3. Convite aos envolvidos;
4. Abertura da sessão por meio de aquecimentos por meio de dinâmicas de até 5 minutos com temas neutros;
5. Geração de ideias (sem críticas ou elogios) em até 30 minutos;
6. Transcrição em painel de todas as propostas colhidas, obtendo uma quantidade de ideias das quais se possa depois obter ideias com qualidade. É possível ampliação de ideia já proposta por outro participante;
7. Aperfeiçoamento das ideias, não excedendo 60 minutos;
8. Avaliação por consenso, com sugestões, não excedendo 60 minutos;
9. Encerramento com ideia escolhida.

A metodologia tem como desvantagem a possibilidade de não aproveitamento de ideias de pessoas mais introvertidas, mas também tem a vantagem de conduzir discussões que permitem conhecimento mais aprofundado do problema estudado (GOODWIN; WRIGHT, 2004).

#### **4.13.12 Matriz de prioridade**

A técnica é feita buscando priorizar alternativas com base em critérios fixados, sendo feita tal análise em forma matricial. As linhas e colunas contêm fator ou critério que é avaliado em relação a outro conjunto de parâmetros que geralmente são classificações prioritárias (CHONG *et al.*, 2019). Da mesma forma que o *brainstorming*, espera-se que se tenha no máximo 15 participantes (no mínimo, 10) com 1 coordenador e 1 assessor a cada 5 participantes. As etapas de aplicação do método são (GOMES; GOMES, 2012):

1. Definição do tema;
2. Definição do coordenador e assessor;
3. Escolha dos critérios e pesos que venham a ser aplicados nestes;
4. Construção e obtenção de resultado de matriz de decisão (avaliação das alternativas com base nos critérios);
5. Avaliação pelos peritos;
6. Conclusões.

Como desvantagem do método, tem-se que ocorre uma dificuldade de se visualizar a questão como um todo, ao se analisar o problema de forma fragmentada, ao mesmo tempo em que não se vislumbra a influência de uma ação sobre outra.

#### **4.13.13 Diagrama de espinha de peixe**

Esta técnica visa o estudo aprofundado do problema considerado, de forma a obter as causas originais que o provocaram, obtendo fatores-chave. Pode ser feita com quantidade entre 5 e 15 participantes, com a presença de um facilitador. Ela é feita seguindo as seguintes etapas (GOMES; GOMES, 2012):

1. Definição do tema;
2. Sessão de discussão sobre a problemática e suas relações de causas e efeitos, com a elaboração de ideias (sessão de *brainstorming*);
3. Listagem das causas obtidas, sendo questionado para cada uma:
  - a. O que?
  - b. Onde?
  - c. Quando/Quem?
  - d. Por que e como isso acontece?
4. Criação do diagrama causa e efeito;
5. Verificação das causas que aparecem repetitivamente (sendo as prováveis causas principais);
6. Obtenção de consenso do grupo;
7. Coleta de dados para determinar a frequência relativa das causas;
8. Encerramento.

Para que a técnica seja bem aplicada, é necessária a presença de um especialista no tema, além de especialista na utilização da técnica.

#### **4.13.14 Diagrama da árvore**

Esta metodologia é aplicada quando as alternativas atuais são consequências de escolhas feitas anteriormente, ou ainda quando as escolhas tomadas dentre as alternativas propostas podem afetar questões futuras (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010). A construção da árvore de decisão é feita de forma simples: a partir de uma raiz, que é o estágio inicial, lançam-se ramos que representam as possibilidades de escolha (GOODWIN; WRIGHT, 2004). Quando o ramo alcança outro ponto de decisão com outras alternativas, são colocados mais ramos neste ponto e assim sucessivamente. Idealmente, a técnica é feita com cinco a no máximo oito pessoas (GOMES; GOMES, 2012).

A técnica tem como vantagem a observação das metas e submetas do objetivo a ser alcançado, obtidas por meio do melhor caminho a se alcançá-las, além de permitir a observação de

todas as possibilidades para solução. Contudo, o resultado dependerá dos conhecimentos dos participantes em relação ao problema e suas consequências.

#### **4.13.15 Mapas cognitivos**

É uma técnica que permite retratar ideias, sentimentos, valores e atitudes e seus interrelacionamentos, de forma que seja possível a realização de um estudo posterior com base em representações gráficas. O Mapa Cognitivo é essencialmente um gráfico direcionado. É um método que explica como um sistema funciona criando um modelo. Ele permite representar um sistema complexo, em que diferentes elementos têm relação causal entre eles e esses relacionamentos podem ser mostrados do mapa. Duas coisas constituem um mapa cognitivo: variáveis ou conceitos que precisam ser definidos e as relações de causa-efeito entre cada par possível desses conceitos (ÖZESMI; ÖZESMI, 2004), indicando o impacto de um conceito em outros conceitos. Os conceitos relacionados ao sistema em estudo são representados como nós. Esses nós são conectados por linhas com pontas de seta, cada uma expressando a relação causal entre os pares de conceitos conectados por cada linha (PAPAGEORGIOU et al., 2006; ROY *et al.*, 2020).

São feitas a partir de entrevistas individuais ou em grupo de forma a obter os fatores importantes ao se responder questões como (GOMES; GOMES, 2012):

- Por que isto é importante?
- Por que está preocupado com isso?
- De que forma seria possível melhorar a situação presente?
- Como as informações são transmitidas?

Em tais mapas, cada conceito é colocado como um nó e a relação de influência entre os conceitos são as conexões. Em caso de mapas complexos com muitos nós e conexões, é necessário o estabelecimento de características estruturais para análise.

O processo decisório é formado pelo conjunto de ações potenciais (oportunidades de escolhas e de alternativas) associadas aos pontos de vista fundamentais dos decisores, considerando as situações de decisões obtidas no mapa.

Em um mapa cognitivo, cada bloco de texto representa um constructo, com um rótulo para a situação atual definido pelo ator e um rótulo para situação que é o oposto psicológico à situação atual. A ligação entre os constructos é feita por relações de casualidade simbolizadas por flechas. Para a construção de um mapa, se seguem as etapas (GOMES; GOMES, 2012):

1. Escolha de tema e definição do problema;
2. Definição de elementos primários de avaliação (obtidos por meio de discussões, podendo ser por forma de *brainstroming*);
3. Identificação dos conceitos e suas conexões;
4. Construção do mapa;
5. Avaliação dos resultados e identificação de áreas de interesse;
6. Identificação de pontos de vista fundamentais;
7. Encerramento.

Tal técnica requer o uso de especialistas na problemática e no uso do método, contudo, a construção do mapa gera conhecimento aos envolvidos ao mesmo tempo em que permite a participação de todos com presença inclusive de negociação quanto às interpretações e resultados obtidos.

Após então tal análise dos métodos disponíveis, fazemos considerações a respeito da metodologia usada para atingir os objetivos propostos por este trabalho.

#### 4.14 ESCOLHA DOS MÉTODOS DE ANÁLISE

Após a análise efetuada anteriormente, seguiu-se uma verificação de sua aplicabilidade nas condições do estudo, levando-se em consideração as limitações de informação, recursos, complexidade e tempo disponível para aplicação. Além disso, buscaram-se exemplos de aplicação das metodologias (de forma principal ou complementar) em questões envolvendo transportes de forma a justificar o seu uso. Infelizmente, não foram identificadas aplicações para todas as metodologias descritas na revisão. Segue na Tabela 4 um resumo das análises realizadas, destacando-se as vantagens e desvantagens e a justificativa para o caso em questão:

Tabela 4 - Resumo das metodologias de análise e possibilidades de aplicação

<b>Método</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>	<b>Aplicabilidade para o caso</b>	<b>Utilização possível para estudo</b>	<b>Motivo</b>	<b>Exemplo de aplicação</b>
Valor presente líquido e índice de lucratividade	Fácil compreensão por parte de investidores; é possível estabelecer uma hierarquia simples pelos valores obtidos, podendo comparar projetos dependentes com receita para investimento limitada.	Precisa levar em consideração valores de custo e receitas de difícil obtenção, incluindo impostos. Risco de reinvestimentos e problemas com projetos de escalas diferentes.	Sim	Não	Requer a obtenção completa de custos para efetivação da política ou modo, que vão além do escopo deste trabalho.	Carteni e Henki (2017)
Payback	Estabelecimento de prazos adequados para só então investir.	Não leva em conta o valor do dinheiro no tempo, nem considera fluxos de caixa dentro e após período de recuperação do investimento.	Sim (de forma complementar)	Não	Da mesma forma, além da obtenção de custos, iria requerer uma análise de benefícios quantificada que permitisse a obtenção de prazos de payback.	
Taxa interna de retorno	Permite comparações com base em taxas de atratividade para investidores.	Cálculo complexo, requerendo recursos computacionais, além de dados financeiros detalhados. Também possui o risco de reinvestimento e problemas de	Sim	Não	Mesma consideração do VPL	

	Considera o dinheiro no tempo.	escala e resultados em fluxos de caixa que variam de sinal.				
Avaliação relativa	Comparação simples com projetos existentes.	Projetos devem ser levados em consideração com as particularidades locais de aplicação, o que pode ser dificultoso.	Sim	Não	Seria necessária análise de casos efetivados em outras localidades com características semelhantes e ainda adaptá-los às condições locais.	
Benefício/ custo, custo- efetividade	Permite obtenção de viabilidade diretamente, além de permitir comparação em diferentes escalas.	Precisa levar em consideração valores de custo e receitas de difícil obtenção, incluindo impostos.	Sim	Não	Requer a obtenção completa de custos para efetivação da política ou modo, que vão além do escopo deste trabalho.	Zahed et al. (2018); Odeck e Kjerkreit (2019)
AHP	Permite hierarquizar com somatório simples	É necessária a execução de duas etapas separadas, além da obtenção dos fatores independentes a se ponderar. Pode incorrer em problemas de coerência (que limitam o número de fatores que podem ser usados) e tendências de preenchimento de acordo com crenças o entrevistado.	Sim	Sim	Metodologia bem estruturada e passível de aplicação ao caso.	Meira (2013); Ignaccolo et al (2017)
Matriz de objetivos (GAM)	A escolha é feita se pensando diretamente nos	Da mesma forma que o AHP, requer o uso de duas etapas com entrevistados, e obtenção dos	Sim	Sim	Metodologia bem estruturada e passível de aplicação ao caso.	Wong (2002)

	objetivos, evitando perda de foco.	fatores externamente a metodologia				
Família ELECTRE	Permite uso de escalas diferenciadas de escolha. Pode só eliminar propostas inviáveis, ou também hierarquizar as respostas obtidas, permitindo inclusive empates, a depender do membro da família utilizado.	Requer uso de recursos computacionais adequados e definição prévia de fatores. A depender do membro da família utilizado, irá requerer definição de margens para aceitação/veto/comparação de alternativas.	Sim	Sim	Metodologia bem estruturada e passível de aplicação ao caso, considerando disponibilidade de recursos computacionais necessários e uso de membro da família adequado ao problema.	Vanderlei (2018); Fancello et al. (2014); Fancello et al. (2019)
Teoria da utilidade multiatributo	Permite tratar incertezas com uso de conhecimento de especialistas, estados da natureza e limitação de ações do decisor. Estrutura bem delimitada permite tomada de decisão mais consistente.	Requer conhecimento de funções de utilidade dos atributos, de obtenção complexa a depender do caso. Diversos axiomas devem ser atendidos com relação as consequências obtidas nas funções de utilidade para que o método possa ser utilizado.	Não	Não	Requer a obtenção de funções de utilidade que vão além do escopo deste estudo.	Ramani (2011); Liu et al. (2018)

SMARTS e SMARTER	Reduz a possibilidade de incoerência existente no método AHP. Possui metodologia bem estruturada.	É necessária a execução de etapas separadas, além da obtenção dos fatores independentes a se ponderar.	Sim	Sim	Metodologia bem estruturada e passível de aplicação ao caso.	
Even Swaps	Metodologia de simples aplicação.	Justamente pela simplificação e subjetividade de sua metodologia, uma tomada de decisão provavelmente teria de ser tomada com um forte painel de especialistas, além de apoio de uma possível técnica auxiliar.	Não	Não	Embora possua aplicabilidade, sua metodologia é muito simplória para escolhas de grande porte, requerendo metodologia complementar.	Dožić e Kalić (2015)
MACBETH	Permite comparação simultânea de aspectos quantitativos e qualitativos.	Requer uso de programação linear.	Sim	Sim	Embora possa ser aplicado, requer recursos computacionais, felizmente disponíveis.	
Lexográfico	Permite comparação visual direta das alternativas, além de não ter problemas de compensação entre elas.	Requer prévia escolha de critérios. Metodologia simples que requer uso de outra complementar.	Não	Não	Embora possua aplicabilidade, sua metodologia é muito simplória para escolhas de grande porte, requerendo metodologia complementar.	

Borda	Permite comparação direta das alternativas com facilidade.	Requer prévia escolha de critérios, que podem alterar drasticamente os resultados obtidos. Metodologia simples que requer uso de outra complementar.	Não	Não	Embora possua aplicabilidade, sua metodologia é muito simplória para escolhas de grande porte, requerendo metodologia complementar.	Rocha et al. (2016)
Condorcet	Permite comparação direta das alternativas com facilidade.	Pode ocorrer em casos de indiferença, além do paradoxo de Condorcet.	Não	Não	Embora possua aplicabilidade, sua metodologia é muito simplória para escolhas de grande porte, requerendo metodologia complementar.	
Família PROMETHEE	Permite obtenção de classificação com base em conceitos que podem ser compreendidos pelo decisor.	Requer definição de parâmetros para avaliação de distribuição de função de avaliação em determinado critério. Problemas de reversão de ordem da retirada de uma alternativa, já que o método não é transitivo.	Sim	Sim	Metodologia bem estruturada e passível de aplicação em tempo hábil, desde que selecionados os membros da família condizentes com a problemática em estudo.	Glavić et al. (2019)
TOPSIS	Metodologia bem definida.	Requer quantidade razoável de cálculos e de definição de valores e fatores de escolhas junto aos pesquisados.	Sim	Sim	Metodologia bem estruturada e passível de aplicação ao caso.	Cao e Lam (2019); Martín et al. (2019)
Metodologia Delphi e painel de especialistas	A decisão é tomada em conjunto, com todos os critérios e escolhas debatidos.	Requer debates e mais de uma sessão para executar todo o método. Idealmente, deve se ter um mediador já familiarizado com o método, que permita que todos os consultados realmente	Não	Não	Sua utilização requer disponibilidade de um grande quadro de especialistas para mais de uma rodada de estudo, o que é inviável mesmo para aplicações reais.	Merfeld et al. (2019)

		se expressem adequadamente. Os consultados devem ter amplo conhecimento do problema para que as discussões tragam resultados.				
Cenários	A decisão é tomada em conjunto, com todos os cenários e suas consequências debatidos, trazendo a tona cenários inclusive não vislumbrados previamente.	Requer análise árdua para obtenção de todos os possíveis cenários de implementação.	Sim	Não	Embora possa ser aplicado na realidade, requerendo muito recurso de tempo e dados, foge a nossa possibilidade de estudo a elaboração dos diferentes cenários possíveis.	Patella et al. (2019); Sadatsafavi et al. (2019)
Análise histórica	A decisão é tomada de acordo com experiências anteriores já ocorridas, de forma que se possui conhecimento das circunstâncias locais para aplicação.	Requer resgate de intervenções nem sempre existentes, ou que foram implantadas em circunstâncias externas (ex.: políticas, sociais) diferenciadas.	Sim	Não	Pode ser aplicado, contudo requer resgate histórico que implicaria em pesquisa muito minuciosa e acesso a dados difíceis, indo contra ao tempo hábil de trabalho.	Canitez (2019)
Análise de impacto cruzado	Impactos são previamente analisados.	Requer obtenção de casos comparativos em quantidade razoável, principalmente para usos estatísticos.	Sim	Não	Embora possa ser aplicado na realidade, iria requerer muitas pesquisas e adaptações às condições locais, o que fogem	Sykes et al. (2018); Sadatsafavi et al. (2017)

					do escopo e limitação de recursos de tempo do estudo.	
Pesquisa de mercado	A escolha é feita com apoio da própria população, evitando adoção de medidas impopulares ou mesmo não utilizadas.	Requer custo e tempo para aplicação de entrevistas. Pode recair em problemas com a preferência declarada dos pesquisados.	Sim	Não	Embora possa ser aplicado na realidade, foge ao escopo deste trabalho a pesquisa em campo requerida para representatividade de tal método.	Jiang et al. (2018)
Modelo aditivo com veto	Metodologia de simples aplicação, relativamente estruturada.	Requer definição de parâmetros para avaliação. A avaliação é bastante simplificada.	Sim	Não	Embora possa ser aplicado na realidade, sua simplicidade iria requerer uso de método auxiliar.	
Agregação por produto ponderado	Menos influência dos processos de normalização. Pode se usar dimensões diferenciadas e não é necessária transformação de escala.	Sensibilidade excessiva para alguns critérios.	Sim	Não	Metodologia bem estruturada e passível de aplicação, mas pode ser embutida em outras metodologia mais bem estruturadas.	
Programação matemática e métodos iterativos	Liberdade de construção da programação permite formas de avaliação	Método não definido. Outros métodos mais bem estruturados permitem avaliação semelhante.	Não	Não	Requer recursos computacionais indisponíveis.	Yan e Goverde (2019); Qi et al. (2018)

	diferenciadas e adaptadas às condições de estuda.					
Modelo TATIC	Permite avaliação de preferência global, além da preferência simples.	Requer definição de parâmetros extras e uso do ELECTRE para chegar a resultado final.	Sim	Não	Embora possa ser aplicado na realidade, sua simplicidade iria requer uso de método auxiliar.	
Problemática de Portfólio	Permite a formação de grupos pré-selecionados de escolha com base em critérios palpáveis (ex.: limitação financeira).	Requer método auxiliar para escolha.	Sim	Não	Embora possa ser aplicado na realidade, sua simplicidade iria requer uso de método auxiliar.	
Brainstorming	A decisão é tomada em conjunto, sendo apontadas soluções diretas que devem ser estruturadas, modificadas, para então serem escolhidas.	Requer debates demorados para executar toda o método. Idealmente, deve se ter um mediador já familiarizado com o método, que permita que todos os consultados realmente se expressem adequadamente. Os consultados devem ter amplo conhecimento do problema para que as discussões tragam resultados.	Sim	Não	Sua utilização requer disponibilidade de um grande quadro de especialistas para longo debate, o que é inviável.	Torkashvand et al. (2019); Ke (2018)

Matriz de prioridade	A decisão é tomada em conjunto, com todos os critérios e escolhas calculados e então debatidos.	<p>Requer debates demorados para executar toda o método.</p> <p>Idealmente, deve se ter um mediador já familiarizado com o método, que permita que todos os consultados realmente se expressem adequadamente. Os consultados devem ter amplo conhecimento do problema para que as discussões tragam resultados, além de que, a análise do problema de forma fragmentada pode impedir uma análise mais geral.</p>	Sim	Não	Sua utilização requer disponibilidade de um grande quadro de especialistas para longo debate, o que é inviável.	
Diagrama de espinha de peixe	A decisão é tomada em conjunto, sendo consideradas as contribuições de especialistas em várias áreas para obter as causas variadas.	<p>Requer debates demorados para executar toda o método.</p> <p>Idealmente, deve se ter um mediador já familiarizado com o método, que permita que todos os consultados realmente se expressem adequadamente. Os consultados devem ter amplo conhecimento do problema para que as discussões tragam resultados, além de que, a análise se aprofunda mais na causa do problema, que na busca efetiva de soluções.</p>	Sim	Não	Embora possa ser aplicado na realidade, requerendo muito recurso de tempo e dados, foge à nossa possibilidade de estudo a elaboração dos diferentes cenários possíveis.	Zhang et al. (2016)

Diagrama da árvore	É adequada quando a decisão envolve relações de causa e consequência com medidas passadas, podendo também afetar decisões futuras. Permite vislumbrar todas as possibilidades e escolha de melhor caminho para atingir os objetivos.	Requer análise árdua para obtenção de todos os possíveis cenários de relações causais, requerendo conhecimento dos especialistas consultados.	Sim	Não	Embora possa ser aplicado na realidade, requerendo muito recurso de tempo e dados, foge à nossa possibilidade de estudo a elaboração dos diferentes cenários possíveis.	
Mapas cognitivos	A decisão é tomada em conjunto, sendo consideradas as contribuições de especialistas em várias áreas para obter os fatores de análise.	A construção do método é feita de forma bastante subjetiva, além de focar mais na questão de diagnóstico do que propor solução viável.	Sim	Não	Embora possa ser aplicado na realidade, requerendo muito recurso de tempo e dados, foge à nossa possibilidade de estudo a elaboração dos diferentes cenários possíveis.	Wang et al. (2019)

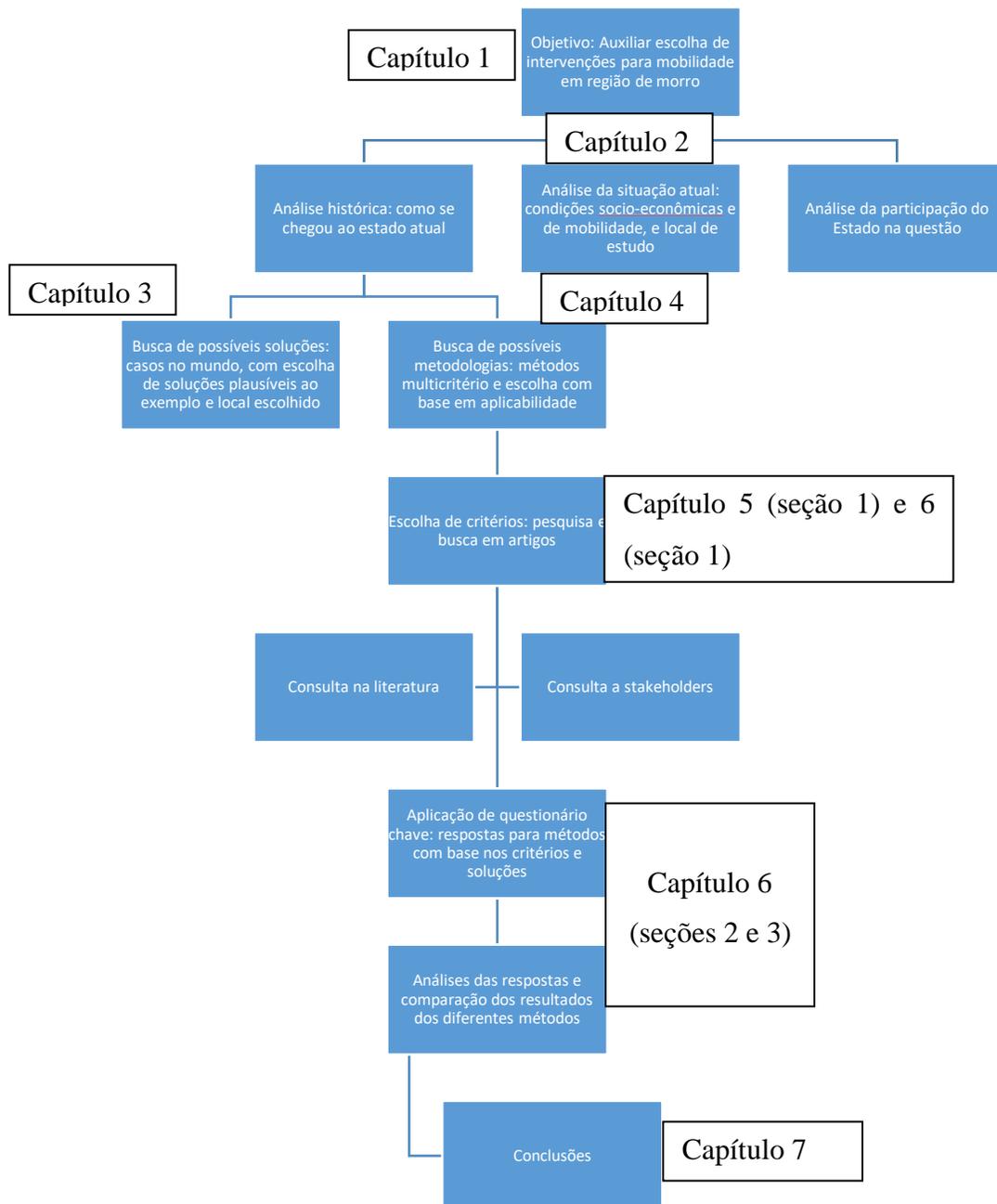
Fonte: A autora (2020).

A partir da análise detalhada na Tabela 4, chegou-se à decisão da utilização nesta dissertação dos métodos AHP, GAM, ELECTRE II, PROMETHEE, SMARTER, TOPSIS e MACBETH.

## 5 METODOLOGIA

De forma a alcançar os objetivos traçados, levando em consideração as referências teóricas pesquisadas, foi estruturada em fluxograma a metodologia resumida na Figura 14:

Figura 14 - Fluxograma da pesquisa



Fonte: A autora (2020).

Assim, após já estabelecidos o local de aplicação usado como exemplo deste trabalho (Capítulo 2), as soluções consideradas para melhoria da mobilidade local (Capítulo 3) e os métodos a serem apreciados para avaliar tais soluções (Capítulo 4), seguimos a escolha dos critérios a serem usados nos métodos propostos.

## 5.1 ESCOLHA DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Posteriormente, seguiu-se a escolha dos critérios de análise para aplicação de tais metodologias. Para obtenção dos critérios, primeiro buscou-se analisar critérios influentes condizentes com a realidade estudada, fazendo-se pesquisa envolvendo como *stakeholders* locais: gestores, pesquisadores e moradores de áreas de morros. Para a execução da pesquisa proposta sobre a definição de critérios de análise, foi realizada aplicação de questionário eletrônico por meio da plataforma Google Docs (Apêndice A).

O formulário contempla questões sobre o perfil do entrevistado (formação acadêmica, atividade profissional, e se é morador de morro ou não), e três questões abertas relativas à mobilidade nos morros: i) quais problemas ele vislumbrava na mobilidade (dentro do morro e desse para outras regiões da cidade); ii) que soluções ele propunha para corrigir tais problemas; e iii) quais critérios/fatores ele considera importantes para a escolha de uma solução de mobilidade nos morros.

Inicialmente foi realizada uma aplicação-piloto com nove participantes de forma a avaliar a adequação do questionário à análise proposta. Após isso, o questionário foi enviado a diversos pesquisadores em estudos de questões infraestruturais e de mobilidade urbana para a população das áreas de morro, além de moradores e profissionais envolvidos com o desenvolvimento e gestão de políticas públicas. Foram escolhidas pessoas vinculadas a entidades ou empresas envolvidas no Plano Diretor do Recife, Organizações Não Governamentais (ONGs), associações de moradores, representantes do Fórum das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco (áreas de pesquisa de Transportes, Arquitetura e Geografia), além de residentes nas áreas de morro.

Buscou-se inicialmente obter quantidades próximas para a paridade de opinião entre moradores, pesquisadores e gestores, de forma que as opiniões de um grupo não se sobrepusessem

a outro na análise total. O formulário online foi enviado para 105 pessoas, no entanto, apesar do *follow-up* recebeu-se apenas 17 entrevistas respondidas.

Para superar esse problema, resolveu-se então realizar as demais entrevistas pessoalmente, obtendo-se ao final, um total de 57 respostas válidas. A realização das pesquisas e a formulação das questões levaram em conta os quatro critérios para técnicas de planejamento e condução de entrevistas apontados por Flick (2004): o não-direcionamento, a especificidade, o espectro e profundidade aliada ao contexto pessoal do entrevistado.

O não-direcionamento indica que o entrevistador deve ter cuidado para não impor seu sistema de referência e suas convicções sobre as respostas dos entrevistados, tomando cuidado com o uso de questões que minem a possibilidade do entrevistado de expor sua opinião. Quanto à especificidade, a entrevista deve ressaltar os elementos específicos de forma a trazer impacto ao entrevistado (por meio de estímulos visuais, por exemplo) e fazê-lo sair do nível superficial de opiniões. Quanto ao espectro, deve-se ter o cuidado de que todos os aspectos relevantes à pesquisa sejam abrangidos pelas questões formuladas, ao mesmo tempo em que, deve-se dar liberdade ao entrevistado para aprofundar-se na questão expondo suas ideias. Já a profundidade aliada ao contexto pessoal do entrevistado, deve-se estimular as avaliações dos entrevistados para que suas reais intenções sejam transmitidas e que suas respostas saiam das avaliações simples (Flick, 2004).

Dessa forma, se justifica o uso de entrevistas semi-estruturadas, que permitam a obtenção de parâmetros do entrevistado, mas permita abertura de forma que este se expresse o mais livremente possível. Também a disposição das perguntas foi feita de forma a tentar aprofundar a questão da mobilidade em morro, introduzindo o espectro de possíveis soluções e critérios, que são partes essenciais do objetivo desse trabalho.

Além disso, justificam-se o uso das imagens utilizadas nas pesquisas de forma a:

(...) ultrapassar os limites da palavra oral e do relato sobre ações a favor da análise das próprias ações em sua ocorrência natural. (...), a vantagem proporcionada pelo fato de algumas formas de observação funcionam sem a necessidade de o pesquisador realizar qualquer intervenção no campo em estudo. Por fim, a possibilidade de adquirir conhecimentos através da observação, partindo e intervindo no campo, e, então, observando as consequências neste (Flick, 2004).

Assim, as imagens permitem não só a compreensão das opções infraestruturais passíveis de serem implementadas, mas também permitem a imersão do entrevistado naquela situação de forma a vislumbrar aquela aplicação na região de estudo.

Posteriormente, foi realizada análise textual das respostas das questões abertas obtidas por meio do software Orange Canvas, permitindo obtenção de padrões de respostas com análise de *bag of words*, ou seja, nuvem de palavras. Essa representação indica pelo tamanho das palavras o quanto elas foram repetidas nos discursos analisados e pela proximidade entre elas na figura de suas afinidades. Por sua vez, a análise de *clusters*, que permite a observação de proximidade de respostas entre diferentes grupos de pesquisados por meio de visualização gráfica. Permite-se assim observar os fatores mais apontados pelos pesquisados nas respostas fornecidas, além de observar a proximidade de suas opiniões, mesmo pertencendo a grupos diferenciados.

Infelizmente, por conta das limitações de capacidade e de tempo para que as pesquisas fossem realizadas em um espectro maior de locais e tempos, de forma a tornar a amostra representativa da população, é forçoso reconhecer a existência do viés de uso de população acessível, como apontado por Oliveira (2004). Contudo, por se tratar de uma pesquisa de ordem qualitativa, tal situação é compreensível já que, como apontado na revisão de literatura, pesquisas qualitativas sempre terão viés com base na opinião, formação e contexto de vida do entrevistado. Logicamente, só seriam verificadas todas as possibilidades caso fosse entrevistada toda a população em questão, o que naturalmente é impossível. Além disso, como o objetivo da pesquisa parte da premissa de observação de diferenças de visão em relação a grupos de interesse diferentes, pode-se utilizar a argumentação de Flick (2004), que aponta que a questão da quantidade em pesquisas qualitativas é menos expressiva que a questão da qualidade. Em síntese, os grupos devem ser representados por indivíduos com características que sejam realmente condizentes ao grupo estudado.

Após isso captar as informações dos critérios advindos da prática local obtidos na pesquisa (ver seção 6.1 desta dissertação), foi revisada na literatura a utilização de indicadores e critérios para avaliação de projetos, programas e políticas de mobilidade ou transporte sustentável.

## 5.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO

Assim, após a estruturação da metodologia, seguiu-se para a efetiva aplicação dos métodos escolhidos. Foram mais uma vez aplicados questionários. No questionário, foram feitas inicialmente explicações relativas aos conceitos de cada um dos critérios primários e secundários a serem avaliados e só então eram feitas as comparações entre eles.

Primeiramente, pediu-se que se enumerassem os critérios primários e secundários de acordo com a ordem de importância considerada pelo entrevistado. Só então foi feita avaliação paritária de cada um dos critérios em escala de 1 a 9. Dessa forma, ao vislumbrar a ordem já previamente estabelecida pelo próprio entrevistado, se visou evitar o viés de erro no momento de se avaliarem os critérios de forma numérica.

Além disso, a ordem das perguntas foi elaborada de forma a evitar a necessidade de análise no sentido contrário (ex.: comparar 1 com 2, e depois 2 com 1), evitando também esse viés. O questionário em questão está apresentado no Apêndice B.

Segue-se agora para os resultados obtidos de acordo com a metodologia apontada, permitindo análises específicas.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão apresentados os resultados das análises realizadas, considerando os questionários executados, os métodos multicritério selecionados e as escolhas de alternativas já mencionadas

### 6.1 OBTENÇÃO DE CRITÉRIOS

Analisaremos agora os critérios selecionados para as avaliações multicritério obtidos com base na metodologia previamente mencionada, associando literatura e conhecimento de stakeholders locais.

#### 6.1.1 Análise da pesquisa com os stakeholders

Tal como afirmado na metodologia, os resultados das entrevistas obtidas foram analisados por meio das ferramentas de *Text Mining* do Orange Canvas. Realizando-se análise das respostas pelo *software*, obtiveram-se os resultados gráficos do *bag of words* exibidos a seguir nas Figuras 15, 16, 17 e 18. Tais resultados apontam as palavras e associações de palavras mais usadas nas respostas do entrevistado. As palavras maiores indicam as que foram mais usadas, enquanto a proximidade entre elas indica uma maior inter-relação ao longo das respostas.

Figura 15 - Resultados Orange Canvas para as entrevistas com gestores

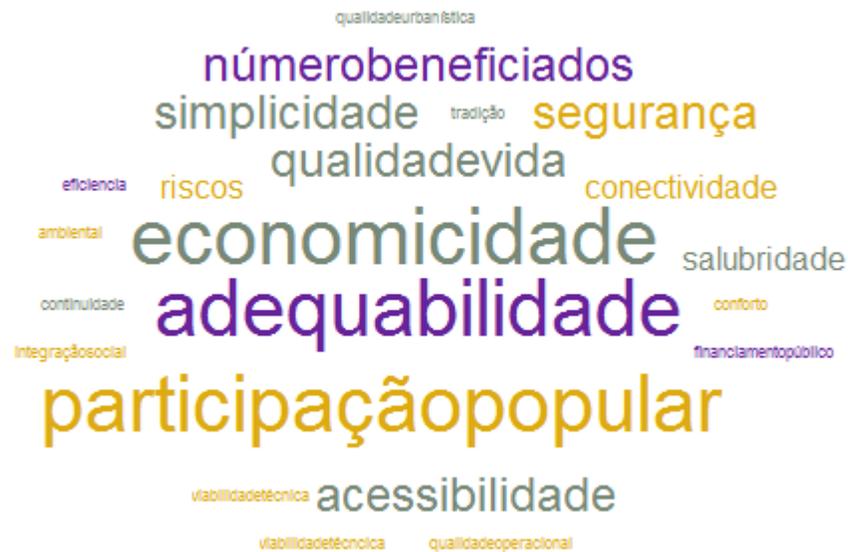
- a) Respostas sobre as dificuldades encontradas pela população de morro ao se deslocar



b) Quais soluções propõem para tentar solucionar os problemas apontados?



c) Quais os critérios para escolha de soluções?



Fonte: A autora (2020).

Na questão das dificuldades apontadas pelos gestores, observa-se uma grande preocupação com a acessibilidade, com o transporte público fornecido e com o estado das escadarias existentes, que costumam não estar em boas situações de conservação. Além disso, tem-se a preocupação com o relevo e com o sistema viário, deficitário por conta da ocupação desordenada existente nesses locais. Por fim, se observa preocupação com a precariedade de diferentes infraestruturas, como saneamento, calçadas e barreiras instáveis da região.

No quesito das soluções, os gestores se mostram favoráveis ao uso das diferentes formas tecnológicas apontadas na revisão da literatura, como funiculares, teleféricos e escadas rolantes, mas também a soluções mais imediatas e simples, como requalificação viária, das escadarias, e do transporte público. Além disso, consideram importantes uma reforma urbanística e uma maior participação da população nas decisões.

Tal tendência continua forte nos critérios, onde se nota fortemente a presença da necessidade de participação popular. Além disso, a questão econômica se mostra forte, pelo destaque com o critério da economicidade, levando em conta os custos das intervenções, concomitante às análises de benefício e custo normalmente utilizadas para a análise de viabilidade de soluções. Já com relação a questões qualitativas, tem-se qualidade de vida, acessibilidade e adequabilidade às condições e demandas da população local.

Figura 16 - Resultados Orange Canvas para questionários com pesquisadores

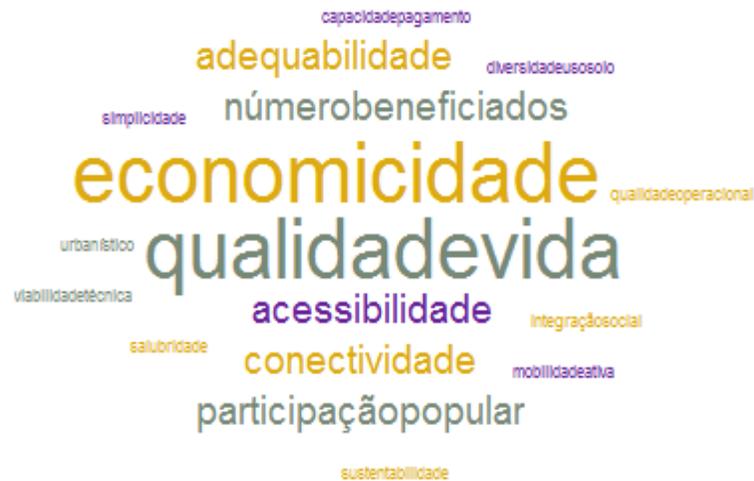
a) Respostas sobre as dificuldades encontradas pela população de morro ao se deslocar;



b) Quais soluções propõem para tentar solucionar os problemas apontados?



c) Quais os critérios para escolha de soluções?



Fonte: A autora (2020).

Já para os pesquisadores, notam-se principalmente as questões de acessibilidade, sistema viário, as escadarias, o relevo e o transporte público como principais problemas apontados. Já quanto às soluções, se destacam a questão da gestão mais próxima à população, além do uso de escadas rolantes e a requalificação viária, mostrando uma tendência a maior preocupação com a aplicabilidade da solução, deixando as aplicações mais tecnológicas como funiculares e teleféricos, em terceiro plano.

Por fim, na questão de critérios, dá-se prioridade à economicidade e à qualidade de vida para a população. Os números de beneficiados, a acessibilidade, conectividade e participação popular vêm em segundo plano nas respostas.

Figura 17 - Resultados Orange Canvas para questionários com a população

a) Respostas sobre as dificuldades encontradas pela população de morro ao se deslocar



b) Quais soluções propõem para tentar solucionar os problemas apontados?



c) Quais os critérios para escolha de soluções?



Fonte: A autora (2020).

Para a população, as dificuldades mais percebidas vêm da qualidade do transporte público, sendo destacados nas entrevistas, os trajetos demasiadamente longos, sem racionalização e a baixa frequência dos transportes públicos. Outros pontos como instabilidades de barreiras, acessibilidade, sistema viário deficitário e calçadas também são apontados. Essas últimas, inclusive, são apontadas como problemáticas até mesmo para acesso a paradas, com problemas não só estruturais, mas também de fiscalização, com ocupação irregular por residências e lojas.

Já para as soluções, se destaca a participação da população nas questões decisórias por meio de uma gestão mais próxima. Além disso, têm-se a requalificação viária e de escadarias e a segurança das barreiras. Ainda, a melhoria e gestão dos transportes públicos e escadarias aparecem, porém surgem em menor importância. Outro destaque é a questão da segurança pública, apontada nas entrevistas como ponto de grande preocupação, já que a insegurança impede o real acesso ao transporte público por meio de assaltos nos veículos ou mesmo nas paradas de ônibus.

Já com os critérios, é notória a relevância dada mais uma vez a participação social. Nas entrevistas, se revelou a preocupação com a inclusão da população não somente para a transmissão de decisões já tomadas, como ocorre comumente, mas também a sua inclusão nos momentos de tomada de decisão, principalmente por meio de uma real capacitação por meio de oficinas temáticas. Além disso, mais uma vez a questão da garantia de segurança se mostrou um critério

muito forte para apontar uma solução ideal, seguido pela capacidade de proporcionar mais qualidade de vida e apresentar simplicidade e qualidade operacional adequadas.

Figura 18 - Resultados Orange Canvas para questionários de todos os grupos de interesse

a) Respostas sobre as dificuldades encontradas pela população de morro ao se deslocar



b) Quais soluções propõem para tentar solucionar os problemas apontados?







adequabilidade, acessibilidade, simplicidade de uso, número de beneficiados e qualidade operacional.

Por fim, analisando-se as distâncias entre os discursos fornecidos pelos entrevistados (formação de *clusters*), observa-se claramente uma segregação entre os moradores de morro (que em geral não possuem formação acadêmica e profissionalmente estavam desempregados, atuavam no Compaz do Alto Santa Terezinha, local das entrevistas, ou ainda na construção civil ou em laboratório clínico), os pesquisadores e gestores atuantes no setor público. E ainda, dentre esses dois últimos grupos destaca-se as diferenças de formação acadêmica, em especial entre arquitetos e engenheiros.

Tal resultado se mostra interessante quando considerado que, mesmo diante de uma mesma problemática aplicada a uma mesma região de estudo, a segregação da forma de pensar o problema é feita de forma diferenciada por cada uma das áreas de formação. Dessa forma, isso atenta às diferenças de formação que podem permitir uma visualização diferenciada do problema estudado, além de trazer soluções e verificar problemas diversos na aplicabilidade de uma situação, que vão além da presença dos diferentes grupos de interesse abordados. Tudo isso ressalta a necessidade da presença de equipes multidisciplinares que abranjam áreas diversas de estudo para a formulação e implementação de uma solução, o que deveria ser levado em conta no momento de montar equipes de apoio para os gestores locais.

Tais fatores concordam com o que é apontado na literatura por meio da questão da mobilidade sustentável, com discussões iniciadas desde o Relatório Brundtland (WORD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987) e que se seguem até hoje (Portugal, 2017), que apontam os pilares de análise econômica (aplicabilidade econômica da intervenção, observando principalmente os custos e os benefícios gerados), social (análise da população afetada) e ambiental (impactos ambientais promovidos pela intervenção), sendo posteriormente expandido com outros fatores importantes principalmente para área dos transportes.

Contudo, observa-se que alguns pontos apareceram ainda com mais intensidade do que o apontado normalmente na literatura, principalmente nas entrevistas com a população, como a maior ênfase à "segurança" dos usuários dos transportes. Tal preocupação é extremamente válida para o local de estudo, que apresenta taxas de criminalidade elevadas, que prejudicam a população nos diferentes aspectos da vida, incluindo na sua capacidade de locomoção. Além disso, mostrou-se

uma grande preocupação levar em conta a opinião das comunidades que serão afetadas pelas intervenções propostas.

Embora tal participação esteja implícita nas chamadas audiências públicas, tem sido observado que tal instrumento não costuma apresentar o resultado de representação necessária, já que nelas a população é apenas comunicada de uma decisão já previamente tomada e da qual não pode opinar por não possuir conhecimentos técnicos necessários (GOMIDE; PEREIRA, 2018). Para reforçar essa argumentação, observou-se durante as entrevistas, uma preocupação com a criação de oficinas que permitam essa capacitação necessária, em especial para os dirigentes de associação de moradores.

Assim, com tais considerações feitas a nível local, assomam-se a elas as avaliações advindas da literatura, tal como segue em próxima seção.

### **6.1.2 Indicadores e critérios de análise revisados na literatura**

Também como proposto na metodologia, foi ainda analisada a literatura sobre critérios e índices de mobilidade e transporte sustentáveis, obtendo como síntese o resultado expresso na Tabela 5:

Tabela 5 - Critérios e índices para avaliação de planos e política de mobilidade e transporte sustentável

Autor(es)	Título	Premissa	Critérios
Masoumi (2019)	A discrete choice analysis of transport mode choice casualty and perceived barriers of sustainable mobility in the MENA region	Identificar as barreiras principais para escolha de modos de transporte sustentáveis como mobilidade ativa e transporte público no Oriente Médio e Norte da África. Determinar que atitudes ou determinantes físicos definem a escolha do modo de transporte no Tehran, Istanbul e Cairo, e quais as diferenças nos determinantes da escolha de modo em relação as sociedades ocidentais.	Rendafamiliar, Localizaçãodaresidência, Transportedisponível, Distânciadeviagem, Freqüenciadeviagem, Possedecarro, Existênciadecentrosdecompras, Tempodeviagem, Atividadesquenãotrabalho, Acessibilidadedaequipamentos, Lugardeentretenimento, Segurançadotransportepúblico, Densidadepopulacional
Lessa et al. (2019)	Accessibility and urban mobility by bus in Belo Horizonte/Minas Gerais - Brazil	Analisar os níveis de acessibilidade por ônibus de Belo Horizonte (MG), incluindo seu relacionamento com os níveis de mobilidade urbana	Densidadeparadas, Frequência, Densidadedelinhas, Freqüenciadeviagem

<p>Jeon e Amekudzi (2005)</p>	<p>Addressing Sustainability in Transportation Systems: Difinitions, Indicators, and Metrics</p>	<p>Definir e medir a sustentabilidade nos planos de transporte e provisão de infraestruturas, revisando iniciativas na América do Norte, Europa e Oceania, de forma a caracterizar o pensamento emergente do que constitui sustentabilidade no transporte e como medir.</p>	<p>Poluentesdear, Poluentesdeágua, Poluentesdosolo, Impactosdelocalização, Impactosdeconstrução, Impactosdeoperação, Melhorarcondiçõesdevida, Transportesdisponíveis, Impactosambientais, Segurança, Saúdedosusuários, Acessibilidade, Ecifiência, Custo, Condiçõesdepagamentodapopulação, Liderançaointegração, Participaçãopública, Transparência, Desenvolvimentoeconomicosocial, Equidade, Planejamentointegrado, Usoderecursos, Impactosonoro, Acessibilidadeaequipamentos, Preserçaõdecultura, Sustentávelparaoutrasgerações, Tecnologia, Atendimentodasnecessidadesdapopulação, Educaçãoobretransportesustentável, Densidadepopulacional, Eficiênciaeconômica, Subsídios, Receitadetarifas, Distânciadeviagem, Tempodeviagem, Densidaderede, Custosdemanutenção, Custosdecombustíveis, Composiçãodeveículos, Custodeviagem, Qualidade deserviço, Integraçãocomoutrosmodos, Acessibilidadeparapessoascompoucalocomoção, Segregaçãoespacial, Resíduossólidosgerados, Segurançadeuso, Acessodoveículo, Compatibilidadecompedestresebicicletas,</p>
-------------------------------	--	---	--

			Populaçãoatendida, Participaçãopopulação, Acessoaserviçosbásicos
Mahdinia et al. (2018)	An indicator-based algorithm to measure transportation sustainability: A case study of the U.S. states		Dimensãosocial: Segurança, Acessibilidade, Diversidade; Dimensãoambiental: Poluentes, Combustível, Usodesolo, Eficiência; Dimensãoeconômica: Receitadatarifas, Custo, Custodetarifa, Desenvolvimentosocioeconômico

<p>Miller et al. (2016)</p>	<p>Analyzing the sustainability performance of public transit</p>	<p>Busca introduzir a Ferramenta de Análise da Mobilidade Sustentável do Transporte Público (PTSMAT), que usa índices de sustentabilidade junto as pesquisas de sustentabilidade dos transportes, de forma que essa ferramenta auxilie tanto na decisão e planejamento, quanto em outras pesquisas.</p>	<p>Combustíveis, Energia, Poluentes, Impactossonoro, Consumodeterra, Populaçãootendida, Acessibilidadeacentroscomerciais, Acessibilidadeaequipamentos, Distanciaaparada, Alcancedarede, Condiçõesdepagamentodapopulação, Pesodatarifanarenda, Acessibilidadeparapessoascompoucalocomoção, Segurançadeuso, Ocupaçãodosveículos, Confiabilidade, Quantidadedeviagens, Custodeoperação, Receitatarifas, Tempodeviagem</p>
<p>Awasthi et al. (2011)</p>	<p>Application of fuzzy TOPSIS in evaluating sustainable transportation systems</p>	<p>Auxiliar os tomadores de decisão a avaliar e selecionar sistemas de transporte sustentáveis por meio de método multicritério sob informações parciais ou incompletas (incerteza).</p>	<p>Custodeoperação, Segurança, Segurançadeuso, Confiabilidade, Poluentesdoar, Impactossonoro, Combustível, Custodeviagem, Resíduossólidosgerados, Energia, Usodosolo, Acessibilidadeaequipamentos, Desenvolvimentoeconômicosocial, Tecnologia, Equidade, Possibilidadedeexpansão, Alcancedarede, Eficácia, Ocupaçãodosveículos, Conveniencianouso, Qualidade deserviço, Instalaçõesfísicas, Veículos, Aspectovisual</p>

Ignaccolo et al. (2017)	Combining Analytic Hierarchy Process (AHP) with role-playing games for stakeholder engagement in complex transport decisions	Apresentar um procedimento para tomada de decisão de transportes e avaliação de soluções propostas de vários stakeholders sob perspectiva multicritério, tomando como caso uma nova estação de metro na Catania (Itália), que se situará próximo ao distrito universitário, escolhendo um transporte conectando a estação ao distrito dentre quatro possibilidades.	Acessibilidade, Tempodeviagem, Frequência, Conforto, Custodeimplantação, Riscoeconômico, Custodeoperação, Custodemanutenção, Poluentesdear, Impactossonoros, Impactovisual, Participaçãosocial, Desenvolvimentoeconômicosocial, Segurança
Mavoa et al. (2012)	GIS based decision accessibility via public transit and walking in Auckland, New Zealand	Descrição de duas medidas de acesso ao transporte público: uma considerando combinação de transporte público e caminhada, outro considerando a frequência do transporte que mede o nível de serviço em uma área.	Acessoaparadas, Tempodeviagem, Alcancedarede, Acessoaequipamentos, Frequência
Reisi et al. (2016)	Land-use planning: Implications for transport sustainability	Explora três cenários de planejamento urbano para 2030 para Melbourne, Austrália, e sua implicação para o transporte sustentável, desenvolvendo um índice de sustentabilidade derivado de 10 indicadores de sustentabilidade, para comparar os cenários.	Usoderecursos, Poluentesdear, Usodosolo, Acessibilidade, Segurançadouso, Custosdeposedocarro, Qualidadedevida

Tatum et al. (2019)	Driving factors of sustainable transportation: Satisfaction with mode choices and mobility challenges in Oxfordshire and Hamburg	Investigar fatores chave que influenciam comportamentos de viagens individuais em diferentes modos de viagem por meio de exame das interações de escolha de modo e satisfação do usuário a desafios de mobilidade.	Acessibilidade e equipamentos, Segurança de uso, Infraestrutura, Quantidade de veículos, Congestionamento, Tempo de viagem, Poluentes do ar, Confiabilidade, Transparência, Uso do solo, Atendimento das necessidades da população, Frequência de viagem, Participação social, Preservação de cultura, Ocupação dos veículos, Posses de carro, Impactos sonoros, Frequência, Densidade de paradas, Necessidade de transbordo
Corazza e Favaretto (2019)	A methodology to evaluate accessibility to bus stops as a contribution to improve sustainability in urban mobility	Descrever uma metodologia multicritério para avaliar acessibilidade a paradas de ônibus por meio de sete indicadores, que descrevem objetiva e subjetivamente as características que influenciam a escolha dos passageiros para determinada parada	Alcance da rede, Densidade de linhas, Frequência, Existência de centros de compras, Qualidade de serviço, População atendida, Conforto

De Luca (2014)	Public engagement in strategic transportation planning: A n analytic hierarchy process based approach	Investigar se e como análises de decisão multicritério, baseadas em Analytic Hierarchy Process (AHP), podem auxiliar o processo participatório do público em todo o processo de planejamento de transportes, especialmente no planejamento estratégico e nos estágios iniciais durante os quais as opções de planejamento são mais abertas e o público raramente é envolvido.	Tempodeviagem, Tempodeespera, Custodeviagem, Segurançadeuso, Infraestrutura, Congestionamento, Confiança, Poluentesdear, Impactossonoros, Aspectovisual
Börjesson e Rubensson (2019)	Satisfaction with crowding and other attributes in public transport	Analisar a satisfação dos usuários por meio de pesquisas conduzidas entre passageiros de transporte público por 15 anos em Stockholm, analisando a importancia de atributos e suas tendências, focando nos atributos que mais se destacam.	Frequência, Confiabilidade, Transparência, Limpezadoveículo, Limpezadasestações, Ocupaçãodosveículos, Qualidade doserviço, Segurançadeuso
Cattaneo et al. (2018)	Students' mobility attitudes and sustainable transport mode choice	Busca explorar a propensão de estudantes universitários em usar diferentes modos de transporte sustentáveis, tomando em consideração características individuais e de viagem específicas, assim como suas características psicológicas.	Conforto, Poluentes, Combustíveis, Resíduossólidosgerados, Usoderecursos, Segurançadeuso, Congestionamento, Distânciadeviagem, Acessoaequipamentos, Acessibilidade, Estacionamento

<p>Jeon et al. (2013)</p>	<p>Sustainability assessment at the transportation planning level: Performance measures and indexes</p>	<p>Visa a revisão de metodologias que possam ser aplicadas para avaliar a sustentabilidade no planejamento de transportes, de forma a destacar processos que vem sendo usados para incorporar a sustentabilidade de forma mais efetiva no planejamento. São identificados medidores de performance baseados nas questões de sustentabilidade e objetivos locais, e avalia propostas de transporte e uso do solo.</p>	<p>Preservação do ambiente, Impactos de localização, Impactos de construção, Impactos de operação, Uso de recursos, Equidade, Segurança, Segurança de uso, Saúde, Qualidade de vida, Congestionamento, Acesso a equipamentos, Alcançar rede, Mobilidade, Eficiência, Eficiência econômica, Desenvolvimento econômico social, Custo, Poluentes de ar, Impactos sonoros</p>
<p>Santos e Ribeiro (2013)</p>	<p>The use of sustainability indicators in urban passenger transport during the decision-making process: the case of Rio de Janeiro, Brazil</p>	<p>Análise de 20 indicadores selecionados e usados como exemplo para avaliar sua aplicabilidade no monitoramento de linhas de ação em relação ao transporte no Plano de estado climático do Rio de Janeiro.</p>	<p>Poluentes de ar, Uso do solo, Infraestrutura, Combustível, Impactos sonoros, Saúde, Existência de centros de compras, Congestionamento, Tempo de viagem, Custo, Condições de pagamento da população, Subsídios, Transparência, Acessibilidade, Acessibilidade para pessoas com pouca locomoção, Segurança de uso, Qualidade do serviço, Integração com outros modos, Compatibilidade com pedestres e bicicletas, Segurança, Equidade</p>

Nicolas et al. (2003)	Towards sustainable mobility indicators: application to the Lyons conurbation	São propostos indicadores que permitam comparar diferentes estratégias de transportes urbanos dentro de uma área, em diferentes contextos urbanos e ao longo do tempo.	Frequência, Atendimento das necessidades da população, Tempo de viagem, Distância de viagem, Condições de pagamento da população, Custo de tarifa, Posses de carro, Custo de carro, Poluentes de ar, Uso do solo, Impactos sonoros, Segurança de uso
Bocarejo e Oviedo (2012)	Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments	Criação de uma metodologia que usa conceitos de acessibilidade e disponibilidade (econômica) como meio complementar para avaliar os investimentos em transporte público	Custo, Condições de pagamento da população, Custo de tarifa, Uso do solo, Acesso a equipamentos, Existência de centros de compras, Acesso a paradas, Equidade, Eficiência
Zhao e Li (2019)	Travel satisfaction inequality and the role of the urban metro system	Identificar as disparidades regionais e sociais na satisfação de viagem entre os habitantes de Beijing, e discutir como a satisfação se relaciona com a viagem esperada e a viagem real, e identificar o papel do transporte por trilhos nessa disparidade.	Equidade, Existência de centros de compras, Distância a parada, Alcance da rede, Qualidade de serviço, Experiências anteriores, Custo de tarifa, Infraestrutura, Impactos da localização, Uso do solo, Confiança, Frequência, Conforto, Distância de viagem, Limpeza, Privacidade, Segurança de uso, Conveniência, Interação social, Acesso do veículo, Acesso a equipamentos, Acessibilidade de centros comerciais, População atendida, Acesso a paradas, Atitude, Necessidade de transbordo, Transparência, Segurança, Tempo de viagem

Haghshenas e Vaziri (2012)	Urban sustainable transportation indicators for global comparison	São colhidos diversos índices de sustentabilidade de transportes a partir de pesquisas anteriores, e esses são usados para rankear diversas cidades do mundo	Poluentesdear, Energia, Usoderecursos, Combustível, Eficiência, Impactossonoros, Usodosolo, Impactosdelocalização, Custo, Custodetarifa, Segurança, Qualidade deserviço, Acessibilidade, Acessibilidadeparapessoascompoucaloção, Equidade, Participaçãosocial, Segurançadeuso, Condiçõesdepagamentodapopulação, Custosdeoperação, Tempodeviagem
Awasthi e Chauhan (2011)	Using AHP and Dempster-Shafer theory for evaluating sustainable transport solutions	Apresentação de uma abordagem híbrida baseada nas teorias do AHP e Dempster-Shafer para avaliar o impacto o impacto de medidas de transporte que não agridem o ambiente como o transporte compartilhado, soluções de transporte multi-modais, soluções de transporte inteligentes, etc.	Acessibilidade, Segurança, Qualidade deserviço, Congestionamento, Populaçãootendida, Impactossonoros, Poluentesdear, Combustível, Custo

Fonte: A autora (2020).

Obs.: Os critérios foram escritos de forma truncada visando facilitar análise posterior.

Obs<sup>2</sup>.: Os critérios podem ter sido usados diretamente pelos autores ou extraídos de literatura de terceiros, estando citados nos artigos estudados.

Assim, após submeter os resultados da pesquisa com os *stakeholders* e os resultados da busca da literatura no aplicativo Orange Canvas, foram obtidos os critérios a serem utilizados nas metodologias selecionadas, como verificado na *word cloud* da Figura 19:

Figura 19 - *Word cloud* resultado da análise de indicadores/índices de mobilidade sustentável vindos da literatura



Weight	Word
12	segurança de uso
11	tempo de viagem
9	poluentes de ar
9	segurança
8	frequência
8	acessibilidade
8	impactos sonoros
7	custo
7	equidade
6	condições de pagamento da popul...
6	qualidade de serviço
6	alcançar rede
6	uso de solo
6	congestionamento
5	existência de centros de compras

Fonte: A autora (2020).

Observa-se assim, a importância dada a critérios como **segurança no uso** das infraestruturas, o **tempo de viagem** considerado, a **emissão de poluentes no ar** e a própria **segurança do indivíduo**, como também apontado pela pesquisa de campo. Ainda, as questões de **custo** (não só do poder público, mas condições de pagamento pela população), **qualidade de serviço e operação** (alcance da rede, impacto do seu uso de solo, existência de congestionamentos) também se revelaram importantes.

### **6.1.3 Seleção de critérios para metodologia multicritério**

Assim, os critérios apontados pela pesquisa reforçam os critérios obtidos na literatura, mas modificando a importância dada a alguns pontos, enquanto outros sequer surgem. Os critérios, obtidos finalmente e onde esses se encontram no material analisado, seguem na Tabela 6.

Para permitir a correta aplicação e análise de acordo com as metodologias multicritério convencionais, os critérios obtidos foram considerados critérios secundários ou subcritérios, agrupados em torno de critérios principais ou dimensões em que melhor se encaixavam, seguindo e complementando a linha de critérios principais apontados com frequência na literatura de sustentabilidade.

Deve-se ainda mencionar, contudo, que o critério de Acessibilidade a Infraestrutura, após análise mais aprofundada, se mostrou muito próximo ao critério Inclusão, podendo prejudicar a independência necessária aos critérios para análises de agregação, como o AHP, sendo assim, fundido dentro do critério de Inclusão.

Tabela 6 - Critérios usados no estudo e suas origens

<b>Critérios principais</b>	<b>Critérios secundários utilizados</b>	<b>Fontes</b>
Econômico	Produtividade econômica	Jeon e Amekudzi, 2005; Mahdinia et al., 2018; Miller et al., 2016; Awasthi et al., 2011; Ignaccolo et al., 2017; Jeon et al., 2013 e Pesquisa de campo
	Risco	Jeon e Amekudzi, 2005; Ignaccolo et al., 2017; Mahdinia et al., 2018; Jeon et al., 2013; Santos e Ribeiro, 2013; Bocarejo e Oviedo, 2012; Haghshenas e Vaziri, 2012; Awasthi e Chauhan, 2011; Pesquisa de campo
	Custo de operação e gerenciamento	Jeon e Amekudzi, 2005; Miller et al., 2016; Awasthi et al., 2011; Ignaccolo et al., 2017; Pesquisa de campo
	Custo de tarifa	Jeon e Amekudzi, 2005; Mahdinia et al., 2018; Miller et al., 2016; Nicolas et al., 2003; Bocarejo e Oviedo, 2012; Zhao e Li, 2019; Haghshenas e Vaziri, 2012
Social	Interação social	Masoumi, 2019; Jeon e Amekudzi, 2005; Miller et al., 2016; Awasthi et al., 2011; Mavoia et al., 2012; Reisi et al., 2016; Tatum et al., 2019; Cattaneo et al., 2018; Jeon et al., 2013; Bocarejo e Oviedo, 2012; Zhao e Li, 2019; Pesquisa de campo
	Segurança	Jeon e Amekudzi, 2005; Mahdinia et al., 2018; Awasthi et al., 2011; Ignaccolo et al., 2017; Jeon et al., 2013; Santos e Ribeiro, 2013; Zhao e Li, 2019; Haghshenas e Vaziri, 2012; Awasthi e Chauhan, 2011; Pesquisa de campo
	Comunicação	Jeon e Amekudzi, 2005; Tatum et al., 2019; Börjesson e Rubensson, 2019; Santos e Ribeiro, 2013; Zhao e Li, 2019
	Inclusão	Jeon e Amekudzi, 2005; Miller et al., 2016; Santos e Ribeiro, 2013; Haghshenas e Vaziri, 2012

Institucional	Participação social nas decisões	Jeon e Amekudzi, 2005; Ignaccolo et al., 2017; Tatum et al., 2019; Haghshenas e Vaziri, 2012; Pesquisa de campo
	Regulação	Jeon e Amekudzi, 2005
	Capacidade instrumental da gestão pública	Jeon e Amekudzi, 2005; Awasthi et al., 2011; De Luca, 2014; Santos e Ribeiro, 2013; Pesquisa de campo
Infraestrutural	Qualidade do serviço	Jeon e Amekudzi, 2005; Awasthi et al., 2011; Ignaccolo et al., 2017; Corazza e Favaretto, 2019; Börjesson e Rubensson, 2019; Santos e Ribeiro, 2013; Zhao e Li, 2019; Pesquisa de campo
	Acessibilidade a infraestrutura	Jeon e Amekudzi, 2005; Miller et al., 2016; Awasthi et al., 2011; Mavoia et al., 2012; Tatum et al., 2019; De Luca, 2014; Santos e Ribeiro, 2013; Bocarejo e Oviedo, 2012; Zhao e Li, 2019; Pesquisa de campo
	Segurança no uso	Masoumi, 2019; Jeon e Amekudzi, 2005; Miller et al., 2016; Awasthi et al., 2011; Reisi et al., 2016; Tatum et al., 2019; De Luca, 2014; Börjesson e Rubensson, 2019; Cattaneo et al., 2018; Jeon et al., 2013; Santos e Ribeiro, 2013; Nicolas et al., 2003; Zhao e Li, 2019; Haghshenas e Vaziri, 2012; Pesquisa de campo
	Operação	Lessa et al., 2019; Jeon e Amekudzi, 2005; Miller et al., 2016; Awasthi et al., 2011; Ignaccolo et al., 2017; Mavoia et al., 2012; Tatum et al., 2019; Corazza e Favaretto, 2019; De Luca, 2014; Börjesson e Rubensson, 2019; Cattaneo et al., 2018; Santos e Ribeiro, 2013; Nicolas et al., 2003; Zhao e Li, 2019; Haghshenas e Vaziri, 2012; Pesquisa de campo
Ambiental	Emissão de gases e partículas	Jeon e Amekudzi, 2005; Mahdinia et al., 2018; Miller et al., 2016; Awasthi et al., 2011; Ignaccolo et al., 2017; Reisi et al., 2016; Tatum et al., 2019; Cattaneo et al., 2018; Jeon et al., 2013; Santos e Ribeiro, 2013; Nicolas et al., 2003; Haghshenas e Vaziri, 2012; Awasthi e Chauhan, 2011

Eficiência energética e de recursos	Jeon e Amekudzi, 2005; Mahdinia et al., 2018; Miller et al., 2016; Awasthi et al., 2011; Reisi et al., 2016; Cattaneo et al., 2018; Jeon et al., 2013; Haghshenas e Vaziri, 2012
Uso do solo	Jeon e Amekudzi, 2005; Mahdinia et al., 2018; Awasthi et al., 2011; Reisi et al., 2016; Tatum et al., 2019; De Luca, 2014; Jeon et al., 2013; Santos e Ribeiro, 2013; Nicolas et al., 2003; Bocarejo e Oviedo, 2012; Zhao e Li, 2019; Haghshenas e Vaziri, 2012
Poluição sonora	Jeon e Amekudzi, 2005; Miller et al., 2016; Awasthi et al., 2011; Ignaccolo et al., 2017; Reisi et al., 2016; Tatum et al., 2019; De Luca, 2014; Jeon et al., 2013; Santos e Ribeiro, 2013; Nicolas et al., 2003; Haghshenas e Vaziri, 2012; Awasthi e Chauhan, 2011

Fonte: A autora (2020).

## 6.2 RESULTADOS DAS PESQUISAS

Após a obtenção dos critérios a serem avaliados em cada um dos métodos multicritério, foi elaborado questionário para a realização das pesquisas. O questionário foi feito de forma a obter a avaliação dos critérios e minimamente sua hierarquização de forma a possibilitar a aplicação de todos os métodos adotados nesta dissertação sem a necessidade de se recorrer a múltiplos questionários. Tal questionário está apresentado no Apêndice B.

O questionário foi aplicado via formulário Google Docs, com o link para sua resposta sendo disponibilizado para lista de e-mails obtida de diferentes órgãos que abrangiam os diferentes *stakeholders* (órgãos de gestão pública para representar os gestores; universidades e entidades de pesquisa para representar pesquisadores; e associações de moradores e de apoio à população dos morros de forma a representar a população).

Infelizmente, considerando a quantidade de critérios selecionados para o estudo adequado da questão e ainda a necessidade de se avaliarem três alternativas de solução, tornou o questionário razoavelmente longo. Esse fato dificultou a realização das entrevistas de forma presencial, uma vez que os possíveis entrevistados, principalmente no grupo de gestores, afirmavam ter outros compromissos, não podendo ceder o tempo requerido. Essa situação dificultou a obtenção de uma quantidade elevada de respostas.

Além disso, embora se tenha buscado explicar em linguagem simples todos os critérios e alternativas avaliadas, inclusive com figuras ilustrativas, a aplicação online tornava um pouco mais complicada a possibilidade de tirar dúvidas dos entrevistados. Tais dificuldades, principalmente para os moradores, resultaram na inviabilidade de obter respostas conclusivas de tal grupo. Resultou-se assim, na obtenção de 17 questionários respondidos, sendo 13 de pesquisadores e 4 de gestores.

Contudo, tal como apontado anteriormente por Flick (2004), embora em quantidade reduzida, os questionários obtidos apresentaram respostas apropriadas e que representam adequadamente as opiniões dos entrevistados, tomando-se reservas apenas quanto à generalização de tais respostas para o grupo. Dessa forma, seguiu-se com a análise de tais respostas por meio das metodologias escolhidas, já que não apenas a avaliação das soluções em si, mas também a aplicabilidade dos métodos é o ponto-chave dessa dissertação.

Destaca-se que para melhor compreensão dos significados dados a cada critério e critério secundário adotado, recomenda-se a leitura do questionário apresentado no Apêndice B. Além disso, as planilhas relacionadas à aplicação dos métodos que não estiverem em sua integridade ao longo do texto em seguida, como os casos de AHP, GAM, SMARTER, TOPSIS e MACBETH, estão apresentadas nos Apêndices C, D, E, F e G.

Seguimos agora aos resultados dos métodos escolhidos com base nos critérios considerados.

### **6.2.1 Resultados AHP**

Os resultados obtidos foram avaliados utilizando o método AHP de Saaty, seguindo indicações dadas por Meira (2013). Os resultados obtidos foram avaliados em termos dos grupos (gestores e pesquisadores) e uma análise geral com todas as respostas agregadas. Destaca-se que os valores obtidos para análise das soluções foram tomadas de 0-10, não normalizados, o que permitiu resultado final também sob forma de notas 0-10.

Com respeito às respostas obtidas, todas foram avaliadas quanto à consistência utilizando a Taxa de Consistência (TC), obtendo valores dentro do estabelecido para resultados adequados dentro da metodologia (abaixo de 0,1, tendo ainda limites de 0,08 para matrizes de tamanho quatro e 0,05 para matrizes de tamanho três). Os questionários que apresentaram inconsistências no seu preenchimento foram retirados de todas as análises (incluindo demais métodos).

Além disso, foram realizados testes de sensibilidade variando-se os pesos atribuídos para cada critério e critério secundário (mantendo-se a normalização requerida na metodologia). Neles também foram obtidos resultados favoráveis, já que a classificação obtida para as soluções não se alterou com nenhuma das mudanças.

Os cálculos realizados para execução do método se encontram em maiores detalhes no Apêndice C.

Após isso, foi feita também verificação usando software SuperDecisions de forma a confirmar os resultados obtidos manualmente.

Analisando assim todos resultados obtidos das entrevistas, obteve-se os valores demonstrados nas Tabelas 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13:

Tabela 7 - Resultado de ponderação dos critérios pelo AHP

<b>Critério</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado para conjunto de respostas</b>
Econômico	0,3899	0,287438	0,317002
Social	0,119971	0,319934	0,259643
Institucional	0,106993	0,108162	0,110244
Infraestrutural	0,234505	0,154695	0,175779
Ambiental	0,14863	0,12977	0,137372

Fonte: A autora (2020).

Tabela 8 - Resultado da ponderação dos critérios secundários econômicos pelo AHP

<b>Crítérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado para conjunto de respostas</b>
Produtividade econômica	0,374539	0,296522	0,28698
Risco de demanda	0,104274	0,190902	0,170902
Custo de operação e gestão	0,290734	0,211622	0,249221
Tarifa	0,230454	0,300954	0,292897

Fonte: A autora (2020).

Tabela 9 - Resultado da ponderação dos critérios secundários sociais pelo AHP

<b>Crítérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado para conjunto de respostas</b>
Interação	0,366936	0,205802	0,24574
Segurança	0,305574	0,33522	0,323575
Comunicação	0,201806	0,100671	0,120072
Inclusão	0,125684	0,358306	0,310613

Fonte: A autora (2020).

Tabela 10 - Resultado da ponderação dos critérios secundários institucionais pelo AHP

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado para conjunto de respostas</b>
Participação social	0,199407	0,499589	0,419097
Riscos regulatórios	0,172726	0,111393	0,128412
Capacidade de gestão	0,627867	0,389018	0,452491

Fonte: A autora (2020).

Tabela 11 - Resultado da ponderação dos critérios secundários infraestruturais pelo AHP

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado para conjunto de respostas</b>
Qualidade de serviço	0,212724	0,29836	0,276969
Segurança no uso	0,223254	0,251156	0,245505
Operação	0,564022	0,450484	0,477526

Fonte: A autora (2020).

Tabela 12 - Resultado da ponderação dos critérios secundários ambientais pelo AHP

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado para conjunto de respostas</b>
Emissão de gases e partículas	0,249411	0,206398	0,223953
Eficiência energética	0,133877	0,247479	0,225407
Uso do solo	0,46154	0,462838	0,450176
Poluição sonora	0,155172	0,083285	0,100464

Fonte: A autora (2020).

Tabela 13 - Resultado da avaliação final das soluções propostas pelo AHP

<b>Solução</b>	<b>Nota final dos gestores</b>	<b>Nota final dos pesquisadores</b>	<b>Nota final do conjunto das respostas</b>
Solução 1	4,604783	5,266897	5,266897
Solução 2	5,189016	5,834859	5,834859
Solução 3	5,500796	5,992725	5,992725

Fonte: A autora (2020).

Observa-se que para o grupo de gestores, grande importância foi dada à questão econômica, seguida da questão infraestrutural. Assim, vê-se uma grande preocupação com a capacidade financeira dos entes públicos poderem arcar com as infraestruturas a serem instaladas (evidenciado pela nota também significativa do critério secundário de Custo de operação e gestão), além do próprio custeio pela população sob a forma de tarifas, podendo ser justificada em caso de capacidade de fornecimento de melhor produtividade econômica para a região (critério secundário apontado com maior peso). Ao mesmo tempo, se busca instalar algo que sirva à população de forma eficiente, comprovado com o maior peso dado à questão de Operação.

Quanto aos critérios secundários sociais, destaque foi dado para a questão da Interação social, demonstrando preocupação em conectar essa população com o resto da cidade, reforçando assim, uma busca por maior equidade de acesso aos equipamentos urbanos presentes nas demais áreas da cidade. Imediatamente após esse critério, têm-se a questão da segurança, demonstrando preocupação em trazer maior acesso aos entes de segurança pública, em concomitância com as preocupações demonstradas na pesquisa aberta de obtenção de critérios.

Quanto à questão institucional é clara a preocupação quanto à capacidade do poder público de gerir o sistema implantado, buscando-se assim evitar a instalação de infraestruturas que, embora capazes de fornecer um serviço de forma adequada, não conseguem ser geridas pelo ente público, seja em questão de gestão própria, seja em caso de exploração por ente privado, requerendo fiscalização e regime de manutenção adequados ao caso.

Já nos aspectos ambientais, os entrevistados mostraram destacada atenção ao Uso do solo, preocupados com os impactos que tais estruturas podem trazer na área impactada. Isso é condizente com a questão estrutural presente nas regiões de morro, onde grandes intervenções requerem movimentações de grande quantidade de população, o que pode ser oneroso não só em questão

financeira, mas também em tempo, já que nem sempre a movimentação da população é feita de forma pacífica, recorrendo-se a intervenções judiciais.

Dessa forma, embora a Solução 3 apresente maiores custos representados pelas notas mais baixas nos critérios econômicos como Custo de operação e gestão e Tarifa, e institucionais, como Capacidade de Gestão, seu desempenho elevado em pontos como Inclusão Social, Produtividade econômica, Segurança e itens ambientais, fazem com que a solução receba ao final maior pontuação. A segunda solução, embora superior à primeira, perde para terceira em itens ambientais e de integração da população com a cidade (como Produtividade econômica, Segurança e Inclusão). A primeira, embora tenha boa avaliação em questões de custo e de gestão, perde com maior intensidade nos maiores pontos, o que a deixou em terceira colocação.

Já para os pesquisadores, uma grande preocupação dos entrevistados com relação às questões sociais, seguida das questões econômicas, ficando as demais em menor relevância. Dessa forma, mais uma vez percebe-se a preocupação com o custo da implementação dos projetos, no entanto, esses foram secundários com relação à capacidade de prover melhor integração econômica da comunidade e principalmente quanto à possibilidade de acesso econômico ao sistema por parte dos usuários. O custo das tarifas de transportes pode pesar fortemente no orçamento de famílias, em especial as de baixa renda, como se observa nessa região, o que justifica a preocupação apontada.

No quesito social, vê-se maior peso indicado para as questões de segurança (outro problema também típico para a região de estudo) e de inclusão. As alternativas atuais utilizadas, tal como escadarias (nem sempre em boas condições) e micro-ônibus complementares, não permitem atualmente uma integração plena aos portadores de mobilidade reduzida, de forma que também se observa uma maior preocupação com esse aspecto, atualmente, não tão bem abordado, buscando assim que a nova solução traga maior atenção à questão.

No quesito institucional, se observa majoritária a preocupação com a Participação social, o que condiz com o que foi apontado nas pesquisas realizadas anteriormente sobre os critérios. Mostra-se também a necessidade de se atribuir maior peso à possibilidade de participação da população na escolha de elementos necessários a uma boa operação do sistema, e conseqüentemente, permitindo maior adesão a esse. Logo após, segue a preocupação da capacidade de gestão, que como apontado anteriormente, é fundamental para que a solução aplicada se mantenha trazendo resultados positivos, sem problemas de integridade estrutural ou de operação.

No quesito infraestrutural, mais uma vez apontou-se a necessidade de se utilizar soluções que permitam uma operação de qualidade e compatível com as necessidades locais. Quanto ainda ao quesito ambiental, assim como no grupo de gestores, se observa forte preocupação quando ao Uso do solo.

Dessa forma, tal como observado anteriormente no grupo de gestores, as avaliações da Solução 3 indicam sua maior força justamente em questões sociais, de segurança e ambientais, que a permitem se sobressair sobre as demais soluções. Também, a sutil diferença negativa presente nas avaliações da Solução 2 sobre a Solução 3 em relação aos quesitos sociais e ambientais, embora se saia um pouco melhor em questões de custo, fizeram com que tal solução ficasse em segunda colocação, ficando a solução tradicional em terceiro lugar.

Por fim, para avaliação geral com o conjunto das respostas, manteve-se o maior peso às questões econômicas e sociais, sendo mais fortes as primeiras. No quesito econômico, a questão da Tarifa e da Produtividade econômica apareceram com maior intensidade, seguidas pelo Custo de operação e gerenciamento, seguindo a linha de pensamento já apontada nos resultados individuais dos grupos, principalmente no que concerne à possibilidade de integração econômica da população por meio da solução a ser escolhida.

No critério social, destacam-se mais uma vez a segurança e a inclusão da população ao sistema. Ou seja, mostra que o sistema a ser escolhido deve permitir maior sensação de segurança, ao mesmo tempo idealmente buscar suprir os problemas de inclusão social já presentes na região.

Para a questão institucional, tem-se mais uma vez a Capacidade de gestão sendo apontada com destaque, seguida pela participação social. Para o quesito infraestrutural, mais uma vez o destaque para as questões operacionais do sistema a se escolher, e para o critério ambiental, o Uso do solo.

Assim, seguiu-se a mesma linha das respostas dos grupos isolados, com a Solução 3 vencedora por conta de sua melhor atuação nos quesitos sociais, ambientais e relativos à conexão sob o ponto de vista econômico da população com a cidade. Segue-se próximo a Solução 2, e então mais abaixo a Solução 1. Observa-se ainda que há considerável proximidade entre os resultados finais, em comparação aos resultados obtidos pelos grupos individualmente, possivelmente devido à proximidade dos valores obtidos das avaliações entre as soluções e ainda devido à complementaridade entre as soluções justamente nos quesitos apontados como mais fortes, que são

o econômico e o social: onde uma solução apresentava avaliação de tarifa sutilmente melhor, outra apresentava melhor desempenho em questões de inclusão, por exemplo.

De forma conclusiva, pode-se observar que o método AHP foi efetivo para responder à questão da pesquisa, pois permite uma avaliação das diferentes alternativas apresentadas, tornando viável avaliar por meio de ponderações os critérios-chave na hierarquização das soluções.

Outra forma de se aplicar o método AHP, é com o uso de ferramentas computacionais. Um software gratuito que facilita não só a aplicação, como também a obtenção de resultados, é o SuperDecisions. Este software foi aqui utilizado de forma a testar, comparar e conferir as respostas obtidas de forma analítica.

A aplicação do software inicia com a definição dos *clusters*, grupos que definem respectivamente o objetivo final (*Goal*); os critérios principais (*Criteria*) e critérios secundários (*Subcriteria*); e as alternativas (*Alternatives*). Destaca-se que nessa aplicação, obrigatoriamente os *clusters* das alternativas devem ser indicados por esse nome ou suas variações. Deve-se posteriormente definir as ligações entre os *clusters*.

Então são definidas as comparações par a par entre os subcritérios (critério secundário) de cada *cluster*, e por fim a avaliação final das soluções para cada subcritério. Destaca-se que o programa permite a avaliação por meio de matriz, gráficos, análise direta e questionário (outra funcionalidade, já que a entrevista pode ser realizada dentro do programa). Ainda, o próprio programa calcula a inconsistência (que deve ficar abaixo de 0,1) e fornece sugestões para reduzir a inconsistência obtida.

Por fim, os resultados podem ser visualizados sob forma de matriz e sob resumo de análise final. Além disso, o programa também permite mais facilmente se realizar a análise de sensibilidade dos pesos calculados sob forma gráfica. No Apêndice C, tem-se a rede e ligações entre os *clusters* utilizados para análise deste trabalho, as avaliações realizadas, e resultados obtidos usando os dados anteriormente considerados.

Assim, realizando-se a análise para todos os grupos (gestores e pesquisadores) e para o conjunto das alternativas, não se obteve grandes variações com relação ao modo analítico calculado (apenas variações de casas decimais, por prováveis arredondamentos feitos analiticamente), confirmando os resultados obtidos, de forma que não são inseridos aqui. Na análise de sensibilidade, também se observa a necessidade de grandes variações (pelo menos 0,1 a mais nos pesos) para mudança nos resultados obtidos, confirmando a integridade da avaliação.

Destaca-se que o uso da ferramenta computacional facilitou o uso do método, principalmente evitando inconsistências, tabelas incompletas e auxiliando na visualização de resultados e análises. Entretanto, seu uso em uma situação real na administração pública requer aparatos computacionais, além de uso de profissionais com o mínimo de treinamento para manuseio e auxílio dos entrevistados para seu uso.

### **6.2.2 Resultados do GAM**

Para avaliação dos resultados obtidos, foi utilizada a metodologia adotada no artigo de Wong *et al.* (2002), fazendo-se inicialmente uma normalização dos resultados obtidos (dessa vez, fazendo-se média aritmética das respostas obtidas, ao invés da média geométrica utilizada no AHP), e então uma normalização dos resultados, tanto para as ponderações para obtenção das matrizes de objetivo e subobjetivos, quanto para as de avaliação de alternativas.

Mais uma vez, foi realizado teste de sensibilidade alterando os valores de ponderação obtidos para mais e para menos (de 0,05), mantendo-se apenas a questão da normalização para fins da metodologia, obtendo o mesmo resultado final.

Os cálculos mais detalhados do método, seguem no Apêndice D.

#### **6.2.2.1 Resultados para os gestores**

As matrizes obtidas para as avaliações dos gestores foram descritas nas Tabelas 14, 15 e 16:

Tabela 14 - Matriz de avaliação média de sub-objetivos para o método GAM pelos gestores

	Econômico	Social	Institucionais	Infraestruturais	Ambientais
Prod econômica	0,331452	0	0	0	0
Risco de demanda	0,092495	0	0	0	0
Custo de op e gest	0,31503	0	0	0	0
Tarifa	0,261023	0	0	0	0
Interação	0	0,308104	0	0	0
Segurança	0	0,302081	0	0	0
Comunicação	0	0,240595	0	0	0
Inclusão	0	0,14922	0	0	0
Participação social	0	0	0,277876	0	0
Riscos regulatórios	0	0	0,170363	0	0
Capacid de gestão	0	0	0,551761	0	0
Qualid de serviço	0	0	0	0,241636	0
Segurança no uso	0	0	0	0,273301	0
Operação	0	0	0	0,485063	0
Emissão de gases	0	0	0	0	0,246171
Eficiência energ	0	0	0	0	0,140117
Uso do solo	0	0	0	0	0,434847
Poluição sonora	0	0	0	0	0,178865

Fonte: A autora (2020).

Tabela 15 - Matriz de avaliação dos objetivos para o método GAM pelos gestores

Econômico	0,368697
Social	0,13343
Institucional	0,099084
Infraestrutural	0,224966
Ambiental	0,173822
Fonte: A autora (2020).	

Tabela 16 - Matriz resultado para o método GAM pelos gestores

Solução 1	0,311367
Solução 2	0,325965
Solução 3	0,362668
Fonte: A autora (2020).	

O resultado obtido pelo método alinha-se com o resultado obtido na metodologia AHP, com diferença apenas com relação à proximidade entre as alternativas (no GAM, a solução 2 aparece mais próxima a solução 1, enquanto no AHP ocorre o contrário).

Qualitativamente, observa-se mais uma vez maior peso para as questões econômicas e infraestruturais, mesmo sendo realizada uma média diferenciada para agregação dos resultados. Da mesma forma, maiores pesos são observados para os critérios secundários econômicos de Produtividade econômica, Custo de Operação e gerenciamento e tarifa. Para os sociais, ocorre quase um empate entre Interação e Segurança. Para os institucionais, destaque para Capacidade de gestão. Para infraestruturais, Operação, e ambientais, Uso do solo.

Ainda assim, a mudança na agregação provocou sensíveis mudanças nos valores finais das ponderações, chegando inclusive a suavizar algumas diferenças entre critérios de maior peso (como por exemplo, Interação social e Segurança, ou ainda Produtividade econômica e Custo de operação e gerenciamento), além de variações também nos valores de avaliação, o que pode contribuir para a mudança de proximidade entre as respostas finais.

## 6.2.2.2 Resultados para os pesquisadores

As matrizes obtidas a partir das avaliações dos pesquisadores são descritas nas Tabelas 17, 18 e 19:

Tabela 17 - Matriz de avaliação média de sub-objetivos para o método GAM pelos pesquisadores

	Econômica	Social	Institucional	Infraestrutural	Ambiental
Prod econômica	0,282903	0	0	0	0
Risco de demanda	0,206233	0	0	0	0
Custo de op e gest	0,217994	0	0	0	0
Tarifa	0,292871	0	0	0	0
Interação	0	0,218924	0	0	0
Segurança	0	0,350905	0	0	0
Comunicação	0	0,115231	0	0	0
Inclusão	0	0,31494	0	0	0
Participação social	0	0	0,494491	0	0
Riscos regulatórios	0	0	0,11411	0	0
Capacidade gestão	0	0	0,391399	0	0
Qualidade serviço	0	0	0	0,315011	0
Segurança no uso	0	0	0	0,264853	0
Operação	0	0	0	0,420136	0
Emissão de gases	0	0	0	0	0,241338

Eficiência energ	0	0	0	0	0,264061
Uso do solo	0	0	0	0	0,402253
Poluição sonora	0	0	0	0	0,092348

Fonte: A autora (2020).

Tabela 18 - Matriz de avaliação dos objetivos para o método GAM pelos pesquisadores

Econômica	0,279444
Social	0,267469
Institucional	0,125155
Infraestrutural	0,180697
Ambiental	0,147235

Fonte: A autora (2020).

Tabela 19 - Matriz resultado para o método GAM pelos pesquisadores

Solução 1	0,306464
Solução 2	0,335852
Solução 3	0,357683

Fonte: A autora (2020).

Mais uma vez, observa-se destaque nas opções econômicas e sociais, mas dessa vez ocorreu uma inversão sobre o critério mais importante, passando a ser o social ao invés do econômico, embora com maior proximidade entre eles.

Com relação aos critérios secundários econômicos, destacam-se mais uma vez a Produtividade econômica e a Tarifa. Nos aspectos sociais houve nova inversão de força nas ponderações, com Segurança dessa vez sendo mais importante que Inclusão. Para o institucional, Participação Social e Capacidade de Gestão se mantiveram como os mais importantes. Para infraestruturais, Operação e Qualidade do serviço se mantiveram como principais, mas reduzindo suas distâncias. Para a questão ambiental, o Uso do solo segue em liderança, mas desta vez de forma um pouco menos destacada dos demais.

Assim, se observam variações, tal como na avaliação das respostas dos gestores. Mesmo assim, embora algumas alterações sejam expressivas o suficiente para mudar a posição de

preferência entre critérios secundários , a posição da avaliação final das alternativas permanece a mesma, apenas com mudança mais uma vez, na proximidade entre os resultados. Assim, a Solução 2 se posiciona levemente mais próxima à Solução 1 do que no AHP.

### 6.2.2.3 Resultados para o conjunto das respostas

As matrizes obtidas para as avaliações em conjunto resultaram nos valores dados nas Tabelas 20, 21 e 22:

Tabela 20 - Matriz de avaliação média de sub-objetivos para o método GAM pelo conjunto das entrevistas

	Econômico	Social	Institucional	Infraestrutural	Ambiental
Prod econômica	0,274367	0	0	0	0
Risco de demanda	0,187633	0	0	0	0
Custo de op e gest	0,248601	0	0	0	0
Tarifa	0,289399	0	0	0	0
Interação	0	0,244959	0	0	0
Segurança	0	0,329685	0	0	0
Comunicação	0	0,135135	0	0	0
Inclusão	0	0,290221	0	0	0
Participação social	0	0	0,449064	0	0
Riscos regulatórios	0	0	0,128214	0	0
Capacidades de gestão	0	0	0,422722	0	0
Qualidade de serviço	0	0	0	0,299168	0
Segurança no uso	0	0	0	0,265291	0
Operação	0	0	0	0,435541	0

Emissão de gases	0	0	0	0	0,248194
Eficiência energ	0	0	0	0	0,24135
Uso do solo	0	0	0	0	0,389944
Poluição sonora	0	0	0	0	0,120512

Fonte: A autora (2020).

Tabela 21 - Matriz de avaliação dos objetivos para o método GAM pelo conjunto das entrevistas

Econômica	0,290502
Social	0,240623
Institucional	0,123821
Infraestrutural	0,188963
Ambiental	0,156091

Fonte: A autora (2020).

Tabela 22 - Matriz resultado para o método GAM pelo conjunto das entrevistas

Solução 1	0,318993
Solução 2	0,330406
Solução 3	0,350601

Fonte: A autora (2020).

Mais uma vez, observa-se a prevalência dos aspectos Econômico e Social, modificando apenas a sua amplitude, sendo desta vez mais reduzida. A Produtividade econômica e tarifa se mostram mais uma vez superiores aos demais sub-objetivos econômicos. Quanto no quesito social, a Segurança e Inclusão ainda são os mais importantes, mas desta vez com amplitude levemente superior entre as duas.

Na questão institucional, ocorre uma inversão entre os critérios secundários mais fortes, com a Participação social superando a Capacidade de gestão. A Operação continua sendo o critério mais importante para a questão infraestrutural, mas diminuindo sua distância às demais opções. Quanto à questão ambiental, o Uso do solo continua superior às demais opções, ainda que com menor distância para os demais critérios.

Por fim, na avaliação das soluções, obtêm-se a mesma classificação obtida anteriormente, mas desta vez com todas as opções se aproximando umas das outras, observando assim a mesma situação de soluções com sutis diferenças com relação ao obtido no AHP.

De forma conclusiva, a aplicação do GAM pode ser considerada razoavelmente próxima ao AHP, com uso de somatório ponderado, mas com leves diferenciações (neste caso, adotou-se a agregação dos resultados por média aritmética, já que o uso de média geométrica possivelmente traria praticamente igualdade ao resultado). O AHP permite a utilização de avaliação dos resultados obtidos, com a segurança de uso da Taxa de Consistência (TC), em compensação, o GAM permite uma análise do problema de forma matemática mais direta e graficamente mais compreensível.

### **6.2.3 Resultados do SMARTER**

Dentre o uso das metodologias SMART e SMARTER, optou-se pelo uso da última, já que a primeira basicamente repetiria os resultados obtidos no método GAM.

Assim, com os pesos obtidos a partir das entrevistas agregadas por média simples e posterior normalização dos pesos, fizeram-se duas análises possíveis:

1. Consideraram-se os pesos dos critérios para ordenação desses e então se usou a fórmula fornecida para obtenção de novos pesos. Posteriormente, o mesmo processo foi realizado com cada bloco de critérios secundários para um determinado critério. Então, a avaliação é realizada multiplicando a matriz de avaliação das alternativas pela matriz de pesos dos critérios secundários (matriz crítica) e por fim multiplicando pelos pesos obtidos para os critérios;
2. Consideraram-se os pesos dos critérios multiplicando-se os pesos dos seus critérios secundários pelos pesos dos respectivos primários, e só então é feita a ordenação desses últimos, usando então a fórmula fornecida para obtenção de novos pesos. Então, a avaliação é realizada simplesmente multiplicando a matriz de avaliação das alternativas pela matriz de pesos dos critérios secundários (matriz crítica) e somando-se os resultados das linhas.

Quanto às matrizes dos valores das alternativas essas são idênticas às utilizadas no método GAM. Os cálculos realizados de forma mais detalhada se encontram no Apêndice E.

As matrizes obtidas para resultados na primeira análise são descritas nas Tabelas 23, 24, 25, 26, 27, 28 e 29:

Tabela 23 - Resultado dos pesos para os critérios principais pelo método SMARTER (análise 1)

<b>Critério</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado pelo conjunto das respostas</b>
Econômico	0,456667	0,456667	0,456667
Social	0,09	0,256667	0,256667
Institucional	0,04	0,04	0,04
Infraestrutural	0,256667	0,156667	0,156667
Ambiental	0,156667	0,09	0,09

Fonte: A autora (2020).

Tabela 24 - Resultado dos pesos para os critérios secundários econômicos pelo método SMARTER (análise 1)

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado pelo conjunto das respostas</b>
Produtividade econômica	0,520833	0,270833	0,270833
Risco de demanda	0,0625	0,0625	0,0625
Custo de operação e gestão	0,270833	0,145833	0,145833
Tarifa	0,145833	0,520833	0,520833

Fonte: A autora (2020).

Tabela 25 - Resultado dos pesos para os critérios secundários sociais pelo método SMARTER (análise 1)

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado pelo conjunto das respostas</b>
Interação	0,520833	0,145833	0,145833
Segurança	0,270833	0,520833	0,520833
Comunicação	0,145833	0,0625	0,0625
Inclusão	0,0625	0,270833	0,270833

Fonte: A autora (2020).

Tabela 26 - Resultado dos pesos para os critérios secundários institucionais pelo método SMARTER (análise 1)

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado pelo conjunto das respostas</b>
Participação social	0,277778	0,611111	0,611111
Riscos regulatórios	0,111111	0,111111	0,111111
Capacidade de gestão	0,611111	0,277778	0,277778

Fonte: A autora (2020).

Tabela 27 - Resultado dos pesos para os critérios secundários infraestruturais pelo método SMARTER (análise 1)

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado pelo conjunto das respostas</b>
Qualidade de serviço	0,111111	0,277778	0,277778
Segurança no uso	0,277778	0,111111	0,111111
Operação	0,611111	0,611111	0,611111

Fonte: A autora (2020).

Tabela 28 - Resultado dos pesos para os critérios secundários ambientais pelo método SMARTER (análise 1)

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado pelo conjunto das respostas</b>
Emissão de gases e partículas	0,270833	0,145833	0,145833
Eficiência energética	0,0625	0,270833	0,270833
Uso do solo	0,520833	0,520833	0,520833
Poluição sonora	0,145833	0,0625	0,0625

Fonte: A autora (2020).

Tabela 29 - Resultado da avaliação final das soluções propostas pelo SMARTER (análise 1)

<b>Solução</b>	<b>Nota final dos gestores</b>	<b>Nota final dos pesquisadores</b>	<b>Nota final do conjunto das respostas</b>
Solução 1	5,229948	6,040621	6,159472
Solução 2	5,638102	6,375949	6,14636
Solução 3	6,246366	6,732418	6,461191

Fonte: A autora (2020).

Já para avaliação pela análise 2, tem-se os resultados nas Tabelas 30, 31, 32, 33, 34 e 35:

Tabela 30 - Resultado dos pesos para os critérios secundários econômicos pelo método SMARTER (análise 2)

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado pelo conjunto das respostas</b>
Produtividade econômica	0,194173	0,092321	0,110839
Risco de demanda	0,026402	0,037008	0,037008
Custo de operação e gestão	0,138617	0,058062	0,078432
Tarifa	0,092321	0,110839	0,194173

Fonte: A autora (2020).

Tabela 31 - Resultado dos pesos para os critérios secundários sociais pelo método SMARTER (análise 2)

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado pelo conjunto das respostas</b>
Interação	0,037008	0,043181	0,050125
Segurança	0,031452	0,194173	0,092321
Comunicação	0,021772	0,009827	0,009827
Inclusão	0,006354	0,138617	0,067321

Fonte: A autora (2020).

Tabela 32 - Resultado dos pesos para os critérios secundários institucionais pelo método SMARTER (análise 2)

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado pelo conjunto das respostas</b>
Participação social	0,01353	0,067321	0,037008
Riscos regulatórios	0,003086	0,006354	0,003086
Capacidade de gestão	0,058062	0,026402	0,026402

Fonte: A autora (2020).

Tabela 33 - Resultado dos pesos para os critérios secundários infraestruturais pelo método SMARTER (análise 2)

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado pelo conjunto das respostas</b>
Qualidade de serviço	0,050125	0,031452	0,043181
Segurança no uso	0,067371	0,021772	0,021772
Operação	0,110839	0,078432	0,138617

Fonte: A autora (2020).

Tabela 34 - Resultado dos pesos para os critérios secundários ambientais pelo método SMARTER (análise 2)

<b>Critérios secundários</b>	<b>Peso avaliado pelos gestores</b>	<b>Peso avaliado pelos pesquisadores</b>	<b>Peso avaliado pelo conjunto das respostas</b>
Emissão de gases e partículas	0,043181	0,01353	0,017499
Eficiência energética	0,009827	0,017499	0,01353
Uso do solo	0,078432	0,050125	0,058062
Poluição sonora	0,017499	0,003086	0,006354

Fonte: A autora (2020).

Tabela 35 - Resultado da avaliação final das soluções propostas pelo SMARTER (análise 2)

<b>Solução</b>	<b>Nota final dos gestores</b>	<b>Nota final dos pesquisadores</b>	<b>Nota final do conjunto das respostas</b>
Solução 1	5,338849	5,905287	6,189791
Solução 2	5,58543	6,445766	6,167525
Solução 3	6,156436	6,871711	6,460051

Fonte: A autora (2020).

Como já mencionado, em ambas as análises a ordenação de prioridade dos pesos se mantém para os gestores, apenas alterando sua valoração. Na primeira forma de análise, os novos valores de peso dos critérios de posições diferentes provocam um distanciamento maior entre eles, em especial a distância entre critérios em primeiras colocações nos grupos de critérios, como Interação e Segurança que passam a ter diferença de 0,25 de peso, ao contrário do que se tinha no método GAM de irrisórios 0,00602 ou no método AHP de 0,061362.

Assim, critérios nas posições mais altas tendem a ter seus pesos majorados, enquanto critérios menos bem colocados têm seus pesos reduzidos (em relação às avaliações feitas nas entrevistas). Dessa forma, embora a solução continue a apontar a classificação já seguida pelas demais soluções, pode-se justificar o aumento observado na amplitude dos valores finais das soluções pelo fato que os critérios apontados como mais importantes são justamente aqueles que

diferem mais de uma solução para outra (enquanto uma é mais economicamente viável, a outra atende melhor critérios sociais etc.).

Na segunda forma de análise, é interessante destacar que, em exame geral incluindo a ponderação pelos critérios primários, a Produtividade econômica é apontada como critério mais importante, seguido do Custo de operação e gerenciamento, depois pela Operação e então pela Tarifa, mostrando o peso que a questão econômica possui para esse grupo. Quanto aos valores dos pesos, quando comparados à análise 1 após a ponderação pelos critérios principais, não há grandes diferenças, mudando apenas alguns para mais ou para menos por pequenas diferenças. De tal forma, o resultado final é semelhante com apenas uma pequena redução na amplitude dos resultados.

Da mesma forma que observado na avaliação das respostas dos pesquisadores, a diferença dos pesos entre as primeiras posições para os pesquisadores também é maior do que as observadas nos questionários em si. Tais modificações provocam mais uma vez mudança na amplitude final dos resultados, embora dessa vez para menos. Possivelmente já que há um aumento na valoração de critério principal econômico sobre o social, em relação ao que se tinha nas avaliações de métodos anteriores para o grupo, reduz-se a vantagem da Solução 3 sobre as demais, e aumentando a vantagem da Solução 1.

Quanto à análise 2 para o mesmo grupo, destacam-se os dois primeiros critérios mais bem colocados em avaliação geral serem respectivamente Segurança e Inclusão (critérios secundários sociais), seguidos por Tarifa em terceiro lugar e Produtividade econômica em quarto (critérios secundários econômicos). Isso indica que, embora a análise 1 indique preferência do critério Econômico sobre o Social, em análise individual tal situação não se observa. Isso pode se justificar pela grande proximidade que existe entre os dois critérios principais na realidade, que é mascarado pelos pesos atribuídos na equação do método, de forma que a diferença na agregação pode fazer variar sua posição (lembrando ter sido usada agregação por média simples, tal como o GAM, obtendo a mesma ordem entre os dois critérios, ao contrário do que foi visto no AHP).

Mesmo com essas observações, ainda se obtém a mesma hierarquia de resultados, embora com maior amplitude, já que desta vez, os critérios econômicos são inferiores aos sociais.

Já para o conjunto das respostas, nota-se que a análise 1 apresenta pesos idênticos aos obtidos nas análises com os pesquisadores apenas, o que é esperado considerando a quantidade de respostas desses ser visivelmente superior ao número de gestores, ficando a mudança apenas

presente na avaliação das alternativas, e conseqüentemente na avaliação final das soluções. E justamente por conta das avaliações relativas à Solução 1 terem se tornado sutilmente superiores com a média de todas as respostas, enquanto as avaliações da Solução 2 se tornaram inferiores, ocorre uma inversão no *ranking* final dessas alternativas em ambas as análises, embora a diferença dos valores seja muito pequena, o que poderia configurar quase um empate entre alternativas.

Com a análise 2 se destacam os critérios mais importantes (em ordem) como sendo Tarifa, Operação, Produtividade econômica, Segurança e Custo de operação e gerenciamento, notando-se que 3 das 5 primeiras classificações se encontram dentro do critério econômico, o que condiz com sua posição na hierarquia. E assim, com maior preocupação a questão econômica associado as avaliações superiores em parte desses quesitos pela Solução 1, mais uma vez se observa a inversão das posições entre ela e a Solução 2, mas também ressaltando a diferença entre os valores finais de apenas 0,022266.

Quanto ao método, destaca-se a sua capacidade de obter respostas sem a necessidade da avaliação numérica intracritério, requerendo apenas uma atividade de hierarquização, além de, assim como o GAM, se utilizar de um cálculo matricial simples passível de ser executado rapidamente. Além disso, o distanciamento obtido entre os diferentes pesos pode estabelecer hierarquias de prioridades mais claras, embora possa mascarar possíveis valores reais de seus pesos que poderiam ser mais próximos.

#### **6.2.4 Resultados TOPSIS**

Para avaliação pelo método TOPSIS, foram utilizadas mais uma vez as médias aritméticas (tal como usadas nos métodos GAM e SMARTER) das avaliações de pesos e alternativas. Destaca-se que foram feitas mais uma vez dois tipos de análise:

1. Usando os pesos calculados exclusivamente a partir das avaliações das alternativas, como preconizado pelo método;
2. Usando os pesos obtidos pelas entrevistas realizadas (multiplicando o peso obtido pelo critério secundário pelo peso do critério principal), visando observar possíveis diferenças. Os pesos foram variados para mais e para menos para verificação de sensibilidade das respostas finais, não se obtendo alterações.

Os cálculos realizados para ambos os modos de avaliação se encontram no Apêndice F. A partir das avaliações, obtiveram-se os resultados descritos nas Tabelas 36, 37 e 38:

Tabela 36 - Pesos dos critérios com base nas avaliações (análise 1)

<b>Crítérios</b>	<b>Peso resultante para gestores</b>	<b>Peso resultante para pesquisadores</b>	<b>Peso resultante para conjunto das respostas</b>
Produtividade econômica	0,053899	0,057534	0,057201
Risco de demanda	0,05446	0,053607	0,054326
Custo de operação e gestão	0,052776	0,05392	0,054164
Tarifa	0,054524	0,055242	0,055451
Interação social	0,054746	0,054841	0,05478
Segurança	0,053335	0,056944	0,055868
Comunicação	0,05522	0,054168	0,054385
Inclusão	0,057966	0,05637	0,056671
Participação social	0,054606	0,056444	0,055911
Riscos regulatórios	0,053986	0,052744	0,053212
Capacidade de gestão	0,056069	0,054135	0,054694
Qualidade de serviço	0,058312	0,058489	0,058459
Segurança no uso	0,053783	0,057581	0,056405
Operação	0,05787	0,056717	0,057067
Gases e partículas	0,058622	0,056195	0,056096
Eficiência energética	0,056661	0,053241	0,053508
Uso do solo	0,058557	0,057989	0,057877
Poluição sonora	0,054608	0,053838	0,053927

Fonte: A autora (2020).

Tabela 37 - Valores obtidos de proximidade relativa (análise 1)

<b>Solução</b>	<b>Proximidade relativa para os gestores</b>	<b>Proximidade relativa para os pesquisadores</b>	<b>Proximidade relativa para o conjunto das respostas</b>
Solução 1	0,258618	0,201893	0,316868
Solução 2	0,553415	0,572180	0,492590
Solução 3	0,754892	0,812665	0,688272

Fonte: A autora (2020).

Tabela 38 - Valores obtidos de proximidade relativa (análise 2)

<b>Solução</b>	<b>Proximidade relativa para os gestores</b>	<b>Proximidade relativa para os pesquisadores</b>	<b>Proximidade relativa para o conjunto das respostas</b>
Solução 1	0,331973	0,228991	0,36304
Solução 2	0,510862	0,594312	0,483007
Solução 3	0,685212	0,79015	0,642626

Fonte: A autora (2020).

A obtenção dos pesos na análise 1 do TOPSIS leva em consideração apenas os valores das avaliações normalizadas das soluções em relação aos critérios, de forma que, como as avaliações não apresentaram grandes valores de avaliação, além de existir grande número de critérios, os pesos acabaram se tornando de valor bastante reduzido e muito próximos uns dos outros.

Mesmo assim, é interessante destacar que o peso do critério agora passa a ser maior quanto maiores as avaliações recebidas em relação às soluções disponíveis e não mais uma questão de importância relativa. Dessa forma, se observa que o método considera basicamente que os critérios com maiores avaliações é que devem ser julgados com mais interesse.

Além disso, os valores são julgados de acordo com sua distância para a melhor avaliação dada no critério, ou seja, estabelecendo uma solução mais próxima do ideal, ainda que dentro da possibilidade real.

Dessa forma, as avaliações das soluções dos gestores permitem observar a maior proximidade da Solução 3 aos maiores valores de avaliação, seguida das Soluções 2 e 1 respectivamente com relativo distanciamento entre elas.

Com o uso dos pesos anteriormente obtidos por meio das entrevistas com os gestores (análise 2), poucas variações são obtidas, mantendo o *ranking* anterior, apenas com leve variação de amplitude das respostas, passando de 0,496274 para 0,353239. Também se observa que em ambas as análises, a Solução 2 se encontra levemente mais próxima da Solução 3.

Para os pesquisadores, tal como observado nas notas relativas às respostas dos gestores, os pesos obtidos também apresentam pouca variação e valores reduzidos. Contudo, variações maiores nas avaliações das soluções permitem a obtenção de valores mais distanciados na solução final em relação aos gestores, mesmo mantendo a mesma hierarquia anterior. Mais uma vez também pouca alteração surge com o uso dos pesos obtidos diretamente das entrevistas realizadas.

Nos resultados obtidos para o conjunto das respostas, é possível observar, em concomitância com os métodos anteriores, a proximidade maior entre os valores nas soluções 1 e 2, mesmo que fracamente. Entretanto, obtendo-se o ranking de Soluções 3, 2 e 1 respectivamente. A mudança na forma de análise de 1 para 2 mantém os resultados, mas mais uma vez com leve redução na amplitude dos resultados de 0,371403 para 0,279587.

### **6.2.5 Resultados PROMETHEE II**

As análises realizadas por meio da metodologia PROMETHEE foram feitas considerando a sua vertente II. Além disso, foi considerada a função F como o caso de critério usual, em que não se delimitam parâmetros, observando apenas a existência de diferença positiva ou não entre as avaliações das soluções. Foram utilizados os valores obtidos nos questionários em média aritmética e normalizados, multiplicando o valor obtido de peso para o critério secundário, multiplicado pelo peso do critério principal correspondente. Foram também realizados testes de sensibilidade variando os valores obtidos para os pesos dos critérios para mais e para menos, sem obter variações do *ranking* final obtido. Os detalhes da aplicação do método seguem no Apêndice G.

#### **6.2.5.1 Respostas dos gestores**

Para os gestores, se obteve os resultados das Tabelas 39, 40 e 41:

Tabela 39 - Matriz F dos gestores

	<b>SOL1,2</b>	<b>SOL2,1</b>	<b>SOL1,3</b>	<b>SOL3,1</b>	<b>SOL2,3</b>	<b>SOL3,2</b>
Prod econ	0	1	0	1	0	1
Risco de dem	1	0	1	0	0	1
Custo op e ge	1	0	1	0	0	1
Tarifa	1	0	1	0	0	0
Interação	1	0	0	1	0	1
Segurança	0	1	0	1	0	1
Comunicação	0	1	0	1	0	1
Inclusão	0	1	0	1	0	1
Part social	0	1	0	1	0	1
Riscos reg	1	0	1	0	1	0
Capac de gestão	1	0	1	0	1	0
Qualid do serv	0	1	0	1	0	1
Seg no uso	0	1	0	1	0	1
Operação	0	1	0	1	0	1
Em gases e part	0	1	0	1	0	1
Ef energética	0	1	0	1	0	1
Uso do solo	0	1	0	1	0	1
Poluição sonora	0	1	0	1	0	1

Fonte: A autora (2020).

Legenda: Quando 1 no valor de SOLX,Y, ocorre superioridade no critério correspondente de X com relação a Y, 0 quando o contrário.

Tabela 40 - Matriz  $\pi$  para os gestores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0,359153	0,318043
<b>SOL2</b>	0,640847	-	0,071551
<b>SOL3</b>	0,681957	0,832211	-

Fonte: A autora (2020).

Tabela 41 - Fluxo líquido das soluções para os gestores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b><math>\Phi+</math></b>	0,338598	0,356199	0,757084
<b><math>\Phi-</math></b>	0,661402	0,595682	0,194797
<b><math>\Phi</math></b>	-0,3228	-0,23948	0,562287

Fonte: A autora (2020).

É possível observar a partir de análise da matriz F obtida, que em grande parte dos critérios, as avaliações da Solução 3 são superiores as das Soluções 2 e 1, da mesma forma que a Solução 2 recebe avaliações melhores que a Solução 1 em maior número. Assim, mesmo a Solução 1 sendo superior às demais soluções em alguns aspectos econômicos e institucionais na sua avaliação, o somatório dos pesos de tais critérios não é suficiente para superar as demais soluções.

A análise do fluxo líquido ainda nos permite observar que o somatório dos pesos dos critérios em que as soluções 1 e 2 (individualmente) são superiores as demais soluções, é inferior ao somatório dos pesos em que foram inferiores às demais soluções, resultando em fluxo líquido negativo, evidenciando a inferioridade dessas soluções em relação a Solução 3. Tudo isso, resulta no *ranking* de soluções 3, 2 e 1 respectivamente.

#### 6.2.5.2 Respostas dos pesquisadores

Para os pesquisadores, se obteve os resultados das Tabelas 42, 43 e 44:

Tabela 42 - Matriz F dos pesquisadores

	<b>SOL1,2</b>	<b>SOL2,1</b>	<b>SOL1,3</b>	<b>SOL3,1</b>	<b>SOL2,3</b>	<b>SOL3,2</b>
Prod econ	0	1	0	1	0	1
Risco de dem	1	0	1	0	1	0
Custo op e ge	1	0	1	0	1	0
Tarifa	1	0	1	0	0	1
Interação	0	1	0	1	0	1
Segurança	0	1	0	1	0	1
Comunicação	0	1	0	1	0	1
Inclusão	0	1	0	1	0	1
Part social	0	1	0	1	0	1
Riscos reg	0	1	0	1	0	1
Capac de gestão	1	0	1	0	0	0
Qualid do serv	0	1	0	1	0	1
Seg no uso	0	1	0	1	0	1
Operação	1	0	0	0	0	1
Em gases e part	0	1	0	1	0	1
Ef energética	0	1	0	1	0	1
Uso do solo	0	1	0	1	0	1
Poluição sonora	0	1	0	1	0	1

Fonte: A autora (2020).

Legenda: Quando 1 no valor de SOLX,Y, ocorre superioridade no critério correspondente de X com relação a Y, 0 quando o contrário.

Tabela 43 - Matriz  $\pi$  para os pesquisadores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0,325291	0,249374
<b>SOL2</b>	0,674709	-	0,118547
<b>SOL3</b>	0,674709	0,832467	-

Fonte: A autora (2020).

Tabela 44 - Fluxo líquido das soluções para os pesquisadores

	SOL1	SOL2	SOL3
$\Phi+$	0,287333	0,396628	0,753588
$\Phi-$	0,674709	0,578879	0,183961
$\Phi$	-0,38738	-0,18225	0,569627

Fonte: A autora (2020).

Da mesma forma que na avaliação para os gestores, as Soluções 1 e 2 se apresentaram com baixa sobreposição em relação à Solução 3, resultando em classificação semelhante, apenas com resultado da Solução 2 levemente mais próxima à Solução 3, embora ainda distante.

### 6.2.5.3 Respostas do conjunto

Para os resultados em conjunto obtidos, se observam os resultados das Tabelas 45, 46 e 47:

Tabela 45 - Matriz F do conjunto

	SOL1,2	SOL2,1	SOL1,3	SOL3,1	SOL2,3	SOL3,2
Prod econ	0	1	0	1	0	1
Risco de dem	1	0	1	0	1	0
Custo op e ge	1	0	1	0	1	0
Tarifa	1	0	1	0	0	1
Interação	0	1	0	1	0	1
Segurança	0	1	0	1	0	1
Comunicação	0	1	0	1	0	1
Inclusão	0	1	0	1	0	1
Part social	0	1	0	1	0	1
Riscos reg	1	0	0	1	0	1
Capac de gestão	1	0	1	0	1	0
Qualid do serv	0	1	0	1	0	1
Seg no uso	0	1	0	1	0	1
Operação	1	0	1	0	0	1
Em gases e part	0	1	0	1	0	1
Ef energética	0	1	0	1	0	1

Uso do solo	0	1	0	1	0	1
Poluição sonora	0	1	0	1	0	1

Fonte: A autora (2020).

Legenda: Quando 1 no valor de SOLX,Y, ocorre superioridade no critério correspondente de X com relação a Y, 0 quando o contrário.

Tabela 46 - Matriz  $\pi$  para o conjunto

	SOL1	SOL2	SOL3
SOL1	-	0,361316	0,345441
SOL2	0,638684	-	0,179069
SOL3	0,654559	0,820931	-

Fonte: A autora (2020).

Tabela 47 - Fluxo líquido das soluções para o conjunto

	SOL1	SOL2	SOL3
$\Phi+$	0,353379	0,408876	0,737745
$\Phi-$	0,646621	0,591124	0,262255
$\Phi$	-0,29324	-0,18225	0,47549

Fonte: A autora (2020).

Para o conjunto das respostas, as observações sobre as respostas obtidas e o *ranking* se mantêm como nas avaliações individuais de grupo, modificando apenas a amplitude das respostas, sendo levemente inferior aos dos grupos.

### 6.2.6 Resultados ELECTRE II

Para avaliação dos resultados por meio da metodologia ELECTRE, foi utilizada a vertente do ELECTRE II, seguindo exemplo utilizado na tese de Vanderlei (2018). Foram realizadas análises de sensibilidade das respostas obtidas variando-se os pesos encontrados e os valores de p e q para mais e para menos, não observando variação no *ranking* final obtido. Os valores utilizados para os cálculos vieram da média aritmética dos resultados obtidos com base na entrevista

realizada, sendo o peso do critério secundário o seu peso obtido nas entrevistas, vezes o peso do critério principal correspondente. Tais valores, assim como as avaliações são normalizadas.

Para melhor compreensão de como serão apresentados os resultados, observa-se que foi seguida a forma de resolução usada por Vanderlei (2018) (Detalhes no Apêndice H).

#### 6.2.6.1 Respostas dos gestores

Fazendo a avaliação das notas dos gestores, tem-se os resultados da Tabelas 48:

Tabela 48 - Resultados relativos a matriz de concordância e limites p para os gestores

	<b>C1,2</b>	<b>C1,3</b>	<b>C2,3</b>	<b>C2,1</b>	<b>C3,1</b>	<b>C3,2</b>
Prod econ	0	0	0	0,122205	0,122205	0,122205
Risco de dem	0,034103	0,034103	0	0	0	0,034103
Custo op e ge	0,116151	0,116151	0	0	0	0,116151
Tarifa	0,096238	0,096238	0,096238	0	0	0,096238
Interação	0,04111	0	0	0	0,04111	0,04111
Segurança	0	0	0	0,040307	0,040307	0,040307
Comunicação	0	0	0	0,032103	0,032103	0,032103
Inclusão	0	0	0	0,01991	0,01991	0,01991
Part social	0	0	0	0,027533	0,027533	0,027533
Riscos reg	0,01688	0,01688	0,01688	0	0	0
Capac de gestão	0,054671	0,054671	0,054671	0	0	0
Qualid do serv	0	0	0	0,05436	0,05436	0,05436
Seg no uso	0	0	0	0,061484	0,061484	0,061484
Operação	0	0	0	0,109123	0,109123	0,109123
Em gases e part	0	0	0	0,04279	0,04279	0,04279
Ef energética	0	0	0	0,024355	0,024355	0,024355
Uso do solo	0	0	0	0,075586	0,075586	0,075586
Poluição sonora	0	0	0	0,031091	0,031091	0,031091
Soma	0,359153	0,318043	0,167789	0,640847	0,681957	0,928449

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0,359153	0,318043
<b>SOL2</b>	0,640847	-	0,167789
<b>SOL3</b>	0,681957	0,928449	-

<b>SOMA</b>	<b>3,096238</b>
<b>P</b>	0,51604
<b>P+</b>	0,6
<b>P-</b>	0,5

Fonte: A autora (2020).

A tabela inicial de avaliação de concordância permite avaliar os critérios nos quais uma solução tem desempenho superior a outra, e a sua superioridade é mensurada de acordo com a importância (peso) dos critérios em que ocorre essa superioridade. É interessante nesse ponto avaliar que os critérios sob os quais a Solução 1 supera as demais soluções, são justamente os mesmos e condizem principalmente com facilidades relativas a custos e gestão (já que é a opção mais barata e de uso já conhecido pelos gestores atuais), condizente com as avaliações realizadas nos métodos anteriores.

Ainda, a Solução 3 demonstra superioridade em relação às demais soluções avaliadas, apresentando número de critérios em que tem vantagem maior, que resulta em grande soma de pesos e consequente concordância.

Já para as considerações relativas à discordância, tem a Tabela 49:

Tabela 49 - Resultados relativos à matriz de discordância e limites q para os gestores

	<b>MÁX</b>	<b>MÍN</b>	<b>DIFERENÇA</b>
Prod econ	0,363636	0,30303	0,060606
Risco de dem	0,367647	0,308824	0,058824
Custo op e ge	0,431034	0,275862	0,155172
Tarifa	0,402985	0,298507	0,104478
Interação	0,397059	0,294118	0,102941
Segurança	0,42623	0,278689	0,147541
Comunicação	0,385714	0,3	0,085714
Inclusão	0,402597	0,272727	0,12987
Part social	0,382353	0,294118	0,088235
Riscos reg	0,378788	0,30303	0,075758
Capac de gestão	0,369863	0,30137	0,068493
Qualid do serv	0,367089	0,291139	0,075949
Seg no uso	0,390625	0,265625	0,125
Operação	0,358974	0,294872	0,064103
Em gases e part	0,450704	0,169014	0,28169
Ef energética	0,426471	0,191176	0,235294
Uso do solo	0,421053	0,223684	0,197368
Poluição sonora	0,442623	0,196721	0,245902
	<b>MÁX</b>		
	<b>DIFE</b>		0,28169

	<b>D1,2</b>	<b>D1,3</b>	<b>D2,3</b>	<b>D2,1</b>	<b>D3,1</b>	<b>D3,2</b>
Prod econ	0,030303	0,060606	0,030303	-0,0303	-0,06061	-0,0303
Risco de dem	-0,05882	-0,04412	0,014706	0,058824	0,044118	-0,01471
Custo op e ge	-0,15517	-0,13793	0,017241	0,155172	0,137931	-0,01724
Tarifa	-0,10448	-0,10448	0	0,104478	0,104478	0
Interação	-0,01471	0,088235	0,102941	0,014706	-0,08824	-0,10294
Segurança	0,016393	0,147541	0,131148	-0,01639	-0,14754	-0,13115
Comunicação	0,014286	0,085714	0,071429	-0,01429	-0,08571	-0,07143
Inclusão	0,051948	0,12987	0,077922	-0,05195	-0,12987	-0,07792
Part social	0,029412	0,088235	0,058824	-0,02941	-0,08824	-0,05882

Riscos reg	-0,06061	-0,07576	-0,01515	0,060606	0,075758	0,015152
Capac de gestão	-0,0411	-0,06849	-0,0274	0,041096	0,068493	0,027397
Qualid do serv	0,050633	0,075949	0,025316	-0,05063	-0,07595	-0,02532
Seg no uso	0,078125	0,125	0,046875	-0,07813	-0,125	-0,04688
Operação	0,051282	0,064103	0,012821	-0,05128	-0,0641	-0,01282
Em gases e part	0,211268	0,28169	0,070423	-0,21127	-0,28169	-0,07042
Ef energética	0,191176	0,235294	0,044118	-0,19118	-0,23529	-0,04412
Uso do solo	0,131579	0,197368	0,065789	-0,13158	-0,19737	-0,06579
Poluição sonora	0,163934	0,245902	0,081967	-0,16393	-0,2459	-0,08197
<b>Máx</b>	0,211268	0,28169	0,131148	0,155172	0,137931	0,027397
<b>D</b>	0,75	1	0,465574	0,550862	0,489655	0,09726

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0,75	1
<b>SOL2</b>	0,550862	-	0,465574
<b>SOL3</b>	0,489655	0,09726	-

<b>SOMA</b>	<b>3,353351</b>
<b>Q</b>	0,558892
<b>Q+</b>	0,4
<b>Q-</b>	0,5

Fonte: A autora (2020).

Com relação ao cálculo de discordâncias, é interessante observar que a maior discrepância de avaliação ocorre no quesito de Emissão de gases e partículas entre as soluções 1 e 3 (3 em vantagem). Da mesma forma, 2 é superior a 1 em Emissão de gases, enquanto 1 é superior a 2 em Custo de operação e gerenciamento. A maior diferença de vantagem de 1 para 3 está em Custo de operação e gerenciamento, enquanto a maior vantagem de 2 para 3 está em Capacidade de gestão. Por fim de 3 para 2 em Segurança.

Para as avaliações de concordância forte e fraca, tem-se as Tabelas 50 e 51:

Tabela 50 - Resultados de concordância forte para os gestores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0
<b>SOL2</b>	1	-	0
<b>SOL3</b>	1	1	-

Fonte: A autora (2020).

Tabela 51 - Resultados de concordância fraca para os gestores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0
<b>SOL2</b>	1	-	0
<b>SOL3</b>	1	1	-

Fonte: A autora (2020).

Os limites estipulados para concordância permitem avaliar as soluções quanto à superioridade de uma solução sobre a outra não precisando ser tão grande (concordância fraca), ou exigindo mais rigor, com valores mais altos para confirmar tal superioridade (concordância forte). Assim, analisando-se as matrizes relativas às concordâncias, nota-se que os valores obtidos na triangular inferior da matriz são superiores mesmo ao maior valor estipulado, obtido pela majoração de  $p$  calculado para a primeira casa decimal acima. Assim, ocorre uma superação clara de 2 sobre 1, e de 3 sobre as demais alternativas.

Já para a discordância forte e fraca, tem-se as Tabelas 52 e 53:

Tabela 52 - Resultados de discordância forte para os gestores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0
<b>SOL2</b>	0	-	0
<b>SOL3</b>	0	1	-

Fonte: A autora (2020).

Tabela 53 - Resultados de discordância fraca para os gestores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>SOL2</b>	<b>0</b>	-	<b>1</b>
<b>SOL3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-

Fonte: A autora (2020).

As discordâncias permitem reduzir a vantagem de uma solução X para outra Y quando se observa que, mesmo X tendo vantagem em critérios de pesos maiores e/ou maiores quantidades de critérios, se observa também avaliações excessivamente ruins X comparativamente a Y. Dessa forma, se evita a adoção de uma alternativa que tenha avaliações muito negativas em certos critérios, mesmo que tal alternativa se apresente de forma mais positiva em outros critérios, evitando compensações, admitindo assim que todos os critérios devem ser considerados para um julgamento adequado entre duas alternativas. Os valores para discordância mais fraca permitem uma maior variação negativa entre as avaliações quanto aos critérios, enquanto a discordância mais forte diminui o valor limite, exigindo mais rigor quanto à discrepância das avaliações obtidas.

Assim, avaliando a matriz de discordância fraca, observa-se que o valor estipulado de  $q$  (obtido arredondando o valor  $q$  para primeira casa decimal) apenas é ultrapassado entre as Soluções de 1 para 2, 1 para 3, e 2 para 1. Isso mostra que a discrepância negativa de avaliação entre a Solução 1 e as demais é realmente elevada, reduzindo a sua capacidade de superioridade sobre as demais soluções. Da mesma forma, uma grande discrepância de ordem negativa entre avaliação de 2 para 1 reduz sua prioridade sobre tal solução.

Na discordância forte, apenas na diferença negativa entre as Soluções 3 e 2 não há superação do valor estipulado. Isso indica que, sob critérios mais rigorosos, a Solução 3 não apresenta diferenças negativas significativas em relação a Solução 2, mas o mesmo não pode ser dito dos demais pares de solução.

Já para os resultados de sobreclassificação fraca e forte, tem-se as Tabelas 54 e 55:

Tabela 54 - Resultados de sobreclassificação fraca para os gestores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>	<b>SOMA</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0	0
<b>SOL2</b>	0	-	0	0
<b>SOL3</b>	1	1	-	2
<b>SOMA</b>	1	1	0	

Fonte: A autora (2020).

Tabela 55 - Resultados de sobreclassificação forte para os gestores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>	<b>SOMA</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0	0
<b>SOL2</b>	0	-	0	0
<b>SOL3</b>	0	1	-	1
<b>SOMA</b>	0	1	0	

Fonte: A autora (2020).

Dessa forma, chegamos à matriz de sobreclassificação fraca. Nela, indica-se a superioridade de uma solução na linha sobre outra na coluna dada quando se tem simultaneamente concordância e discordância fraca (indicado na célula pelo valor 1). E assim, sob condições menos rígidas de concordância e discordância, pode-se afirmar apenas que a Solução 3 sobreclassifica as demais.

Pela matriz de sobreclassificação forte, ou seja, com critérios de concordância e discordância mais rígidos, tem-se apenas que a Solução 3 sobreclassifica a Solução 2.

Chegando afinal nos rankings estabelecidos, temos a Tabela 56:

Tabela 56 - *Rankings* para os gestores*Ranking forte*

	L	K	Diferenç	Ranking
Sol1	0	0	0	2°
Sol2	0	1	-1	3°
Sol3	1	0	1	1°

*Ranking fraco*

	L	K	Diferenç	Ranking
Sol1	0	1	-1	2°
Sol2	0	1	-1	2°
Sol3	2	0	2	1°

*Ranking final*

	Dif fraca	Dif forte	Soma	Ranking
Sol1	-1	0	-1	2°
Sol2	-1	-1	-2	3°
Sol3	2	1	3	1°

Fonte: A autora (2020).

Então, chega-se então aos *rankings* de forma que se somam as vezes que a solução sobreclassificou às demais (valores da linha da matriz de sobreclassificação) e subtraem-se as vezes que a solução foi sobreclassificada (valores da coluna). Fazendo o mesmo processo para as sobreclassificações forte e fraca, chegamos aos *rankings* apresentados na matriz. É interessante observar que, sob critérios mais rígidos, ocorre uma inversão do que se observa nas demais metodologias entre as Soluções 1 e 2. Possivelmente, a consideração em relação à discordância que não foi feita nas demais metodologias, permite que o mau desempenho em alguns critérios

(principalmente com relação à Solução 1, cujas discordâncias superaram os valores limítrofes mesmo em comparação fraca) seja compensado pelo seu desempenho positivo em outros.

Ainda, com critérios menos rígidos para concordância e discordância ocorre um empate entre as soluções. Tal situação é condizente com a proximidade existente entre as duas soluções em resultados de metodologias anteriores.

Finalmente, somando-se os resultados obtidos nos dois *rankings*, chega-se ao resultado final, concordando com a avaliação forte, apresentando a Solução 3 em primeiro lugar, seguida da Solução 1, e então a Solução 2.

#### 6.2.6.2 Respostas dos pesquisadores

Para os pesquisadores, tivemos os resultados da Tabela 57:

Tabela 57 - Resultados relativos à matriz de concordância e limites p para os pesquisadores

	<b>C1,2</b>	<b>C1,3</b>	<b>C2,3</b>	<b>C2,1</b>	<b>C3,1</b>	<b>C3,2</b>
Prod econ	0	0	0	0,079055	0,079055	0,079055
Risco de dem	0,05763	0,05763	0,05763	0	0	0
Custo op e ge	0,060917	0,060917	0,060917	0	0	0
Tarifa	0,081841	0,081841	0	0	0	0,081841
Interação	0	0	0	0,058555	0,058555	0,058555
Segurança	0	0	0	0,093856	0,093856	0,093856
Comunicação	0	0	0	0,030821	0,030821	0,030821
Inclusão	0	0	0	0,084237	0,084237	0,084237
Part social	0	0	0	0,061888	0,061888	0,061888
Riscos reg	0	0	0	0,014281	0,014281	0,014281
Capac de gestão	0,048986	0,048986	0,048986	0	0	0,048986
Qualid do serv	0	0	0	0,056922	0,056922	0,056922
Seg no uso	0	0	0	0,047858	0,047858	0,047858
Operação	0,075917	0,075917	0	0	0,075917	0,075917
Em gases e part	0	0	0	0,035533	0,035533	0,035533
Ef energética	0	0	0	0,038879	0,038879	0,038879
Uso do solo	0	0	0	0,059226	0,059226	0,059226

Poluição sonora	0	0	0	0,013597	0,013597	0,013597
<b>Soma</b>	0,325291	0,325291	0,167533	0,674709	0,750626	0,881453

	SOL1	SOL2	SOL3
<b>SOL1</b>	-	0,325291	0,325291
<b>SOL2</b>	0,674709	-	0,167533
<b>SOL3</b>	0,750626	0,881453	-

<b>SOMA</b>	<b>3,124903</b>
<b>P</b>	0,520817
<b>P+</b>	0,6
<b>P-</b>	0,5

Fonte: A autora (2020).

Mais uma vez, observa-se superação da Solução 1 sobre as demais soluções em fatores relativos aos custos e gestão (já que é a opção mais barata e de uso já conhecido pelos gestores atuais), também condizente com as avaliações realizadas nos métodos anteriores.

A Solução 3 também demonstra mais uma vez superioridade em relação às demais soluções avaliadas, apresentando número de critérios em que tem vantagem maior, com conseqüente soma de pesos e concordância maiores.

Já para os valores de discordância, temos a Tabela 58:

Tabela 58 - Resultados relativos à matriz de discordância e limites q para os pesquisadores

	<b>MÁX</b>	<b>MÍN</b>	<b>DIFERENÇA</b>
Prod econ	0,362595	0,290076	0,072519
Risco de dem	0,352423	0,317181	0,035242
Custo op e ge	0,366812	0,296943	0,069869
Tarifa	0,36214	0,312757	0,049383
Interação	0,361345	0,289916	0,071429
Segurança	0,36965	0,291829	0,077821
Comunicação	0,378261	0,282609	0,095652
Inclusão	0,378486	0,282869	0,095618
Part social	0,358268	0,311024	0,047244
Riscos reg	0,38785	0,294393	0,093458
Capac de gestão	0,339056	0,330472	0,008584
Qualid do serv	0,374532	0,265918	0,108614
Seg no uso	0,392308	0,276923	0,115385
Operação	0,338521	0,322957	0,015564
Em gases e part	0,370518	0,302789	0,067729
Ef energética	0,397196	0,247664	0,149533
Uso do solo	0,387833	0,269962	0,117871
Poluição sonora	0,395556	0,28	0,115556
	<b>MÁX</b>		0,149533
	<b>DIFE</b>		

	<b>D1,2</b>	<b>D1,3</b>	<b>D2,3</b>	<b>D2,1</b>	<b>D3,1</b>	<b>D3,2</b>
Prod econ	0,057252	0,072519	0,015267	-0,05725	-0,07252	-0,01527
Risco de dem	-0,02203	-0,03524	-0,01322	0,022026	0,035242	0,013216
Custo op e ge	-0,03057	-0,06987	-0,0393	0,030568	0,069869	0,039301
Tarifa	-0,04938	-0,03704	0,012346	0,049383	0,037037	-0,01235
Interação	0,058824	0,071429	0,012605	-0,05882	-0,07143	-0,01261
Segurança	0,046693	0,077821	0,031128	-0,04669	-0,07782	-0,03113
Comunicação	0,056522	0,095652	0,03913	-0,05652	-0,09565	-0,03913
Inclusão	0,055777	0,095618	0,039841	-0,05578	-0,09562	-0,03984
Part social	0,019685	0,047244	0,027559	-0,01969	-0,04724	-0,02756

Riscos reg	0,023364	0,093458	0,070093	-0,02336	-0,09346	-0,07009
Capac de gestão	-0,00858	-0,00858	0	0,008584	0,008584	0
Qualid do serv	0,093633	0,108614	0,014981	-0,09363	-0,10861	-0,01498
Seg no uso	0,053846	0,115385	0,061538	-0,05385	-0,11538	-0,06154
Operação	-0,01556	0	0,015564	0,015564	0	-0,01556
Em gases e part	0,023904	0,067729	0,043825	-0,0239	-0,06773	-0,04382
Ef energética	0,107477	0,149533	0,042056	-0,10748	-0,14953	-0,04206
Uso do solo	0,072243	0,117871	0,045627	-0,07224	-0,11787	-0,04563
Poluição sonora	0,044444	0,115556	0,071111	-0,04444	-0,11556	-0,07111
<b>MÁX</b>	0,107477	0,149533	0,071111	0,049383	0,069869	0,039301
<b>D</b>	0,71875	1	0,475556	0,330247	0,467249	0,262828

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0,71875	1
<b>SOL2</b>	0,330247	-	0,475556
<b>SOL3</b>	0,467249	0,262828	-

<b>SOMA</b>	3,254629
<b>Q</b>	0,542438
<b>Q+</b>	0,4
<b>Q-</b>	0,5

Fonte: A autora (2020).

Com as discordâncias observadas, a maior discrepância de avaliação ocorre mais uma vez entre as Soluções 1 e 3, desta vez no critério de Eficiência energética. Da mesma forma, 2 é superior à 1 também em Eficiência energética, enquanto 1 é superior à 2 em Tarifa. A maior diferença de vantagem de 1 para 3 está no Custo de operação e gerenciamento, da mesma forma que a maior vantagem de 2 para 3. Por fim de 3 para 2 em Poluição sonora.

Para os resultados de concordância forte e fraca, temos os resultados das Tabelas 59 e 60:

Tabela 59 - Resultados de concordância forte para os pesquisadores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0
<b>SOL2</b>	1	-	0
<b>SOL3</b>	1	1	-

Fonte: A autora (2020).

Tabela 60 - Resultados de concordância fraca para os pesquisadores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0
<b>SOL2</b>	1	-	0
<b>SOL3</b>	1	1	-

Fonte: A autora (2020).

Da mesma forma que observado nas avaliações dos gestores, as matrizes relativas às concordâncias apresentam valores na triangular inferior superiores mesmo ao maior valor estipulado, obtido pela majoração do p calculado para a primeira casa decimal acima. Assim, ocorre mais uma vez uma superação clara de 2 sobre 1, e de 3 sobre as demais alternativas.

Para os resultados de discordância forte e fraca, temos os valores das Tabelas 61 e 62:

Tabela 61 - Resultados de discordância forte para os pesquisadores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0
<b>SOL2</b>	1	-	0
<b>SOL3</b>	0	1	-

Fonte: A autora (2020).

Tabela 62 - Resultados de discordância fraca para os pesquisadores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0
<b>SOL2</b>	1	-	1
<b>SOL3</b>	1	1	-

Fonte: A autora (2020).

Já na matriz de discordância fraca, observa-se que o valor estipulado de  $q$ - (obtido arredondando o valor  $q$  para primeira casa decimal) apenas é ultrapassado entre as Soluções de 1 para 2, e 1 para 3. Isso confirma que a discrepância negativa de avaliação entre a Solução 1 e as demais é realmente elevada, reduzindo a sua capacidade de superioridade sobre as demais soluções (embora destaca-se que isso não é um impedimento, como observado na análise dos gestores).

Na discordância forte, apenas na diferença negativa entre as Soluções 3 e 2, e entre 2 e 1, não há superação do valor estipulado. Isso indica que, sob critérios mais rigorosos, a Solução 3 não apresenta diferenças negativas significativas em relação a Solução 2, da mesma forma que a Solução 2 não apresenta avaliações excessivamente negativas em comparação à Solução 1.

Já para os resultados de sobreclassificação fraca e forte, tem-se as Tabelas 63 e 64:

Tabela 63 - Resultados de sobreclassificação fraca para os pesquisadores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>	<b>SOMA</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0	0
<b>SOL2</b>	1	-	0	1
<b>SOL3</b>	1	1	-	2
<b>SOMA</b>	2	1	0	

Fonte: A autora (2020).

Tabela 64 - Resultados de sobreclassificação forte para os pesquisadores

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0
<b>SOL2</b>	1	-	0
<b>SOL3</b>	0	1	-
<b>SOMA</b>	1	1	0

Fonte: A autora (2020).

Na matriz de sobreclassificação fraca vê-se que, sob condições menos rígidas de concordância e discordância, a Solução 3 sobreclassifica as demais, enquanto a Solução 2 sobreclassifica a Solução 1.

Pela matriz de sobreclassificação forte, ou seja, com critérios de concordância e discordância mais rígidos, apenas a Solução 3 sobreclassifica a Solução 2, e a Solução 2 sobreclassifica a Solução 1.

Por fim, a análise dos *rankings* obtidos na Tabela 65:

Tabela 65 - *Rankings* para os pesquisadores

*Ranking forte*

	L	K	Diferenç	Ranking
Sol1	0	1	-1	3°
Sol2	1	1	0	2°
Sol3	1	0	1	1°

*Ranking fraco*

	L	K	Diferenç	Ranking
Sol1	0	2	-2	3°
Sol2	1	1	0	2°
Sol3	2	0	2	1°

***Ranking final***

	Dif			Ranking
	Dif fraca	forte	Soma	Ranking
<b>Sol1</b>	-2	-1	-3	3°
<b>Sol2</b>	0	0	0	2°
<b>Sol3</b>	2	1	3	1°

Fonte: A autora (2020).

Na análise dos *rankings*, se observa uma repetição do que foi obtido pelas demais metodologias, mantendo a primeira posição a Solução 3, seguida da Solução 2 e por fim a Solução 1.

## 6.2.6.3 Respostas do conjunto

Para o conjunto de respostas, tem-se os resultados da Tabela 66:

Tabela 66 - Resultados relativos à matriz de concordância e limites p para o conjunto

	<b>C1,2</b>	<b>C1,3</b>	<b>C2,3</b>	<b>C2,1</b>	<b>C3,1</b>	<b>C3,2</b>
Prod econ	0	0	0	0,079704	0,079704	0,079704
Risco de dem	0,054508	0,054508	0,054508	0	0	0
Custo op e ge	0,072219	0,072219	0,072219	0	0	0
Tarifa	0,084071	0,084071	0	0	0	0,084071
Interação	0	0	0	0,058943	0,058943	0,058943
Segurança	0	0	0	0,07933	0,07933	0,07933
Comunicação	0	0	0	0,032516	0,032516	0,032516
Inclusão	0	0	0	0,069834	0,069834	0,069834
Part social	0	0	0	0,055603	0,055603	0,055603
Riscos reg	0,015876	0	0	0	0,015876	0,015876
Capac de gestão	0,052342	0,052342	0,052342	0	0	0
Qualid do serv	0	0	0	0,056532	0,056532	0,056532
Seg no uso	0	0	0	0,05013	0,05013	0,05013
Operação	0,082301	0,082301	0	0	0	0,082301
Em gases e part	0	0	0	0,038741	0,038741	0,038741
Ef energética	0	0	0	0,037673	0,037673	0,037673
Uso do solo	0	0	0	0,060867	0,060867	0,060867
Poluição sonora	0	0	0	0,018811	0,018811	0,018811
<b>Soma</b>	0,361316	0,345441	0,179069	0,638684	0,654559	0,820931

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0,361316	0,345441
<b>SOL2</b>	0,638684	-	0,179069
<b>SOL3</b>	0,654559	0,820931	-

**SOMA 3**

<b>P</b>	0,5
<b>P+</b>	0,6
<b>P-</b>	0,5

Fonte: A autora (2020).

Mais uma vez, observando a questão da concordância, vê-se que os critérios sob os quais a Solução 1 supera as demais soluções, são quase os mesmos, e condizem principalmente com facilidades relativas a custos e gestão, condizente com as avaliações realizadas nos métodos anteriores.

A Solução 3 demonstra também mais uma vez sua superioridade em relação às demais soluções avaliadas, apresentando número de critérios em que tem vantagem maior, que resulta em grande soma de pesos e conseqüente concordância.

Quanto aos valores de discordância obtidos, tem-se a Tabela 67:

Tabela 67 - Resultados relativos à matriz de discordância e limites q para o conjunto

	<b>MÁX</b>	<b>MÍN</b>	<b>DIFERENÇA</b>
Prod econ	0,355556	0,298413	0,057143
Risco de dem	0,365248	0,308511	0,056738
Custo op e ge	0,391304	0,282609	0,108696
Tarifa	0,384354	0,306122	0,078231
Interação	0,357639	0,305556	0,052083
Segurança	0,37	0,3	0,07
Comunicação	0,368794	0,297872	0,070922
Inclusão	0,376623	0,292208	0,084416
Part social	0,354305	0,321192	0,033113
Riscos reg	0,363296	0,314607	0,048689
Capac de gestão	0,362369	0,313589	0,04878
Qualid do serv	0,365031	0,282209	0,082822
Seg no uso	0,384868	0,286184	0,098684
Operação	0,342857	0,32381	0,019048
Em gases e part	0,38206	0,289037	0,093023
Ef energética	0,398467	0,249042	0,149425
Uso do solo	0,389937	0,273585	0,116352

Poluição sonora	0,398524	0,273063	0,125461
<b>MÁX</b>			
		<b>DIFE</b>	0,149425

	<b>D1,2</b>	<b>D1,3</b>	<b>D2,3</b>	<b>D2,1</b>	<b>D3,1</b>	<b>D3,2</b>
Prod econ	0,047619	0,057143	0,009524	-0,04762	-0,05714	-0,00952
Risco de dem	-0,03901	-0,05674	-0,01773	0,039007	0,056738	0,01773
Custo op e ge	-0,06522	-0,1087	-0,04348	0,065217	0,108696	0,043478
Tarifa	-0,07823	-0,07483	0,003401	0,078231	0,07483	-0,0034
Interação	0,03125	0,052083	0,020833	-0,03125	-0,05208	-0,02083
Segurança	0,03	0,07	0,04	-0,03	-0,07	-0,04
Comunicação	0,035461	0,070922	0,035461	-0,03546	-0,07092	-0,03546
Inclusão	0,038961	0,084416	0,045455	-0,03896	-0,08442	-0,04545
Part social	0,003311	0,033113	0,029801	-0,00331	-0,03311	-0,0298
Riscos reg	-0,00749	0,041199	0,048689	0,007491	-0,0412	-0,04869
Capac de gestão	-0,03833	-0,04878	-0,01045	0,038328	0,04878	0,010453
Qualid do serv	0,070552	0,082822	0,01227	-0,07055	-0,08282	-0,01227
Seg no uso	0,042763	0,098684	0,055921	-0,04276	-0,09868	-0,05592
Operação	-0,01905	-0,00952	0,009524	0,019048	0,009524	-0,00952
Em gases e part	0,039867	0,093023	0,053156	-0,03987	-0,09302	-0,05316
Ef energética	0,103448	0,149425	0,045977	-0,10345	-0,14943	-0,04598
Uso do solo	0,062893	0,116352	0,053459	-0,06289	-0,11635	-0,05346
Poluição sonora	0,055351	0,125461	0,070111	-0,05535	-0,12546	-0,07011
<b>MÁX</b>	0,103448	0,149425	0,070111	0,078231	0,108696	0,043478
<b>D</b>	0,692308	1	0,469202	0,523548	0,727425	0,29097

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0,692308	1
<b>SOL2</b>	0,523548	-	0,469202
<b>SOL3</b>	0,727425	0,29097	-

<b>SOMA</b>	<b>3,703453</b>
<b>Q</b>	0,617242
<b>Q+</b>	0,5
<b>Q-</b>	0,6

Fonte: A autora (2020).

A maior discrepância de avaliação observada ocorre no quesito de Eficiência energética entre as Soluções 1 e 3 (3 em vantagem). Da mesma forma, 2 é superior a 1 também em Eficiência energética, enquanto 1 é superior a 2 em Tarifa. A maior diferença de vantagem de 1 para 3 está no Custo de operação e gerenciamento, enquanto a maior vantagem de 2 para 3 também está no Custo de operação e gerenciamento. Por fim, de 3 para 2 em Poluição sonora.

Para os valores de concordância forte e fraca, tem-se as Tabelas 68 e 69:

Tabela 68 - Resultados de concordância forte para o conjunto

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0
<b>SOL2</b>	1	-	0
<b>SOL3</b>	1	1	-

Fonte: A autora (2020).

Tabela 69 - Resultados de concordância fraca para o conjunto

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0
<b>SOL2</b>	1	-	0
<b>SOL3</b>	1	1	-

Fonte: A autora (2020).

Mais uma vez, analisando-se as matrizes relativas às concordâncias, observa-se que os valores obtidos na triangular inferior da matriz são superiores mesmo ao maior valor estipulado, obtido pela majoração de  $p$  calculado para a primeira casa decimal acima. Assim, ocorre uma superação clara de 2 sobre 1, e de 3 sobre as demais alternativas.

Já para as discordâncias forte e fraca, tem-se as Tabelas 70 e 71:

Tabela 70 - Resultados de discordância forte para o conjunto

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0
<b>SOL2</b>	0	-	1
<b>SOL3</b>	0	1	-

Fonte: A autora (2020).

Tabela 71 - Resultados de discordância fraca para o conjunto

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0
<b>SOL2</b>	1	-	1
<b>SOL3</b>	0	1	-

Fonte: A autora (2020).

Assim, avaliando a matriz de discordância fraca, observa-se que o valor estipulado de  $q$ - (obtido arredondando o valor  $q$  para primeira casa decimal) apenas é ultrapassado entre as Soluções de 1 para 2, 1 para 3, e 3 para 1. Isso mostra que a discrepância negativa de avaliação entre a Solução 1 e as demais é realmente elevada, reduzindo a sua capacidade de superioridade sobre as demais soluções. Da mesma forma, uma grande discrepância de ordem negativa entre avaliação de 3 para 1 reduz sua prioridade sobre tal solução.

Na discordância forte, além do observado na matriz de discordância fraca, tem-se ainda uma discrepância de avaliação superior aos limites entre 2 e 1. Isso indica que, sob critérios mais rigorosos, apenas as soluções 2 e 3 não apresentam diferenças negativas significativas em relação uma a outra.

Quanto a sobreclassificação fraca e forte para os resultados, tem-se as Tabelas 72 e 73:

Tabela 72 - Resultados de sobreclassificação fraca para o conjunto

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>	<b>SOMA</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0	0
<b>SOL2</b>	1	-	0	1
<b>SOL3</b>	0	1	-	1
<b>SOMA</b>	1	1	0	

Fonte: A autora (2020).

Tabela 73 - Resultados de sobreclassificação forte para o conjunto

	<b>SOL1</b>	<b>SOL2</b>	<b>SOL3</b>	<b>SOMA</b>
<b>SOL1</b>	-	0	0	0
<b>SOL2</b>	0	-	0	0
<b>SOL3</b>	0	1	-	1
<b>SOMA</b>	0	1	0	

Fonte: A autora (2020).

Dessa forma, na matriz de sobreclassificação fraca, sob condições menos rígidas de concordância e discordância, pode-se afirmar que a Solução 3 sobreclassifica a Solução 2, e essa sobreclassifica a Solução 1.

Pela matriz de sobreclassificação forte, ou seja, com critérios de concordância e discordância mais rígidos, apenas a Solução 3 sobreclassifica a Solução 2.

Por fim, os *rankings* obtidos se encontram na Tabela 74:

Tabela 74 - *Rankings* para o conjunto

*Ranking forte*

	L	K	Diferenç	Ranking
Sol1	0	0	0	2°
Sol2	0	1	-1	3°
Sol3	1	0	1	1°

*Ranking fraco*

	L	K	Diferenç	Ranking
Sol1	0	1	-1	3°
Sol2	1	1	0	2°
Sol3	1	0	1	1°

<b>Ranking final</b>				
	DIF			
	DIF FRACA	FORTE	SOMA	RANKING
<b>Sol1</b>	-1	0	-1	2°
<b>Sol2</b>	0	-1	-1	2°
<b>Sol3</b>	1	1	2	1°

Fonte: A autora (2020).

Para os *rankings*, observa-se que, sob critérios mais rígidos, ocorre uma inversão do que se observou nas demais metodologias, concordando apenas com o método SMARTER, com as soluções 1 e 2 em respectivos 2° e 3° lugar. Ainda, sob menos rígidos para concordância e discordância, as soluções ficam na ordem obtida nas demais metodologias. Mais uma vez destaca-se que a consideração em relação à discordância que não era feita nas demais metodologias, pode ter causado influência na resposta, possivelmente trazendo mais sensibilidade na análise para mostrar como as opções tendem a se equiparar, como evidenciado no caso ranking final, ficando o resultado obtido sensível às restrições fornecidas na avaliação.

### 6.2.7 Resultados do MACBETH

Para aplicação dos conceitos do método MACBETH se observou a necessidade da utilização de recursos computacionais. Foi utilizado como base exemplo de aplicação feito por Bana e Costa e Chagas (2004), que também utilizou a mesma ferramenta computacional: o programa M-MACBETH.

Contudo, considerando que o questionário realizado contemplava apenas avaliações quantitativas, foram realizados ajustes para uso dos resultados pelo programa. Após obtenção das médias aritméticas das avaliações paritárias e das soluções fornecidas, foram selecionados intervalos onde se situavam as avaliações (um intervalo compreendendo as avaliações paritárias máximas e mínimas aproximadamente e outro compreendendo as avaliações máximas e mínimas para as avaliações das soluções). Tais intervalos foram então divididos em sete grupos com avaliações qualitativas correspondentes às usadas pelo programa (Tabelas 75 e 76). Então foram preenchidos os formulários para obtenção dos resultados fornecidos pelo programa.

O valor "neutro" exigido pelo programa para o mínimo de peso para critério foi tomado como zero. Já para as avaliações das soluções, a avaliação tida como "neutro" foi tomada como 5 e a avaliação "bom" como 8. Tais valores ajudam a nortear os valores finais calculados pelo programa, já que sua premissa é tomar uma avaliação qualitativa e transformá-la em quantitativa. Os cálculos usados para definição das classes de avaliação qualitativa e as consequentes avaliações para os pesos e critérios, encontram-se no Apêndice I.

Tabela 75 - Intervalos usados nas avaliações qualitativas das avaliações paritárias para método MACBETH

<b>Avaliação</b>	<b>Limites inferior-superior</b>
Extremo	4,857143 - 5,5*
Muito forte	4,214286 - 4,857143
Forte	3,571429 - 4,214286
Moderada	2,928571 - 3,571429
Fraca	2,285714 - 2,928571
Muito Fraca	1,642857 - 2,285714
Nula	1 - 1,642857

Fonte: A autora (2020).

\*O limite superior do intervalo poderia ser superado, já que se buscou usar um intervalo médio de avaliação para a avaliação de gestores, pesquisadores e total, variando o valor máximo de avaliação médio.

Tabela 76 - Intervalos usados nas avaliações qualitativas das avaliações das soluções para método MACBETH

<b>Avaliação</b>	<b>Limites inferior-superior</b>
Extremo	7,571429 - 8
Muito forte	7,142857 - 7,571429
Forte	6,714286 - 7,142857
Moderada	6,285714 - 6,714286
Fraca	5,857143 - 6,285714
Muito Fraca	5,428571 - 5,857143
Nula	5* - 5,428571

Fonte: A autora (2020).

\*O valor inferior poderia não ser ultrapassado, já que se estimou um intervalo médio de avaliação com base nos valores fornecidos nas médias dos gestores, pesquisadores e média total.

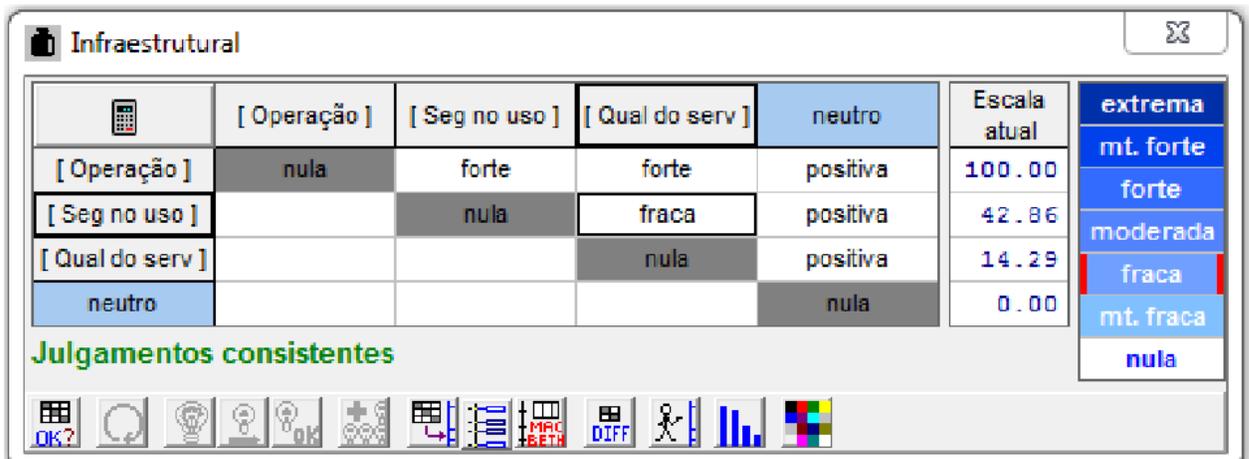
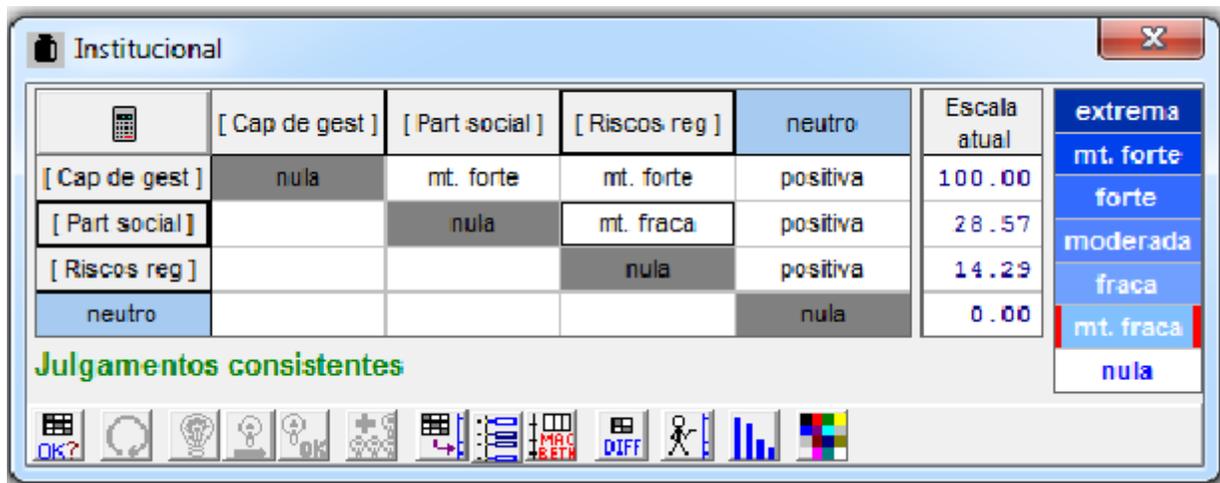
6.2.7.1 Respostas dos gestores

Fazendo a avaliação das notas dos gestores, tem-se os resultados presentes nas Figura 20, 21, 22 e 23:

Figura 20 - Avaliações qualitativas fornecidas pelos gestores para os julgamentos dos pesos e seus valores calculados pelo programa M-MACBETH\*

	[ N1 ]	[ N4 ]	[ N5 ]	[ N2 ]	[ N3 ]	neutro	Escala atual
[ N1 ]	nula	mt. forte	mt. forte	extrema	extrema	positiva	100.00
[ N4 ]		nula	mt. fraca	mod-forc	moderada	positiva	46.67
[ N5 ]			nula	mfrac-frac	mt. fraca	positiva	26.67
[ N2 ]				nula	mt. fraca	positiva	13.33
[ N3 ]					nula	positiva	6.67
neutro						nula	0.00

	[ Prod eco ]	[ Custo de op e gest ]	[ Tarifa ]	[ Risco de dem ]	neutro	Escala atual
[ Prod eco ]	nula	mt. fraca	fraca	mt. forte	positiva	100.00
[ Custo de op e gest ]		nula	fraca	forte	positiva	85.71
[ Tarifa ]			nula	fraca	positiva	57.14
[ Risco de dem ]				nula	positiva	14.29
neutro					nula	0.00



**Ambiental**

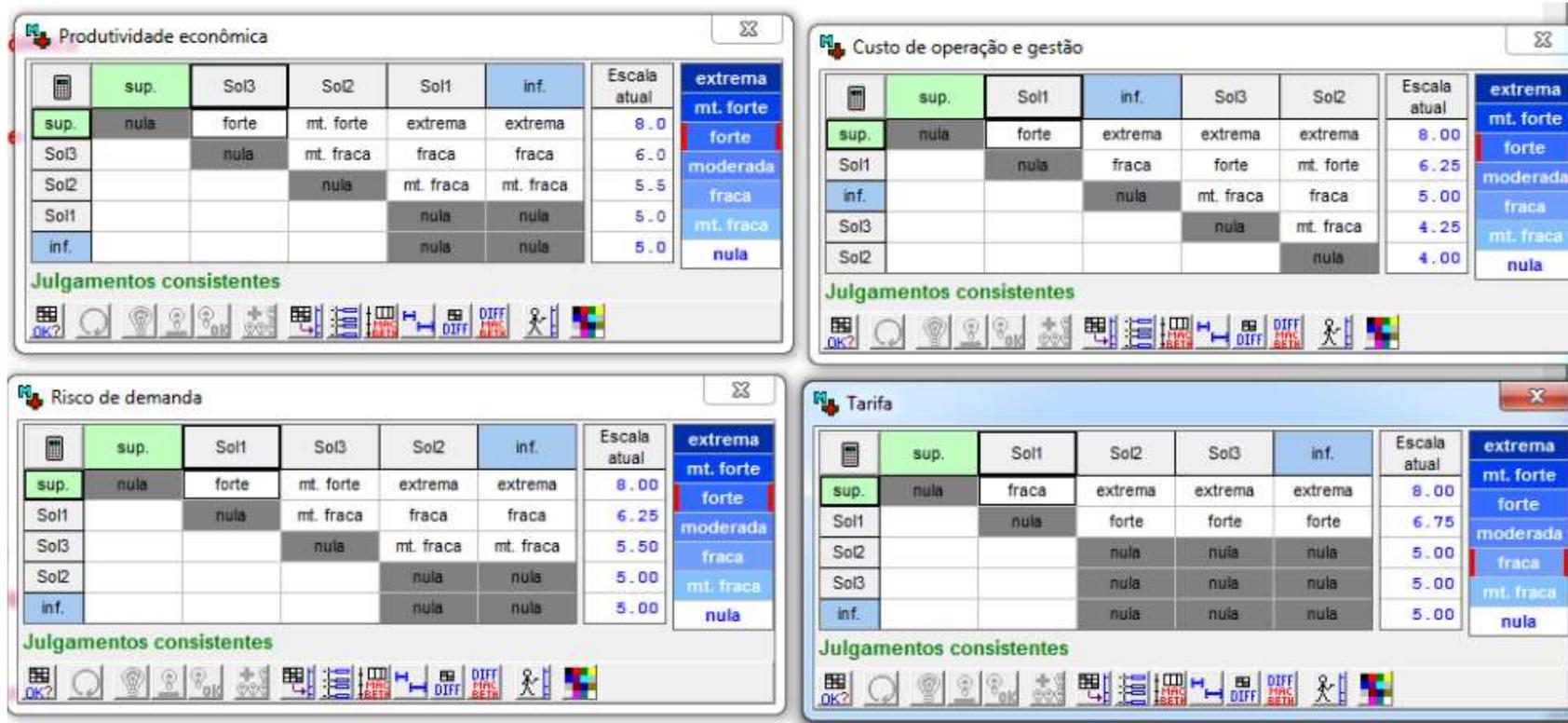
	[ Uso do solo ]	[ Em de gases ]	[ Pol son ]	[ Ef energ ]	neutro	Escala atual	
[ Uso do solo ]	nula	extrema	mfort-extr	extrema	positiva	100.00	extrema
[ Em de gases ]		nula	moderada	moderada	positiva	42.86	mt. forte
[ Pol son ]			nula	fraca	positiva	21.43	forte
[ Ef energ ]				nula	positiva	7.14	moderada
neutro					nula	0.00	fraca
							mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

Fonte: A autora (2020).

\*N1 = Econômico; N2 = Social; N3 = Institucional; N4 = Infraestrutural; N5 = Ambiental.

Figura 21 - Avaliação de notas dos gestores para os critérios secundários



Qualidade do serviço

	sup.	Sol3	Sol2	Sol1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	mt. fraca	fraca	mt. forte	extrema	8.00	extrema
Sol3		nula	mt. fraca	moderada	mt. forte	7.25	mt. forte
Sol2			nula	fraca	forte	6.75	forte
Sol1				nula	mt. fraca	5.75	moderada
inf.					nula	5.00	fraca
							mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

Riscos regulatórios

	sup.	Sol1	Sol2	Sol3	inf.	Escala atual	
sup.	nula	forte	extrema	extrema	extrema	8.00	extrema
Sol1		nula	fraca	fraca	fraca	6.25	mt. forte
Sol2			nula	nula	nula	5.00	forte
Sol3				nula	nula	5.00	moderada
inf.				nula	nula	5.00	fraca
							mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

Segurança no uso

	sup.	Sol3	Sol2	inf.	Sol1	Escala atual	
sup.	nula	forte	mt. forte	extrema	extrema	8.00	extrema
Sol3		nula	mt. fraca	fraca	forte	6.25	mt. forte
Sol2			nula	mt. fraca	fraca	5.50	forte
inf.				nula	mt. fraca	5.00	moderada
							fraca
							mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

Participação social

	sup.	Sol3	Sol2	Sol1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	moderada	mt. forte	extrema	extrema	8.0	extrema
Sol3		nula	fraca	moderada	moderada	6.5	mt. forte
Sol2			nula	mt. fraca	mt. fraca	5.5	forte
Sol1				nula	nula	5.0	moderada
inf.				nula	nula	5.0	fraca
							mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

Operação

	sup.	Sol3	Sol2	Sol1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	fraca	fraca	mt. forte	extrema	8.00	extrema
Sol3		nula	nula	fraca	forte	6.88	mt. forte
Sol2			nula	fraca	forte	6.88	forte
Sol1				nula	mt. fraca	5.75	moderada
inf.					nula	5.00	fraca
							mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

Capacidade de gestão

	sup.	Sol1	Sol2	Sol3	inf.	Escala atual	
sup.	nula	fraca	forte	mt. forte	extrema	8.00	extrema
Sol1		nula	mt. fraca	fraca	forte	6.75	mt. forte
Sol2			nula	mt. fraca	fraca	6.00	forte
Sol3				nula	mt. fraca	5.50	moderada
inf.					nula	5.00	fraca
							mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

**Interação**

	sup.	So3	So1	So2	inf.	Escala atual	
sup.	nula	fraca	extrema	extrema	extrema	8.00	extrema
So3		nula	mod-fort	forte	forte	6.75	mt. forte
So1			nula	nula	nula	5.00	forte
So2			nula	nula	nula	5.00	moderada
inf.			nula	nula	nula	5.00	fraca
							mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

**Inclusão**

	sup.	So3	So2	So1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	mt. fraca	forte	extrema	extrema	8.00	extrema
So3		nula	moderada	mt. forte	mfort-extr	7.75	mt. forte
So2			nula	fraca	fraca	6.25	forte
So1				nula	nula	5.00	moderada
inf.				nula	nula	5.00	fraca
							mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

**Segurança**

	sup.	So3	inf.	So2	So1	Escala atual	
sup.	nula	moderada	extrema	extrema	extrema	8.00	extrema
So3		nula	moderada	fort-mfort	mt. forte	6.50	mt. forte
inf.			nula	mt. fraca	mt. fraca	5.00	forte
So2				nula	nula	4.25	moderada
So1				nula	nula	4.25	fraca
							mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

**Comunicação**

	sup.	So3	So2	So1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	fraca	mt. forte	extrema	positiva	8.00	extrema
So3		nula	fraca	moderada	forte	6.75	mt. forte
So2			nula	mt. fraca	mt. fraca	5.50	forte
So1				nula	mt. fraca	5.25	moderada
inf.					nula	5.00	fraca
							mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

**Emissão de gases e particuladas**

	sup.	Sol3	Sol2	inf.	Sol1	Escala atual	extrema
sup.	nula	nula	fraca	extrema	extrema	8.00	mt. forte
Sol3	nula	nula	fraca	extrema	extrema	8.00	forte
Sol2			nula	forte	extrema	6.75	moderada
inf.				nula	forte	5.00	fraca
Sol1					nula	3.00	mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

**Uso do solo**

	sup.	Sol3	Sol2	inf.	Sol1	Escala atual	extrema
sup.	nula	nula	fraca	extrema	extrema	8.00	mt. forte
Sol3	nula	nula	fraca	extrema	extrema	8.00	forte
Sol2			nula	forte	mt. forte	6.75	moderada
inf.				nula	mt. fraca	5.00	fraca
Sol1					nula	4.25	mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

**Eficiência energética**

	sup.	Sol3	Sol2	inf.	Sol1	Escala atual	extrema
sup.	nula	mt. fraca	moderada	extrema	extrema	8.00	mt. forte
Sol3		nula	mt. fraca	mt. forte	extrema	7.25	forte
Sol2			nula	moderada	extrema	6.50	moderada
inf.				nula	forte	5.00	fraca
Sol1					nula	3.25	mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

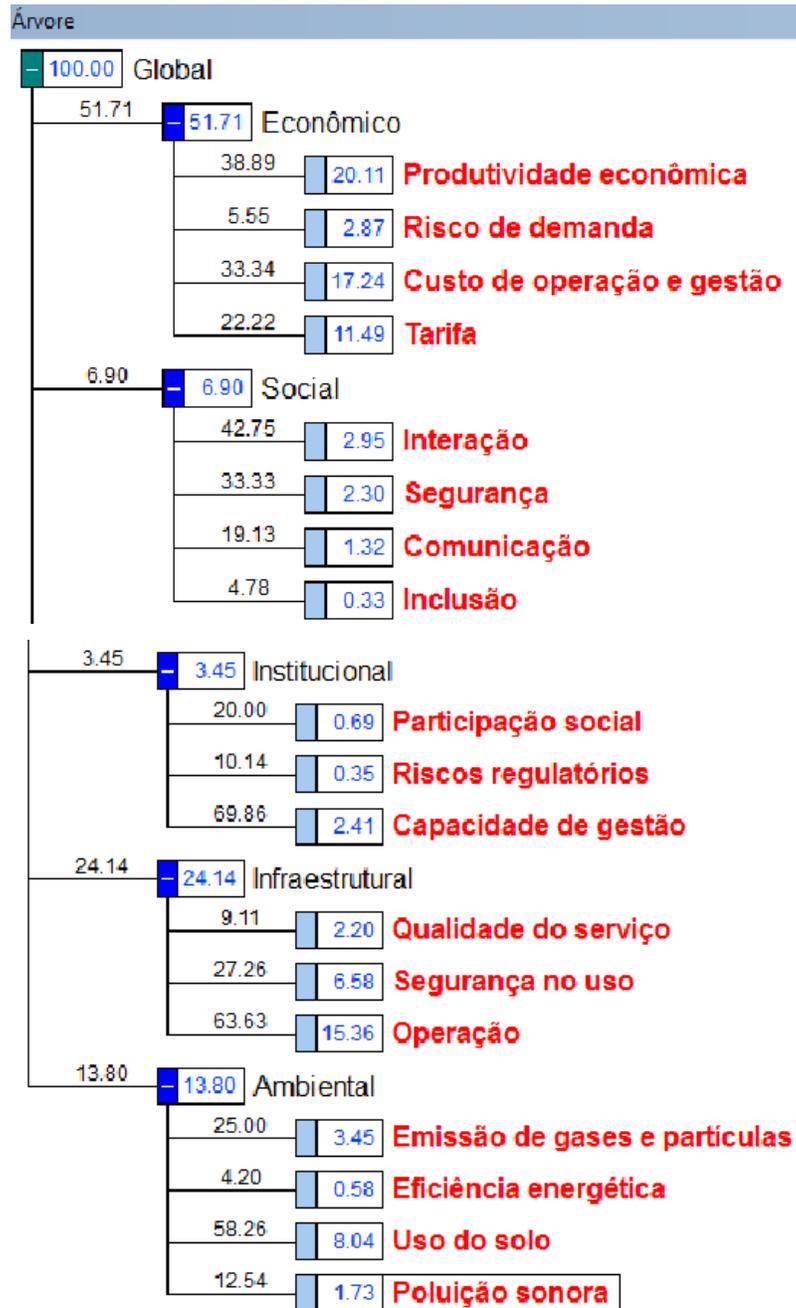
**Poluição sonora**

	sup.	Sol3	Sol2	inf.	Sol1	Escala atual	extrema
sup.	nula	fraca	mt. forte	extrema	extrema	8.00	mt. forte
Sol3		nula	fraca	forte	extrema	6.75	forte
Sol2			nula	mt. fraca	mt. forte	5.50	moderada
inf.				nula	forte	5.00	fraca
Sol1					nula	3.00	mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

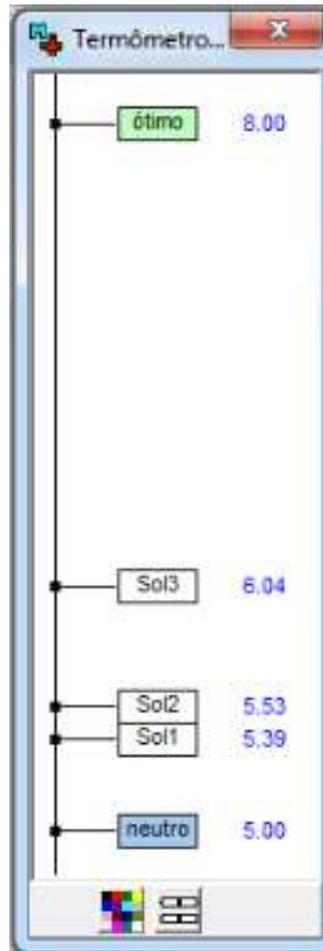
Fonte: A autora (2020).

Figura 22 - Árvore de decisão com valores dos pesos obtidos no MACBETH para os gestores



Fonte: A autora (2020).

Figura 23 - Termômetro dos resultados



Fonte: A autora (2020).

Observa-se inicialmente que critérios nas posições mais altas tendem a ter seus pesos majorados, enquanto critérios menos bem colocados têm seus pesos reduzidos (em relação às avaliações feitas nas entrevistas). Mesmo assim, a solução continua a apontar a classificação apontada por outras soluções, como AHP, GAM, TOPSIS e PROMETHEE II.

Contudo, a ferramenta computacional em questão usada permite que manualmente os pesos sejam modificados com base nas preferências do entrevistado, desde que mantidas as condições de consistência. Contudo, se optou por não se realizar essa mudança para observar o comportamento do programa. Além disso, a escala usada na exibição dos pesos no momento de sua escolha é baseada em notas de 1 a 100, não normalizadas, o que nos impediria de corrigir facilmente a escala para obter pesos iguais aos obtidos nos questionários.

Da mesma forma, no momento da escolha das notas das soluções para cada critério apontado, era possível realizar modificações com base no desejo do entrevistado. Aqui, limitou-se a manter as notas o mais próximo possível das médias obtidas mantendo a consistência da avaliação, de forma a permitir comparações com os demais métodos de forma adequada.

É interessante notar que a ferramenta computacional usada não só permite uma boa visualização do problema em questão, permitindo ao entrevistado dar respostas de forma mais consciente, mas também o próprio programa avisa sobre a ocorrência de inconsistências, não só nos pesos, como nas avaliações das soluções, impedindo a perda de questionários por ocasião de uma avaliação inadequada dada pelo entrevistado.

Uma outra forma de vislumbrar os resultados obtidos, observando seus desempenhos com relação aos critérios, se seguem nas Figuras 24 e 25:

Figura 24 - Tabela das ordenações obtidas pelos gestores

The image shows a screenshot of a software interface with two tables. The top table is titled "Tabela de ordenações" and contains 9 columns and 5 rows of data. The bottom table is unlabeled but contains 9 columns and 5 rows of data. Both tables use color coding: green for 'sup.' (superior) and blue for 'inf.' (inferior).

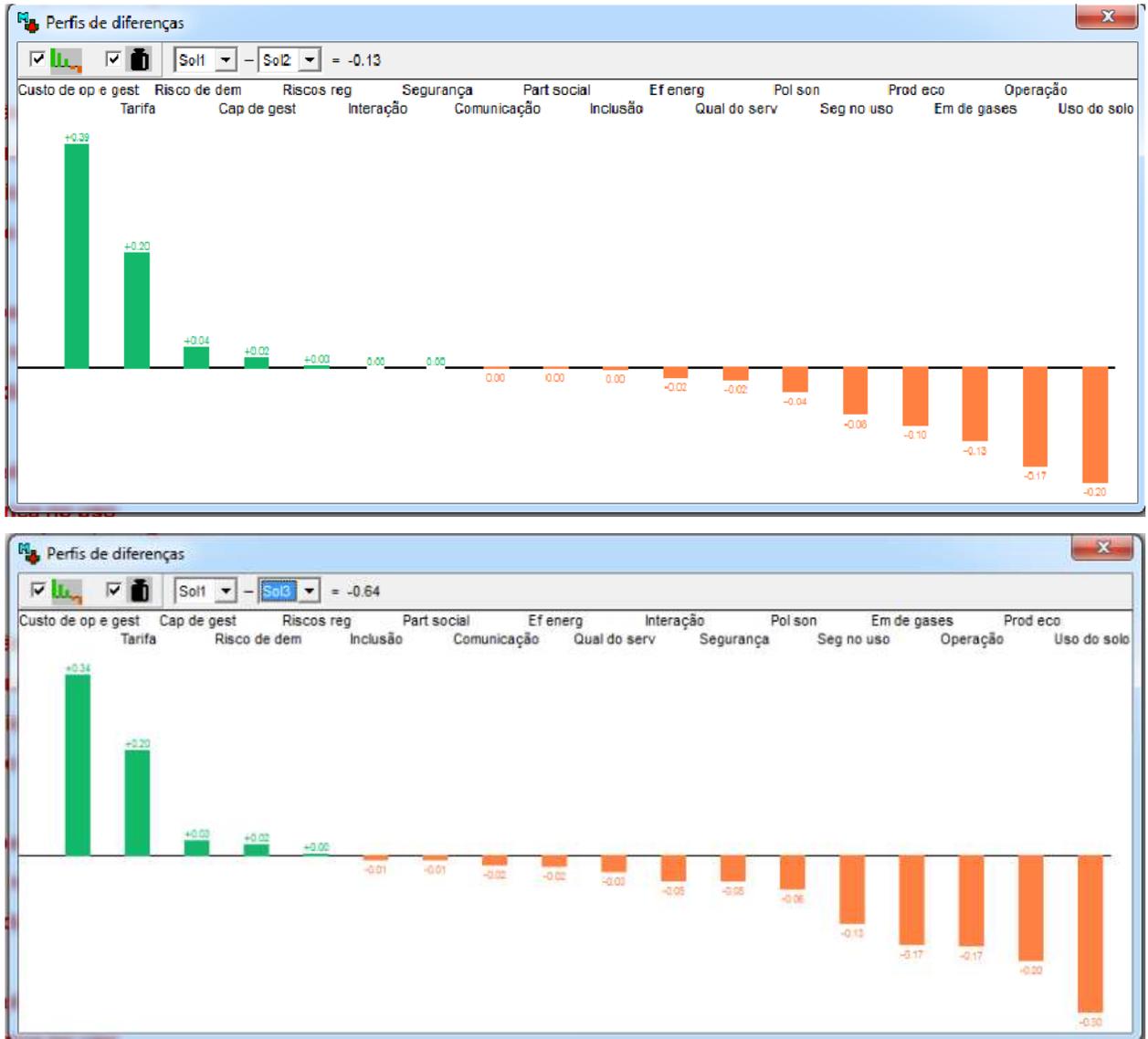
Prod eco	Risco de dem	Custo de op e gest	Tarifa	Interação	Segurança	Comunicação	Inclusão	Part social
sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.
Sol3	Sol1	Sol1	Sol1	Sol3	Sol3	Sol3	Sol3	Sol3
Sol2	Sol3	inf.	Sol2	Sol1	inf.	Sol2	Sol2	Sol2
Sol1	Sol2	Sol3	Sol3	Sol2	Sol2	Sol1	Sol1	Sol1
inf.	inf.	Sol2	inf.	inf.	Sol1	inf.	inf.	inf.

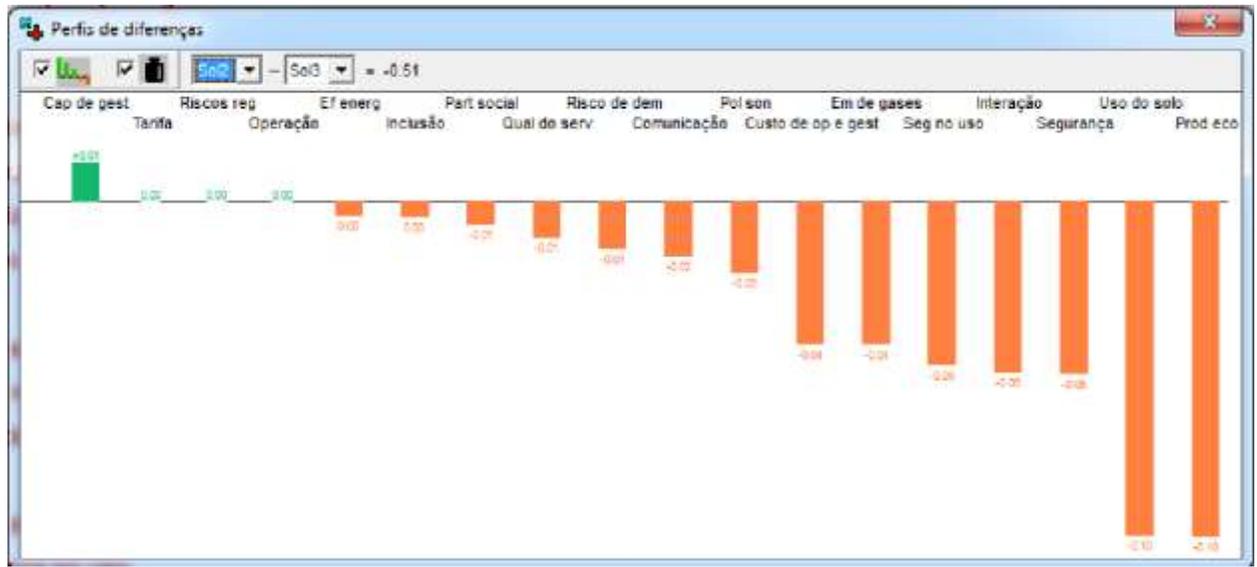
  

Riscos reg	Cap de gest	Qual do serv	Seg no uso	Operação	Em de gases	Ef energ	Uso do solo	Pol son
sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.
Sol1	Sol1	Sol3	Sol3	Sol3	Sol3	Sol3	Sol3	Sol3
Sol2	Sol2	Sol2	Sol2	Sol2	Sol2	Sol2	Sol2	Sol2
Sol3	Sol3	Sol1	inf.	Sol1	inf.	inf.	inf.	inf.
inf.	inf.	inf.	Sol1	inf.	Sol1	Sol1	Sol1	Sol1

Fonte: A autora (2020).

Figura 25 - Comparação entre os perfis das soluções obtidas pelos gestores





Fonte: A autora (2020).

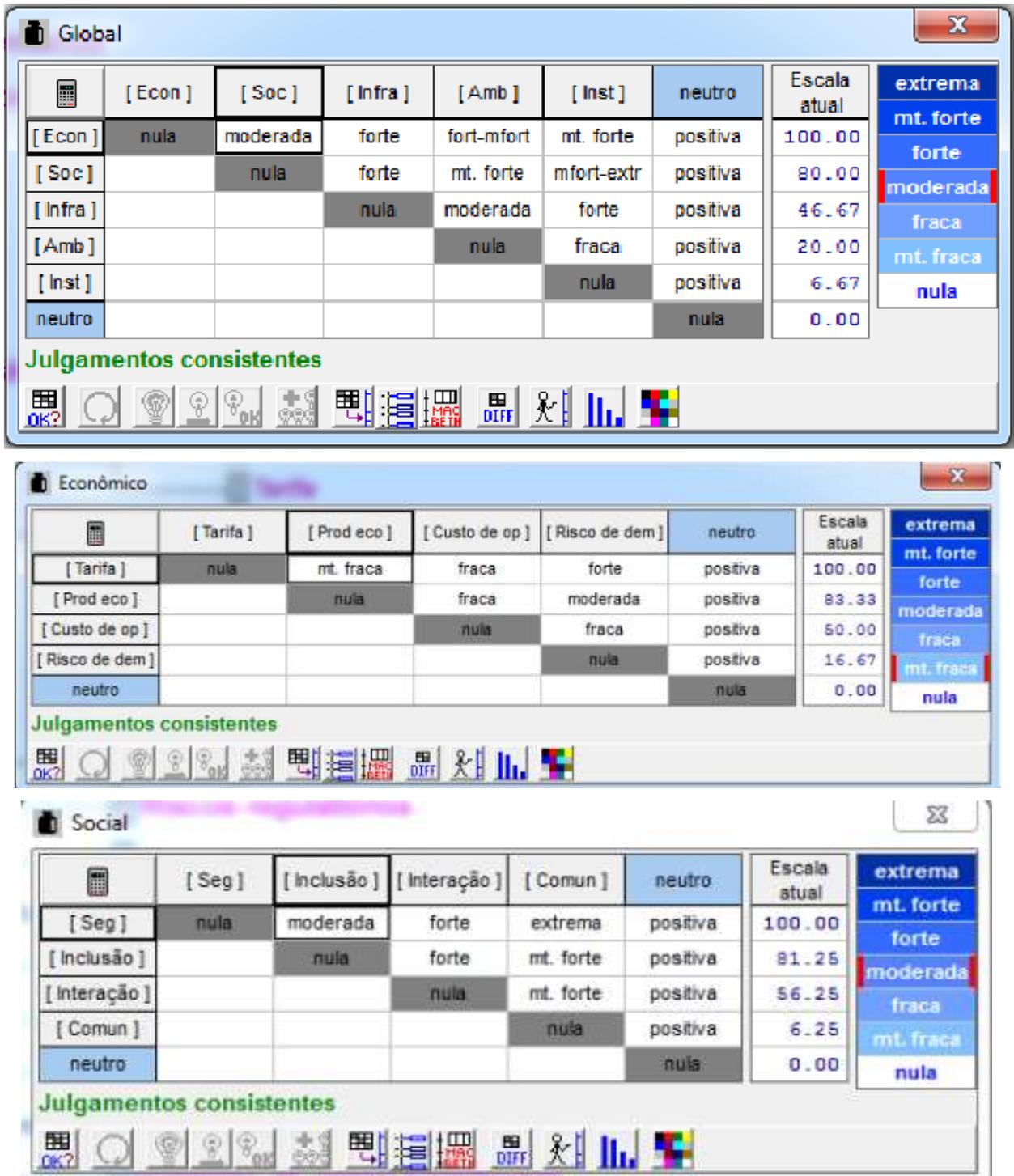
Assim, vê-se que o programa dispõe de diversas ferramentas, como as tabelas de ordenamento e traçado de perfis para analisar o desempenho de uma solução contra a outra (tanto nos critérios, quanto na avaliação global), observando as fraquezas e pontos positivos das soluções analisadas, como realizado de forma numérica anteriormente.

Contudo, a utilização de tal aparato irá requerer naturalmente a presença de um entrevistador treinado no programa para o momento de avaliação, o que pode dificultar seu uso em situação real, considerando compatibilização de horários, custos extras etc. Além disso, esse programa não trata de uma aplicação gratuita tal como o SuperDecisions (embora se possa usar sua versão de demonstração presente no site, esta não permite salvar resultados com mais de 5 critérios de avaliação, nem a criação de relatórios completos para a mesma situação, sendo indicada apenas para uso acadêmico), o que também cria custos adicionais na aplicação do método.

#### 6.2.7.2 Respostas dos pesquisadores

Fazendo a avaliação das notas dos pesquisadores agora, tem-se os resultados das Figuras 26, 27, 28 e 29:

Figura 26 - Avaliações qualitativas fornecidas para os julgamentos dos pesos pelos pesquisadores e seus valores calculados pelo programa M-MACBETH



**Institucional**

	[ Part soc ]	[ Cap de gest ]	[ Risc reg ]	neutro	Escala atual	
[ Part soc ]	nula	moderada	extrema	positiva	100.00	extrema
[ Cap de gest ]		nula	mt. forte	positiva	66.67	mt. forte
[ Risc reg ]			nula	positiva	11.11	forte
neutro				nula	0.00	moderada

**Julgamentos consistentes**

**Infraestrutural**

	[ Operação ]	[ Qualid do serv ]	[ Seg no uso ]	neutro	Escala atual	
[ Operação ]	nula	fraca	moderada	positiva	100	extrema
[ Qualid do serv ]		nula	fraca	positiva	60	mt. forte
[ Seg no uso ]			nula	positiva	20	forte
neutro				nula	0	moderada

**Julgamentos consistentes**

**Ambiental**

	[ Uso do sol ]	[ Ef energ ]	[ Em de gases ]	[ Pol son ]	neutro	Escala atual	
[ Uso do sol ]	nula	moderada	mt. forte	extrema	positiva	100	extrema
[ Ef energ ]		nula	fraca	mt. forte	positiva	70	mt. forte
[ Em de gases ]			nula	forte	positiva	50	forte
[ Pol son ]				nula	positiva	10	moderada
neutro					nula	0	fraca

**Julgamentos consistentes**

Fonte: A autora (2020).

Figura 27 - Avaliações qualitativas fornecidas para os julgamentos dos pesos pelos pesquisadores e seus valores calculados pelo programa M-MACBETH





**Interação**

	sup.	So3	So2	So1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	moderada	moderada	extrema	extrema	8.0	extrema mt. forte
So3		nula	nula	moderada	moderada	6.5	forte moderada
So2		nula	nula	frac-mod	moderada	6.5	moderada fraca
So1				nula	nula	5.0	fraca mt. fraca
inf.				nula	nula	5.0	mt. fraca nula

Julgamentos consistentes

**Comunicação**

	sup.	So3	So2	So1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	moderada	forte	extrema	extrema	8.00	extrema mt. forte
So3		nula	mt. fraca	moderada	moderada	6.69	forte moderada
So2			nula	fraca	fraca	6.00	moderada fraca
So1				nula	nula	5.00	fraca mt. fraca
inf.				nula	nula	5.00	mt. fraca nula

Julgamentos consistentes

**Segurança**

	sup.	So3	So2	So1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	mt. fraca	moderada	mt. forte	extrema	8.00	extrema mt. forte
So3		nula	mt. fraca	moderada	mt. forte	7.31	forte moderada
So2			nula	fraca	moderada	6.69	moderada fraca
So1				nula	mt. fraca	5.77	fraca mt. fraca
inf.				nula	nula	5.00	mt. fraca nula

Julgamentos consistentes

**Inclusão**

	sup.	So3	So2	So1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	mt. fraca	moderada	mt. forte	extrema	8.00	extrema mt. forte
So3		nula	mt. fraca	forte	mt. forte	7.31	forte moderada
So2			nula	fraca	moderada	6.54	moderada fraca
So1				nula	mt. fraca	5.46	fraca mt. fraca
inf.				nula	nula	5.00	mt. fraca nula

Julgamentos consistentes

**Emissão de gases e partículas**

	sup.	Sol3	Sol2	Sol1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	mt. fraca	moderada	mt. forte	extrema	8.00	extrema
Sol3		nula	mt. fraca	moderada	mt. forte	7.15	mt. forte
Sol2			nula	mt. fraca	moderada	6.31	forte
Sol1				nula	mt. fraca	5.85	moderada
inf.					nula	5.00	fraca
							mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

**Uso do solo**

	sup.	Sol3	Sol2	Sol1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	nula	fraca	mt. forte	extrema	8.00	extrema
Sol3		nula	fraca	mt. forte	extrema	8.00	mt. forte
Sol2			nula	moderada	forte	6.92	forte
Sol1				nula	mt. fraca	5.46	moderada
inf.					nula	5.00	fraca
							mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

**Eficiência energética**

	sup.	Sol3	Sol2	inf.	Sol1	Escala atual	
sup.	nula	moderada	mt. forte	extrema	extrema	8.00	extrema
Sol3		nula	mt. fraca	moderada	mt. forte	6.54	mt. forte
Sol2			nula	mt. fraca	forte	5.85	forte
inf.				nula	mt. fraca	5.00	moderada
Sol1					nula	4.08	fraca
							mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

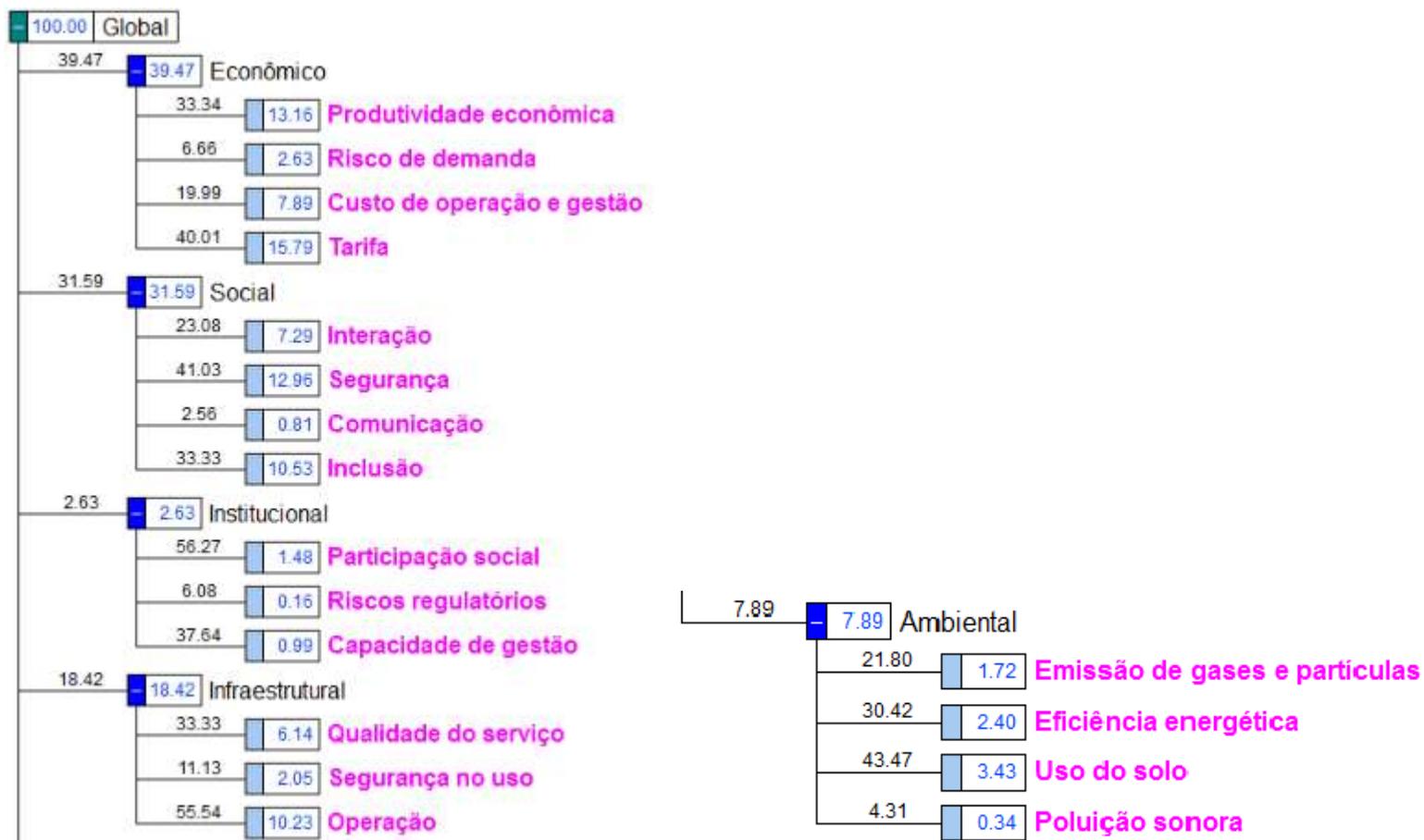
**Poluição sonora**

	sup.	Sol3	Sol2	inf.	Sol1	Escala atual	
sup.	nula	fraca	mt. forte	extrema	extrema	8.00	extrema
Sol3		nula	fraca	forte	forte	6.85	mt. forte
Sol2			nula	mt. fraca	mt. fraca	5.62	forte
inf.				nula	nula	5.00	moderada
Sol1					nula	5.00	fraca
							mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

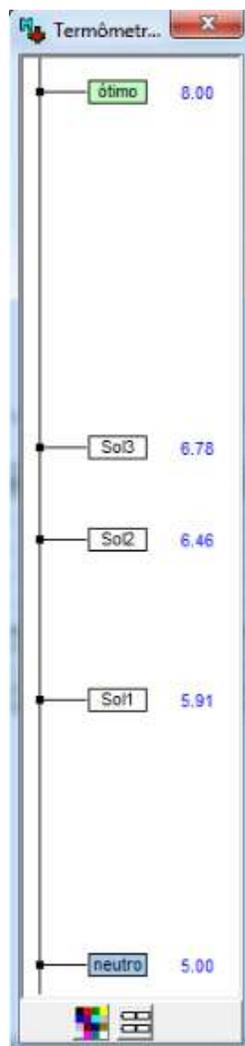
Fonte: A autora (2020).

Figura 28 - Árvore de decisão com valores dos pesos obtidos no MACBETH para os pesquisadores



Fonte: A autora (2020).

Figura 29 - Termômetro dos resultados dos pesquisadores



Fonte: A autora (2020).

Mais uma vez, tem-se uma variação sensivelmente maior nos pesos obtidos, em especial nas extremidades da escala, assemelhando os resultados obtidos aos do SMARTER, sem alterar também os resultados obtidos por tal método.

Observando agora os resultados das avaliações das soluções com base nos critérios, tem-se as Figuras 30 e 31:

Figura 30 - Tabela das ordenações obtidas pelos pesquisadores

The figure displays two screenshots of a software interface showing ranking tables. The top screenshot is titled "Tabela de ordenações" and the bottom one is a separate window with a close button.

**Tabela de ordenações (Top Screenshot):**

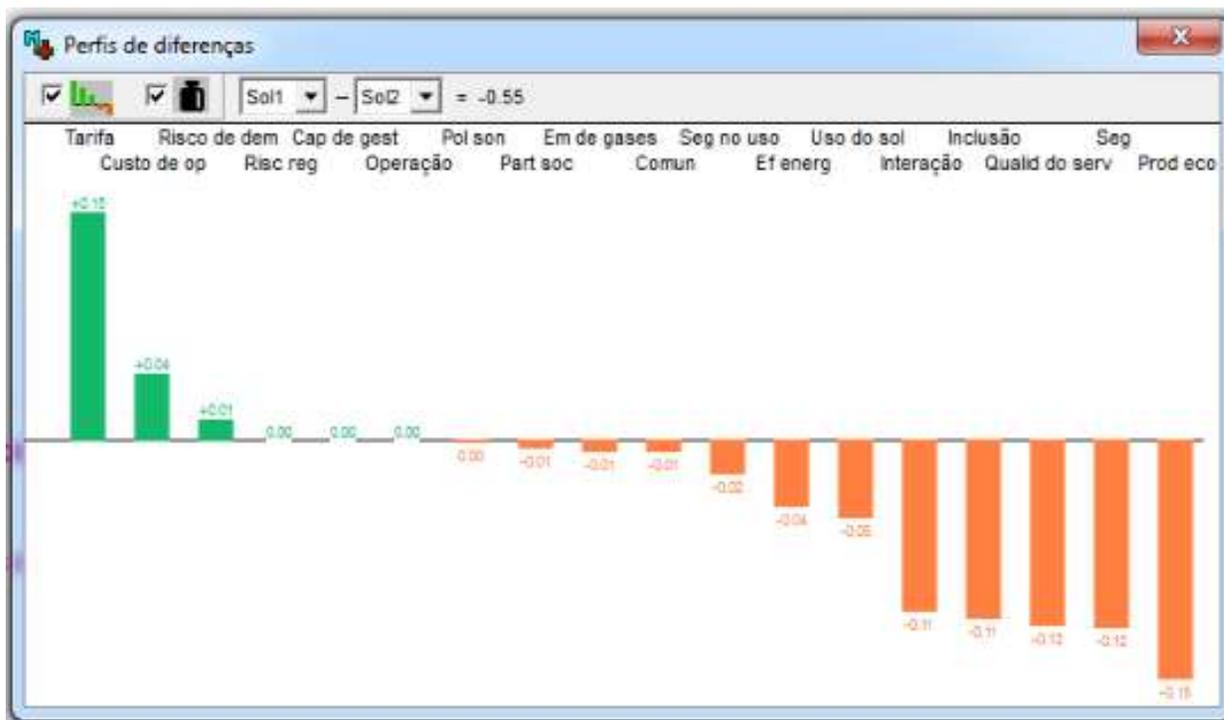
Prod eco	Risco de dem	Custo de op	Tarifa	Interação	Seg	Comun	Inclusão	Part soc
sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.
Sol3	Sol1	Sol1	Sol1	Sol3	Sol3	Sol3	Sol3	Sol3
Sol2	Sol2	Sol2	Sol3	Sol2	Sol2	Sol2	Sol2	Sol2
Sol1	Sol3	Sol3	Sol2	Sol1	Sol1	Sol1	Sol1	Sol1
inf.	inf.	inf.	inf.	inf.	inf.	inf.	inf.	inf.

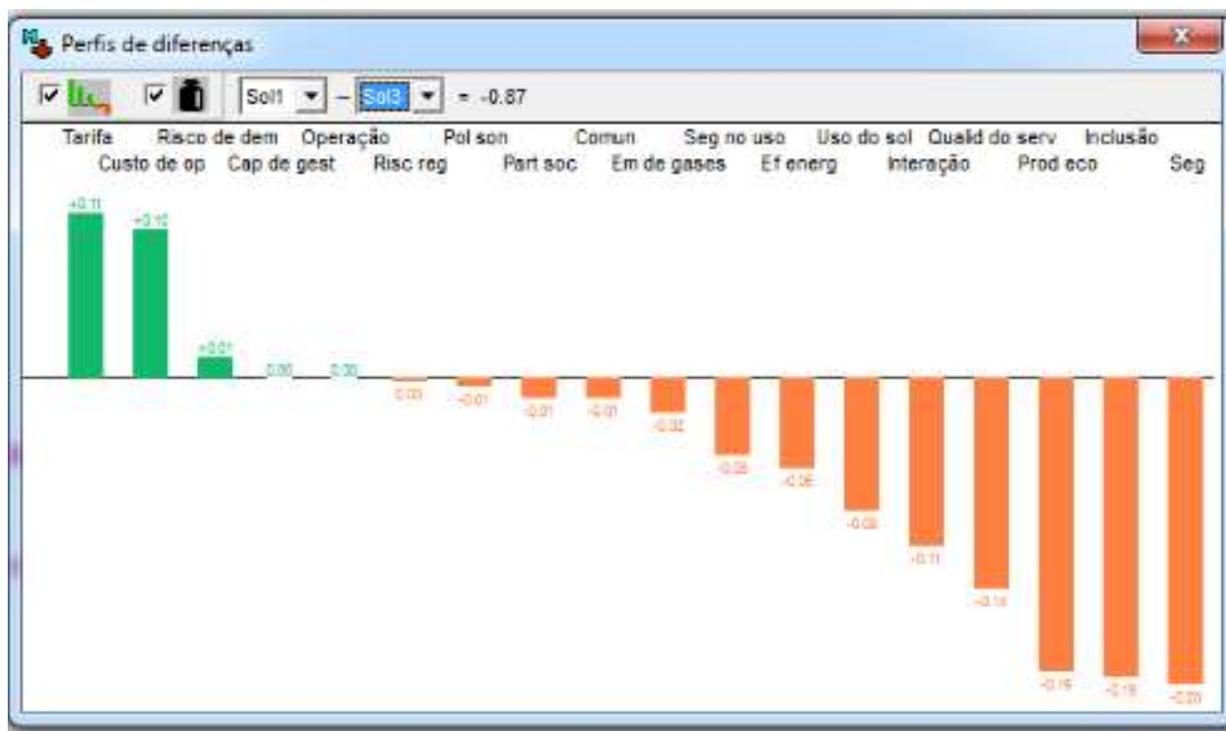
**Tabela de ordenações (Bottom Screenshot):**

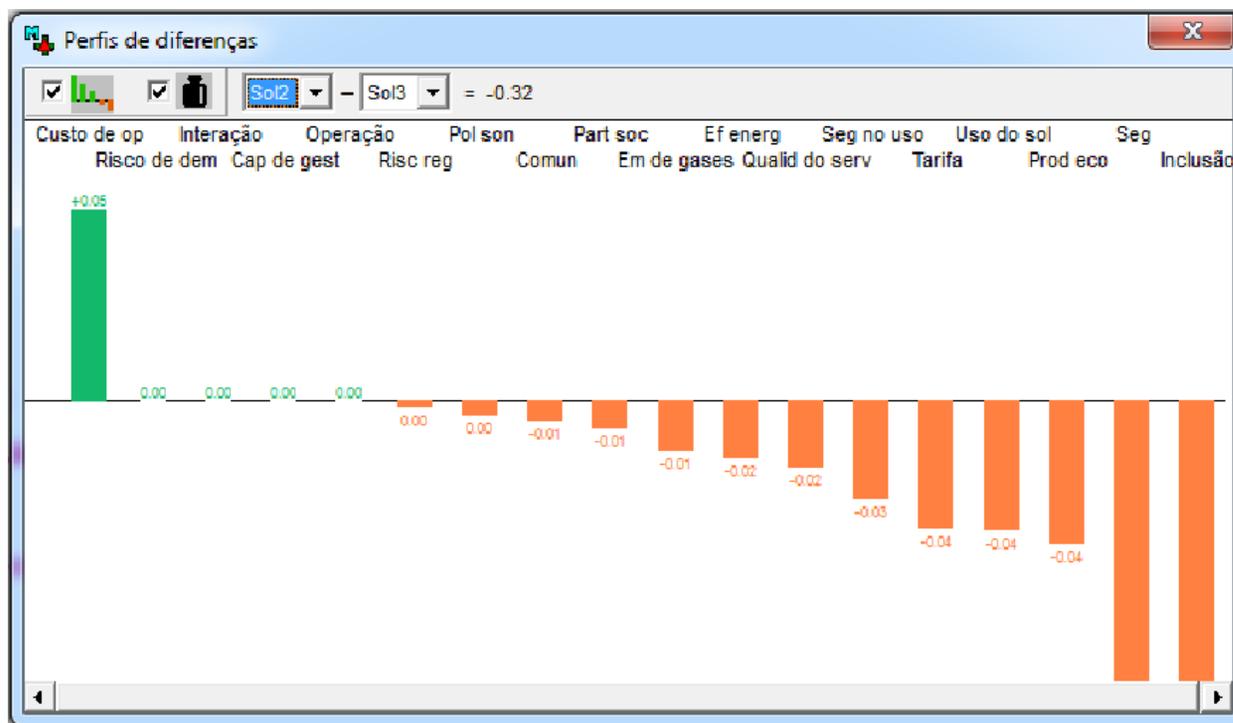
Risc reg	Cap de gest	Qualid do serv	Seg no uso	Operação	Em de gases	Ef energ	Uso do sol	Poi son
sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.	sup.
Sol3	Sol1	Sol3	Sol3	Sol3	Sol3	Sol3	Sol3	Sol3
Sol2	Sol2	Sol2	Sol2	Sol1	Sol2	Sol2	Sol2	Sol2
inf.	Sol3	Sol1	Sol1	Sol2	Sol1	inf.	Sol1	inf.
Sol1	inf.	inf.	inf.	inf.	inf.	Sol1	inf.	Sol1

Fonte: A autora (2020).

Figura 31 - Comparação entre os perfis das soluções pelos pesquisadores







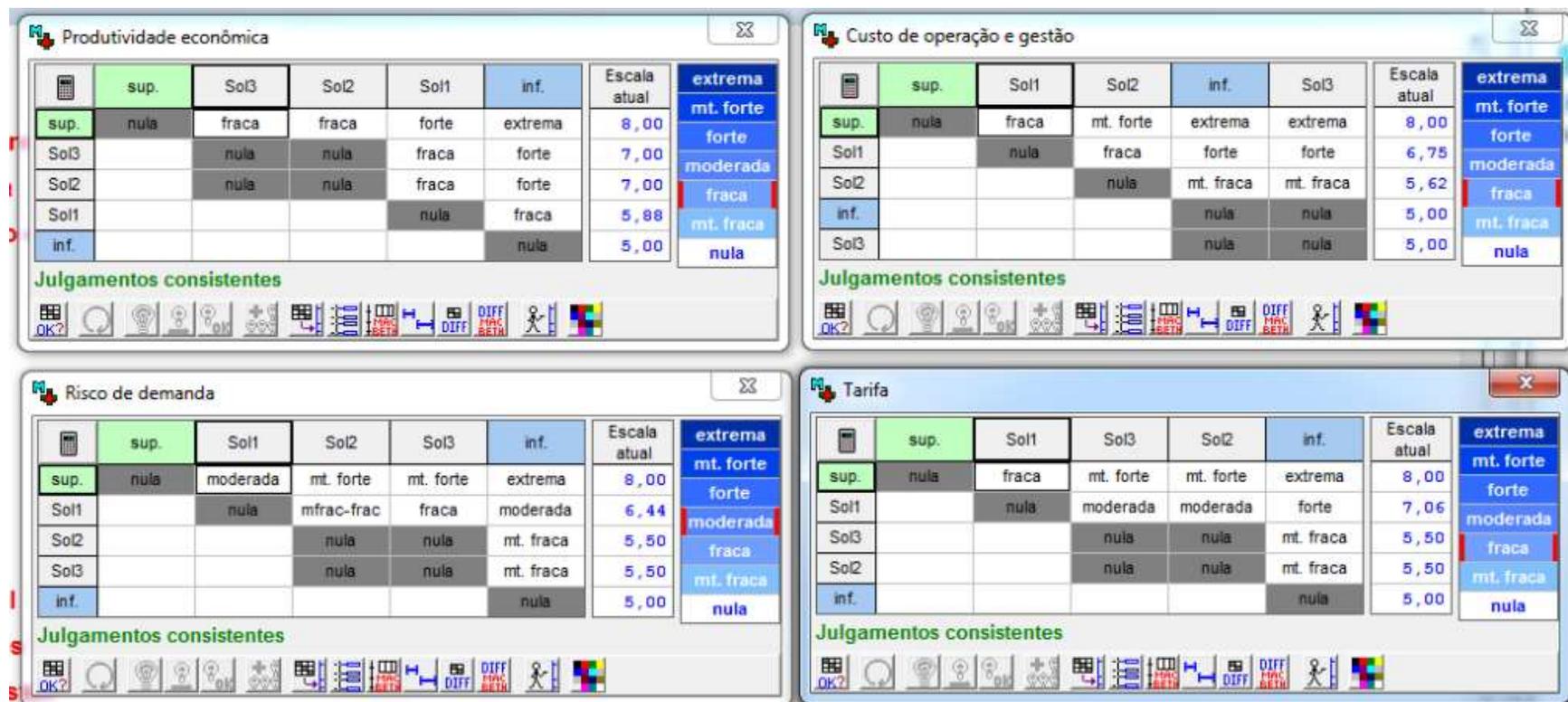
Fonte: A autora (2020).

Aqui, pela análise dos perfis obtidos das soluções, é possível mais uma vez ver a vantagem da Solução 1 nos aspectos econômicos sobre as demais, enquanto a Solução 3 se destaca com facilidade em relação aos demais critérios, em especial sociais e ambientais.

### 6.2.7.3 Respostas do conjunto das respostas

Fazendo a avaliação das notas de todas as respostas em conjunto, temos os resultados das Figura 32, 33 e 34:

Figura 32 - Avaliação de notas para os critérios secundários pelo conjunto das respostas





**Interação**

	sup.	So3	So2	So1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	moderada	forte	mt. forte	extrema	8,00	extrema
So3		nula	mt. fraca	fraca	moderada	6,44	mt. forte
So2			nula	mt. fraca	fraca	6,06	forte
So1				nula	mt. fraca	5,50	moderada
inf.					nula	5,00	fraca

Julgamentos consistentes

**Segurança**

	sup.	So3	So2	So1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	fraca	forte	mt. forte	extrema	8,00	extrema
So3		nula	mt. fraca	moderada	forte	6,93	mt. forte
So2			nula	mt. fraca	fraca	6,18	forte
So1				nula	mt. fraca	5,61	moderada
inf.					nula	5,00	fraca

Julgamentos consistentes

**28.12 | Social**

**Inclusão**

	sup.	So3	So2	So1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	mt. fraca	moderada	mt. forte	extrema	8,00	extrema
So3		nula	fraca	moderada	mt. forte	7,25	mt. forte
So2			nula	mt. fraca	moderada	6,37	forte
So1				nula	mt. fraca	5,62	moderada
inf.					nula	5,00	fraca

Julgamentos consistentes

**Comunicação**

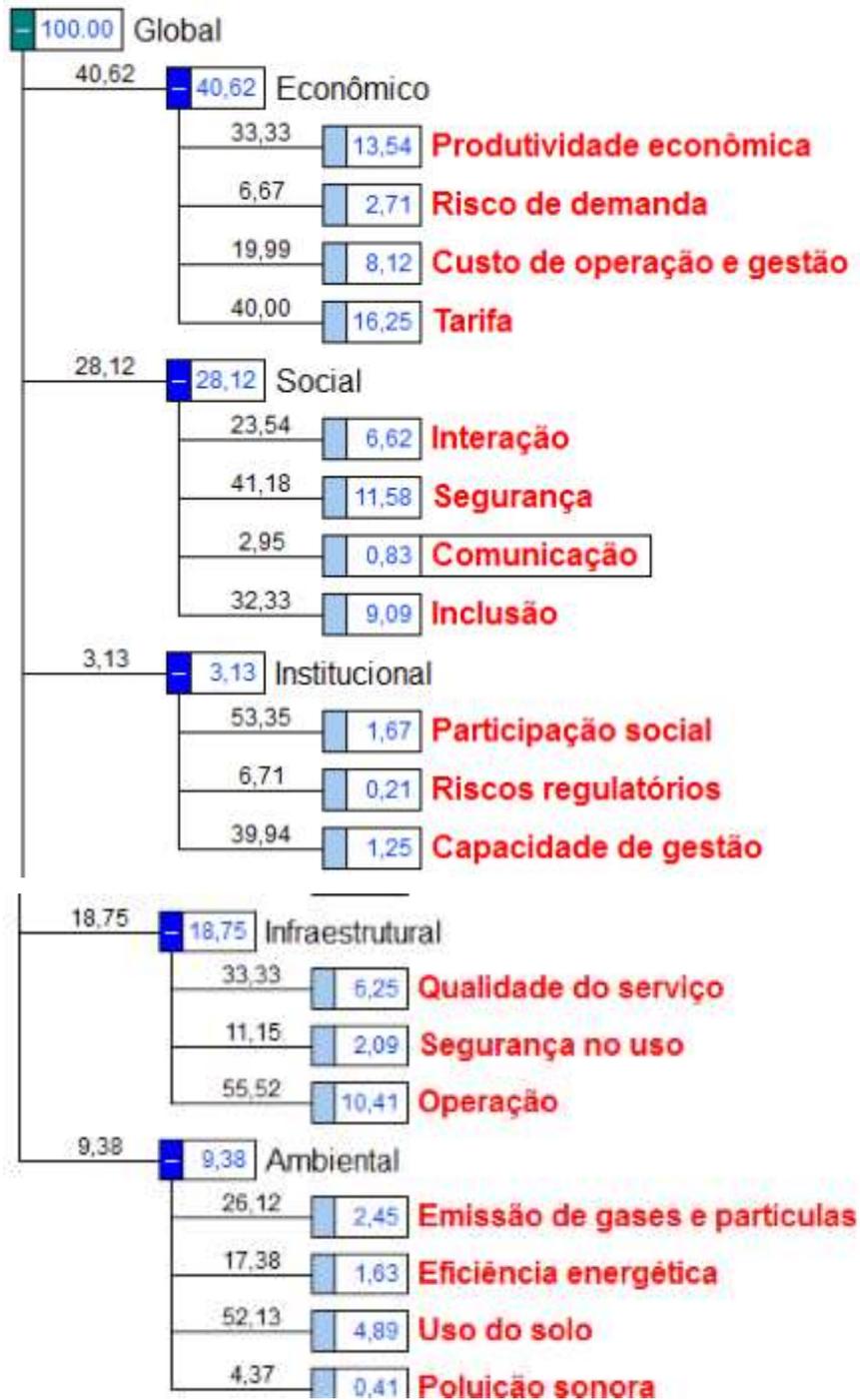
	sup.	So3	So2	So1	inf.	Escala atual	
sup.	nula	moderada	forte	extrema	extrema	8,00	extrema
So3		nula	mt. fraca	fraca	moderada	6,50	mt. forte
So2			nula	mt. fraca	fraca	5,87	forte
So1				nula	mt. fraca	5,25	moderada
inf.					nula	5,00	fraca

Julgamentos consistentes



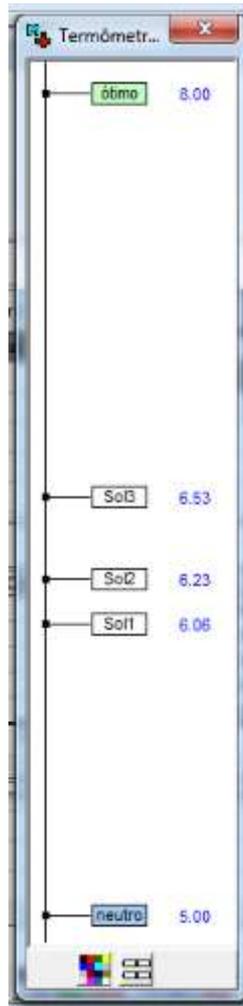
Fonte: A autora (2020).

Figura 33 - Árvore de decisão com valores dos pesos obtidos no MACBETH para o conjunto das respostas



Fonte: A autora (2020).

Figura 34 - Termômetro dos resultados do conjunto das respostas

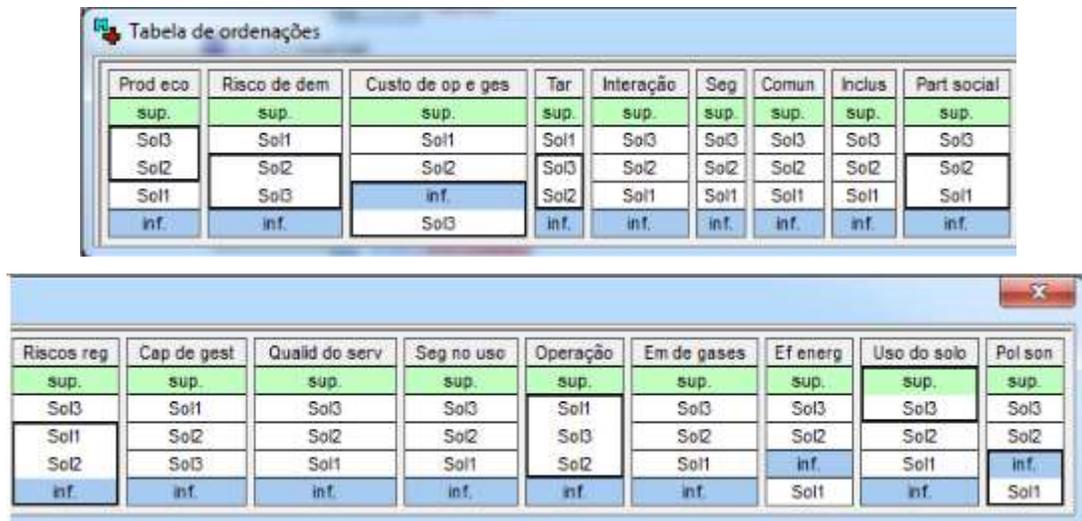


Fonte: A autora (2020).

Outra vez, observa-se uma variação sensivelmente maior nos pesos obtidos, em especial nas extremidades da escala, assemelhando mais uma vez aos resultados obtidos aos do SMARTER, sem alterar também os resultados obtidos por tal método.

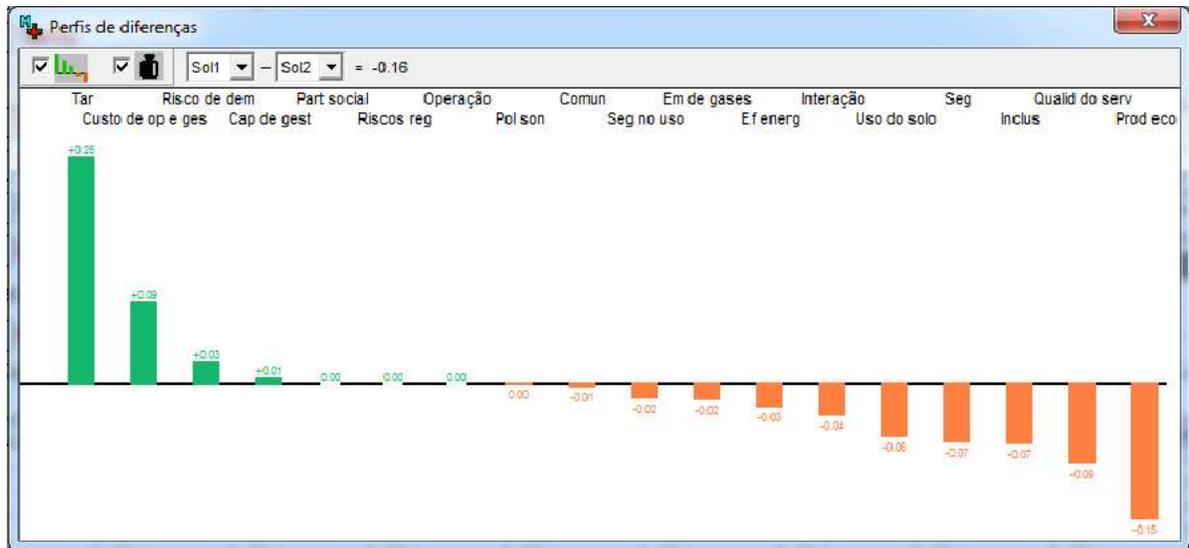
Já para as avaliações com base nos critérios, tem-se as Figuras 35 e 36:

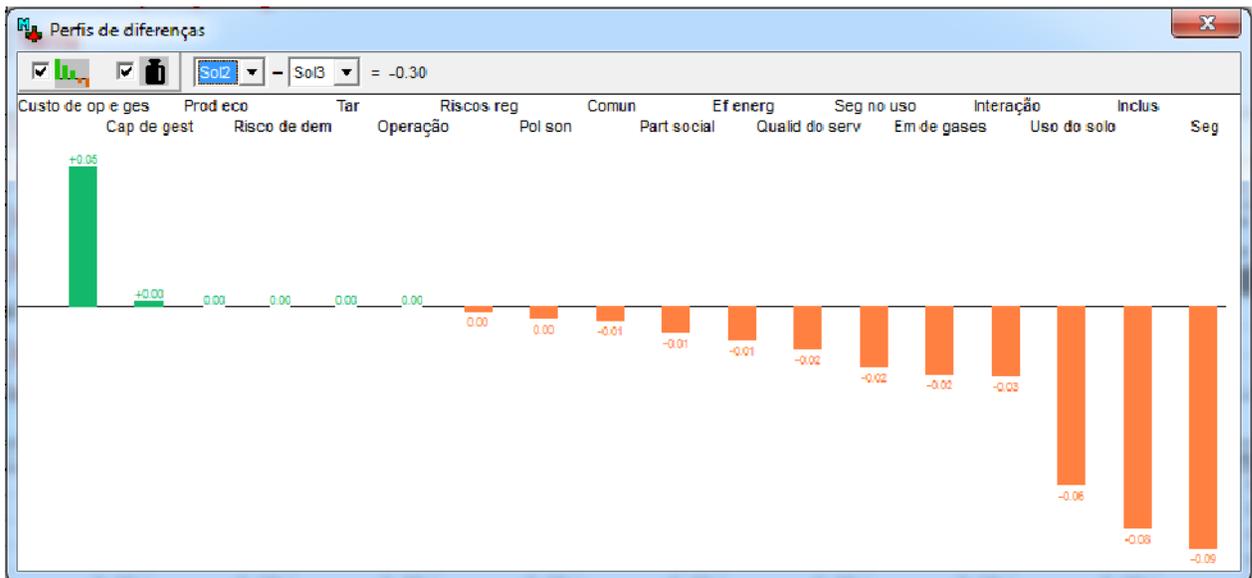
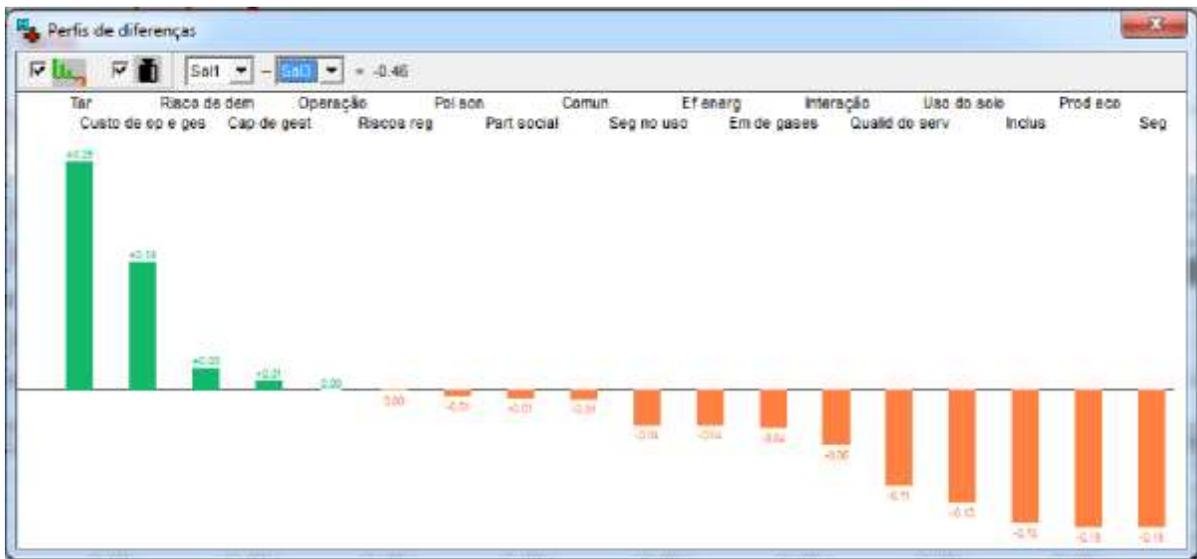
Figura 35 - Tabela das ordenações obtidas pelo conjunto das respostas



Fonte: A autora (2020).

Figura 36 - Comparação entre os perfis das soluções pelo conjunto das respostas





Fonte: A autora (2020).

Observa-se graficamente mais uma vez a vantagem da Solução 1 nos aspectos econômicos sobre às demais, enquanto a Solução 3 se destaca com facilidade em relação aos demais critérios, em especial sociais e ambientais.

## 6.2.8 Análise comparativa entre os resultados dos diversos métodos aplicados

Sumariamente, tem-se abaixo tabelas com os resultados de todas as metodologias, para facilitar uma avaliação comparativa (Tabelas 77, 78 e 79).

Tabela 77 - Resumo dos resultados obtidos por metodologia para gestores\*

<b>Metodologia</b>	<b>Valor - Solução 1</b>	<b>Valor - Solução 2</b>	<b>Valor - Solução 3</b>
<b>AHP</b>	4,604783 (0,301073)	5,189016 (0,339271)	5,500796 (0,359656)
<b>GAM</b>	0,311367	0,325965	0,362668
<b>SMARTER (av 1)</b>	5,229948 (0,305587)	5,638102 (0,329436)	6,246366 (0,364977)
<b>SMARTER (av 2)</b>	5,338849 (0,312566)	5,58543 (0,327002)	6,156436 (0,360432)
<b>TOPSIS (av 1)**</b>	0,258618	0,553415	0,754892
<b>TOPSIS (av 2)**</b>	0,331973	0,510862	0,685212
<b>PROMETHEE II**</b>	-0,3228	-0,23948	0,562287
<b>ELECTRE II**</b>	2°	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
<b>MACBETH</b>	5,39 (0,317807)	5,53 (0,326061)	6,04 (0,356132)

Fonte: A autora (2020).

\*em caso de já não o ser, valores normalizados abaixo e entre parênteses

\*\*não se aplicam normalização por se tratarem de distâncias, fluxos ou *rankings*

Tabela 78 - Resumo dos resultados obtidos por metodologia para pesquisadores\*

<b>Metodologia</b>	<b>Valor - Solução 1</b>	<b>Valor - Solução 2</b>	<b>Valor - Solução 3</b>
<b>AHP</b>	5,266897 (0,308105)	5,834859 (0,34133)	5,992725 (0,350565)
<b>GAM</b>	0,306464	0,335852	0,357683
<b>SMARTER (av 1)</b>	6,040621 (0,315454)	6,375949 (0,332965)	6,732418 (0,351581)
<b>SMARTER (av 2)</b>	5,905287 (0,307203)	6,445756 (0,335319)	6,871711 (0,357478)
<b>TOPSIS (av 1)**</b>	0,201893	0,572179694	0,812665
<b>TOPSIS (av 2)**</b>	0,228991	0,594311773	0,79015
<b>PROMETHEE II**</b>	-0,38738	-0,18225	0,569627
<b>ELECTRE II**</b>	3°	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
<b>MACBETH</b>	5,91 (0,308616)	6,46 (0,337337)	6,78 (0,354047)

Fonte: A autora (2020).

\*em caso de já não o ser, valores normalizados abaixo e entre parênteses

\*\*não se aplicam normalização por se tratarem de distâncias, fluxos ou *rankings*

Tabela 79 - Resumo dos resultados obtidos por metodologia para o conjunto das respostas\*

<b>Metodologia</b>	<b>Valor - Solução 1</b>	<b>Valor - Solução 2</b>	<b>Valor - Solução 3</b>
<b>AHP</b>	5,4661848 (0,325985)	5,577659 (0,332897)	5,715394 (0,341118)
<b>GAM</b>	0,318993	0,330406	0,350601
<b>SMARTER (av 1)</b>	6,159472 (0,328207)	6,14636 (0,327509)	6,461191 (0,344284)
<b>SMARTER (av 2)</b>	6,189791 (0,32894)	6,167525 (0,327757)	6,460051 (0,343303)
<b>TOPSIS (av 1)**</b>	0,316868	0,492589561	0,688272
<b>TOPSIS (av 2)**</b>	0,36304	0,483007338	0,642626
<b>PROMETHEE II**</b>	-0,29324	-0,18225	0,47549
<b>ELECTRE II**</b>	2º	2ª	1ª
<b>MACBETH</b>	6,06 (0,321998)	6,23 (0,331031)	6,53 (0,346971)

Fonte: A autora (2020).

\*em caso de já não o ser, valores normalizados abaixo e entre parênteses

\*\*não se aplicam normalização por se tratarem de distâncias, fluxos ou *rankings*

Dessa forma, observa-se que os resultados obtidos em cada método aproximam-se bastante uns dos outros, principalmente quando analisados os valores normalizados, tendo-se apenas variações quanto à amplitude das diferenças entre as avaliações das soluções. Tal variação de

amplitude, embora possa permitir um julgamento aparentemente mais claro quando essas variações se apresentam altas, podem falsear pela proximidade de soluções que podem trazer benefícios aproximados e que, portanto, poderiam ser escolhidas igualmente como soluções vantajosas.

Assim, é possível observar que alguns métodos permitem uma avaliação mais completa. Essas avaliações levam em conta não apenas os valores finais, mas permitem uma avaliação qualitativa preliminar de como as alternativas se saem com respeito aos critérios adotados. Exemplos de tais métodos são o PROMETHEE e o ELECTRE. Esses podem trazer novos elementos que ajudam não só na interpretação dos valores finais, mas que podem fomentar discussões quanto aos resultados obtidos em caso de proximidade ou mesmo empate entre soluções.

Contudo, também se reconhece a complexidade envolvida em suas avaliações, ainda mais caso se procure fazer esse estudo detalhado de resultados. Tal situação exhibe as vantagens claras de uma aplicação mais simples e de direta interpretação, como AHP, GAM e MACBETH. Ainda, a possibilidade do uso de ferramentas computacionais que trazem elementos visuais ou qualitativos durante a própria avaliação pelo entrevistado, podem permitir análises mais rápidas e com resultados claros, embora requeiram recursos e pessoal apto para aplicá-las.

## 7 CONCLUSÕES

A partir do crescimento das cidades e do acúmulo de população nelas, ocorre a necessidade de gerenciamento do espaço pelo poder público. Dentre os aspectos cruciais a ser gerenciados, tem-se a questão da mobilidade urbana.

Contudo, como também observado, a disposição das pessoas no espaço apresenta particularidades locais decorrentes de questões econômicas, sociais e topográficas. A exemplo do Recife destaca-se que cerca de 30% da população, em geral de renda mais baixa, habita em zonas de morro. E ainda, tal ocupação, sendo realizada de forma desordenada, criou uma situação que provoca dificuldades relativas a intervenções passíveis de serem realizadas na região.

Por outro lado, qualquer tomada de decisão por parte do poder público nessa problemática requer uma atenção especial, já que deve ser feita levando em consideração as obrigações legais previstas, além de que qualquer ação afetará a vida de milhares de pessoas, de forma positiva ou negativa.

Assim, tomando em consideração tais responsabilidades aliadas às condições e características locais, foca-se a questão-central desta dissertação: Como apoiar os tomadores de decisão para escolherem dentre alternativas possíveis, a melhor intervenção em termos de mobilidade urbana em morros, levando em consideração conjuntamente fatores de múltiplas naturezas?

Nesse contexto, primeiramente fez-se uma análise das possíveis soluções que pudessem atender à população da forma mais abrangente possível, tomando como base soluções de mobilidade já aplicadas em regiões de relevo acidentado em várias cidades.

Levando isso em consideração, tomou-se por base uma análise sobre as diferentes técnicas de apoio à tomada de decisão disponíveis na literatura, de forma a avaliar seus pontos fracos e fortes e sua adequabilidade para aplicação ao problema em questão. Em consequência dessa revisão, percebe-se também que o uso de métodos de avaliação de projetos que consideram aspectos puramente econômicos não se adéquam efetivamente à problemática, já que várias circunstâncias que devem ser avaliadas não podem coerentemente serem expressas sob forma monetária, além de que a obtenção de certos valores necessários aos cálculos não é tão simples, e nem sempre os valores obtidos são confiáveis. Assim, apoia-se esta dissertação no estudo e desenvolvimento de análises multicritério que possam ser aplicadas de forma coerente na prática

das tomadas de decisão em intervenções públicas em geral e no caso presente, de mobilidade em morros.

Para a obtenção de critérios de avaliação adequados para a questão de escolha de intervenções sobre mobilidade, em especial considerando a mobilidade sustentável, normalmente, tais critérios são obtidos por meio da análise de bibliografia pertinente consultada. No entanto, devido à particularidade do problema avaliado (mobilidade em morros habitados por população de baixa renda) e ainda buscando-se obter critérios que fossem mais adequados à realidade local estudada, fez-se uma pesquisa por entrevistas que buscassem, por meio de análises de discurso, obter uma melhor apreensão de critérios adequados à avaliação da questão que pudessem complementar positivamente os critérios usados na bibliografia revisada.

Assim, por meio da aplicação de entrevistas e uso de software de mineração de textos, realizou-se análise dos discursos obtidos de três grupos avaliados como direta ou indiretamente envolvidos na questão. Tais grupos foram escolhidos com base na sua vivência com o problema estudado: os gestores como aqueles que tomam as decisões sobre as intervenções a serem realizadas; os pesquisadores, em geral, assumem a parte técnica de análise do problema e auxiliam os gestores na escolha e implantação de soluções; e por fim a própria população, já que além de poder apontar internamente o problema em questão, permite confirmar a aceitação e bom uso da solução, evitando a escolha de intervenções que não agradem e não ataquem o cerne do problema, o que causaria apenas frustração e/ou desperdício dos recursos empregados.

Deste modo, chegou-se aos critérios que foram adotados nas avaliações, destacando pontos como segurança, qualidade das infraestruturas (principalmente em aspectos como manutenção) e participação social (este último recebendo forte destaque pela população abordada, o que demonstra a deficiência presente atualmente em incluir a população nas tomadas de decisão locais). Tais critérios ainda confirmam sua representatividade quando ao terem avaliados os seus pesos, demonstrando sua relevância nas entrevistas realizadas posteriormente.

Partindo então para a escolha dos métodos de análise a serem aplicados, alguns métodos apresentavam fortes dificuldades para sua aplicação, requerendo dados adicionais, recursos computacionais indisponíveis, ou uso de reuniões ou encontros sucessivos que inviabilizavam sua aplicação nesta dissertação. Outros se apresentavam sob forma excessivamente simplória, requerendo o uso de métodos adicionais para sua aplicação.

Para tal estudo foram consultadas diversas fontes de literatura, indo desde livros como Almeida (2011), Gomes e Gomes (2012), Woiler e Mathias (2018), até diversos artigos e trabalhos acadêmicos como Saaty (1996), Guru e Mahalik (2019), Hill (1973), Wong (2001), Ishizaka e Nemery (2013), Figueira, Mousseau e Roy (2005), Figueira *et al.* (2012), Rashmitiwari *et al.* (2010), Chaves *et al.* (2010), Vanderlei (2018), Meira (2013), Sihombing *et al.* (2019), Bana e Costa e Vansnick (1997), Bana e Costa *et al.* (1999), Marques-Perez *et al.* (2020), Makan e Fadili (2020), Hwang e Yoon (1981), Li *et al.* (2011), Duan *et al.* (2018), Shemshadi *et al.* (2011), Hussain *et al.* (2020), Shih *et al.* (2007). Tais trabalhos contemplam desde a base para aplicação dos métodos, passando por observações quanto as suas dificuldades de implementação, cuidados, ressalvas e possíveis limitações. A análise de tais trabalhos foi imprescindível para permitir a posterior análise de aplicabilidade dos métodos e sua escolha para emprego nas etapas seguintes.

O método AHP, já com exemplos de aplicação em Meira (2013) e Ignaccolo *et al.* (2017), se mostrou passível de aplicação considerando um método claro e estruturado, como apresentado em Almeida (2011), mesmo se fazendo ressalvas quanto a seus possíveis problemas de interpretação de proporções ou vieses de preenchimento. Da mesma forma o método GAM, com uso feito por Wong (2002), destacando a sua simplicidade de compreensão. Também nessa situação têm-se os métodos TOPSIS e SMARTER, que permitem uma análise simplificada, atingindo, no entanto, os objetivos de análise multicriterial e escolha de solução de forma adequada.

Os métodos da família ELECTRE e PROMETHEE, mais especificamente o ELECTRE II e o PROMETHEE II, também se mostraram passíveis de aplicação, com aplicações em Vanderlei (2018) e Glavić *et al.* (2019) respectivamente. Destacam-se suas análises aprofundadas e possibilidade de uso de funções mais adaptadas aos casos de estudo e possível uso de veto, embora tais elementos associados à própria complexidade de cálculos dos métodos possam representar um empecilho no seu uso.

Alguns métodos tiveram de ser descartados, devido à excessiva simplicidade, o que requereria o uso de mais de um método em uma aplicação real, o que inviabiliza seu uso, além de não ser indicado para problemas mais complexos que envolvem critérios mais elaborados de escolha, como *Even Swaps*, *Lexográfico*, *Borda*, *Condorcet*, *TATIC*, *Modelo aditivo simples* e *Produto Ponderado Simples*. Outros requerem a realização de grandes reuniões (possivelmente em mais de uma rodada), o que também dificultam os seus usos, como *Delphi*, *Brainstorming*, *Matriz de Prioridade* e *Espinha de Peixe*.

Outros requerem obtenção de dados de difícil aquisição e análise, como Análise Histórica, Análise de Impacto Cruzado, Pesquisa de Mercado, Portfólio, Cenários e Diagrama da Árvore. Outros necessitam do apoio de ferramentas computacionais e cálculos avançados para se chegar às soluções, como Teoria de Utilidade, Métodos interativos e MACBETH (felizmente, esse último foi possível acessar ferramenta disponível, o que garantiu sua exequibilidade).

Assim, foram selecionados e aplicados sete métodos: AHP, GAM, SMARTER, TOPSIS, PROMETHEE II, ELECTRE II e MACBETH.

Então, por meio da aplicação de questionário único que buscou avaliar os critérios de forma a ser útil aos métodos considerados, foram obtidas as respostas que permitem abordar a questão proposta. Destaca-se que como forma de soluções para serem avaliadas, foram consideradas três alternativas: uma solução mais tradicionalmente adotada localmente; outra complementada com alguns avanços em tecnologias que poderiam melhorar as condições de mobilidade, embora requeira maiores investimentos e capacidade de gestão; e por fim uma solução mais completa, na qual intervenções mais tradicionais são associadas ao uso intensivo de tecnologia de mobilidade e com mais demanda de recursos financeiros e institucionais. Nesse ponto, é interessante destacar a dificuldade da aplicação de tais entrevistas. As entrevistas para a obtenção dos critérios de análise foram realizadas com relativa facilidade, inclusive com pessoas de comunidade, principalmente por meio de entrevistas pessoais por conta da simplicidade de suas questões e obtenção de respostas abertas, que poderiam até mesmo serem gravadas. No entanto, as entrevistas para estimativa dos pesos dos critérios e para análise das alternativas, por serem mais longas e complexas foram aplicadas apenas junto aos grupos de gestores e especialistas.

Ainda fazendo comentários relativos aos critérios, pode-se destacar a questão da quantidade de critérios adotados, que pode, eventualmente, a depender também do método avaliado, causar desbalanceamento de pesos dos critérios no geral, reduzindo o peso de algum pela presença de peso em outros. Tal questão merece destaque especial quando se considera que a própria variação de pesos apresentados permitiu que, embora o critério econômico recebesse maior peso, soluções que recebiam melhores avaliações em outros critérios apresentaram sobreposição com respeito às más avaliações em critérios econômicos. No entanto, isso frisa mais uma vez a complexidade do problema tratado, de forma que seria uma subestimação das propriedades de uma solução avaliá-la somente economicamente. Tal aspecto poderia, no entanto, receber maior destaque com o uso

de vetos ou condições limitantes de análise, que vão além do escopo do que foi abordado nesta pesquisa.

Essa situação também leva à reflexão sobre a aplicabilidade de metodologias multicritério para situações reais por parte dos gestores. Embora permitam a abrangência de vários critérios, que irão justificar as soluções obtidas de forma clara e observando todos os seus aspectos, sua aplicação irá requerer o comprometimento das pessoas envolvidas, de forma a trazer os resultados esperados. Aplicações por meio da realização de reuniões podem ser uma saída, mas necessitarão de tempo na agenda dos envolvidos, o que pode acrescentar um complicador. Aplicações por vias remotas ou online irão requerer comprometimento daqueles requisitados, o que pode ser obtido de forma mais incisiva pelo poder público. No caso ainda de adesão da população, se faz fundamental a realização de capacitações e convocar efetivamente líderes das comunidades, de forma a que essa não participe apenas de forma passiva, como ocorre comumente nas audiências públicas, mas também que essa possa dar sua contribuição para efetivamente garantir influência na resolução da questão.

Partindo então para análise dos métodos usados e suas respostas, é interessante observar a diferença de opinião dos diferentes grupos envolvidos, a começar pela escolha dos pesos dos critérios avaliados. Ambos atribuíram forte relevância à questão econômica, talvez por levarem em consideração o momento de crise financeira no país e as condições difíceis para investimentos públicos. Mesmo assim, os pesquisadores também consideram relevantes preocupações de ordem social, enquanto os gestores destacaram a qualidade da infraestrutura como essencial para resolver a questão. Outro resultado interessante obtido a partir das primeiras entrevistas realizadas sobre os fatores influentes é a opinião de pessoas de atuação e formação distintas, que permitem a obtenção de respostas mais ricas e com pontos de vista diferenciados, que tendem a enriquecer a análise realizada. Essa mesma situação ocorre na fase da ponderação dos critérios secundários de análise. Tal situação reforça a questão de obter respostas representativas de forma a perceber todas as nuances do problema estudado, como apontado por Flick (2004), tomando-se ressalvas quanto à possibilidade de vieses para com o seu campo de estudo, tal como apontado por Gomes e Gomes (2012).

Com relação à discussão sobre os métodos usados e seus resultados obtidos, é interessante observar como a mudança de método de análise, mesmo utilizando as mesmas respostas de base, resultam em variações no que concerne a prioridades de critérios, em especial os secundários.

Mesmo assim, tal variação acontece dentro de certos limites de proximidade, o que garante que os resultados finais apontam, em geral, para a mesma racionalidade quanto às preferências dos grupos de entrevistados. Quanto aos resultados finais, é possível notar que alguns métodos acabam revelando mais nuances e proximidades dentre as avaliações, que podem inclusive alterar não só questões de proximidade entre as soluções, mas o próprio resultado final.

Ainda, com relação às respostas obtidas, em todas as avaliações obteve-se destaque da Solução 3, considerada mais cara e de difícil gestão, mas com ganhos consideráveis em aspectos ambientais, sociais e infraestruturais. Dessa forma, observou-se que mesmo com maior peso para a questão econômica, o bom desempenho de tal solução em outros aspectos permitiu a superação desta solução com respeito às demais, principalmente em metodologias que levavam muita consideração ao somatório de peso de critérios em que a solução se sobressai, como PROMETHEE II, ELECTRE II e TOPSIS.

Com respeito às demais soluções, observou-se, no geral, grande destaque para a Solução 2 sobre a Solução 1 (notando que a última recebe mais destaque justamente nas questões econômicas e de gestão, ao contrário da Solução 3), ocorrendo inversão ou mesmo empate a depender do caso, apenas para a avaliação dos gestores e total de respostas no ELECTRE II, e para o total no SMARTER. Tal situação demonstra a questão de cuidado na escolha da metodologia utilizada, permitindo não somente uma escolha de solução, mas também uma justificativa para tal escolha, com base principalmente em como a metodologia desenvolve a resposta, assim como em de que forma se podem justificar os resultados com base nas ponderações e notas obtidas pelas soluções. Uma possibilidade levantada seria a própria questão de associação de diferentes métodos ou uso de vetos e variações de restrições de avaliação de uma forma mais abrangente, como no ELECTRE II.

Destaca-se que alguns métodos apontam certas facilidades de aplicação, ao requererem cálculos menos complexos que podem ser aplicados sem problemas maiores, como o GAM ou o SMARTER. O segundo, inclusive, não requer sequer a avaliação numérica que foi realizada e que é apontada como algo difícil por parte de alguns respondentes, sendo necessária apenas a definição de uma hierarquia por parte dos entrevistados. Isso poderia facilitar a tomada de decisão, sendo essa realizada em poucas rodadas de reuniões com especialistas, gestores e representantes da população. Contudo, tal decisão pode não permitir observar as nuances apontadas anteriormente.

O método AHP, adotado de forma recorrente em análises multicritério, apresenta como vantagem os muitos exemplos de seu uso, que permitem que a metodologia seja empregada de forma mais segura, aprendendo-se com mais facilidade sua aplicação. Ainda, as análises relativas às prioridades de critérios primários e secundários, além do próprio resultado obtido (tal como uma nota de 0 a 10, como aplicado nesse trabalho), permite uma análise inteligente do caso por conta dos gestores, observando prioridades de forma contabilizada, o que auxilia inclusive na justificativa por parte dos resultados e ações tomadas. Contudo, seus cálculos requerem uma série de passos não necessariamente simples para a aplicação pelos gestores, além da execução de testes de sensibilidade não tão claros por parte destes, seja no seu resultado, seja na sua significância. Entretanto, tais cálculos podem ser reduzidos e a própria aplicação da entrevista para obtenção dos resultados pode ser feita de forma menos cansativa com a utilização de software gratuito como o SuperDecisions. Todavia, o uso de tal ferramenta irá requerer recursos computacionais, tempo e de pessoal capacitado minimamente para sua aplicação aos entrevistados, o que recai em custos adicionais, nem sempre disponíveis tempestivamente aos gestores.

O método TOPSIS apresenta como vantagem a avaliação que pode ser realizada apenas por meio do julgamento das alternativas com relação aos critérios, reduzindo assim a necessidade de questionários de mais longa duração, o que facilita também o levantamento de dados. Além disso, por delimitar a análise com base em uma solução máxima ideal possível, permite uma análise mais próxima da realidade dos fatos. Contudo, as etapas necessárias à sua aplicação também não são muito claras, além de não permitir um julgamento tão claro das prioridades dos critérios, já que a prioridade destes é feita com base na avaliação das alternativas. Entretanto, os resultados obtidos nesta dissertação são semelhantes aos demais métodos, mesmo usando o ordenamento de critérios obtidos nos questionários. Também, a compreensão dos resultados obtidos pode não ficar clara para todos os envolvidos, já que tratam de números que indicam a distância de cada solução para uma solução ideal imposta. Assim, é preciso uma toda compreensão de contexto para justificar uma tomada de decisão.

O método PROMETHEE II permitiu uma análise mais firmemente pautada nos pesos dos critérios, de forma a analisar não só quão positivamente uma análise se sobressai em relação às outras, mas levando em conta se os critérios sob os quais essa opção é superior às outras realmente superam as desvantagens em critérios possivelmente mais importantes. Contudo, apesar de ser uma solução mais robusta, seu resultado não é também tão amigável ao público mais leigo,

apresentando-se sob forma de valores decimais que precisam ser bem explicados para serem compreendidos. Além disso, os cálculos a serem realizados também não são de tão simples compreensão e execução.

O método ELECTRE II faz uma avaliação semelhante ao PROMETHEE II no que concerne a usar os pesos dos critérios para fazer uma avaliação de superioridade entre as alternativas, e não apenas as notas recebidas por elas. No entanto, ainda vai além, usando essas notas como forma de evitar a adoção de resultados com desempenhos inaceitáveis em alguns critérios por meio da comparação de sua avaliação com outra solução que pode atender a esse critério de forma positiva, evitando compensações inadequadas. Por exemplo, seria indesejável adotar uma solução muito positiva, mas que tivesse desempenhos deploráveis em critérios sociais, enquanto outra solução com avaliação um pouco menor, tivesse avaliações mais desejáveis em tal quesito.

Além disso, a delimitação desses limites para avaliação das soluções garante o estudo das respostas sob diferentes perspectivas de uma só vez: análise mais ou menos rígida, o que permite observar com mais clareza a proximidade entre soluções, garantindo a obtenção de uma solução mais racional e verificando as equivalências existentes, tal como se verificou nas análises dos gestores e na análise geral.

Infelizmente, esse método é um dos de maior complexidade para sua execução, requerendo cálculos com resultados não tão compreensíveis, além de sua avaliação final ser mais baseada em forma de *ranking*, que não é justificado tão facilmente.

Por fim, tem-se a análise do método MACBETH. Como o método naturalmente recai no uso de cálculos de certa complexidade, o uso de ferramentas computacionais se mostrou consideravelmente necessário. Assim, embora sua aplicação seja relativamente simples, com o benefício de serem necessárias apenas avaliações qualitativas e a definição de valores de referência, além da facilidade do uso de recursos gráficos para análises dos resultados, seu uso recai nos mesmos problemas apontados para o uso do software SuperDecisions, usado para o AHP.

Dessa forma, como análises conclusivas finais desta dissertação, destacam-se:

- É fundamental a realização de pesquisas que busquem critérios de avaliação de projetos mais adequados à realidade local. Além disso, ouvir diferentes grupos permite a compreensão dos problemas por diferentes perspectivas, o que pode vislumbrar soluções mais eficazes e adequadas;

- A atenção à participação da população é de grande importância para apontar não só os critérios para escolha, mas para delimitação do problema e das possíveis soluções. Sua participação pode permitir maior adesão da população às intervenções planejadas, reduzindo os riscos de demanda envolvidos, além de permitir que seja realizada uma escolha que realmente responda aos anseios da população. Infelizmente, limitações pela complexidade no questionário proposto pelo método impediram a obtenção de respostas desse grupo na fase 2 (o que constitui uma sugestão para trabalhos futuros de como garantir adequadamente a participação da população);
- Preocupações com questões econômicas são realmente relevantes para os grupos pesquisados, em especial devido à realidade econômica vivida no país. Contudo, mesmo sendo a opção de maior necessidade de investimento, a Solução 3 foi apontada em todos os métodos e para ambos os grupos avaliados na fase 2 como a mais efetiva. Tal fato confirma que análises de outros aspectos/critérios de ordem não necessariamente econômica (em especial social) são também fundamentais para a avaliação de problemas de gestão, em especial nesse caso, gestão dos transportes e da mobilidade;
- A partir da aplicação dos métodos considerados, nota-se que para obter uma resposta mais completa, mais complexa deve ser sua forma de avaliação. Dessa forma, em um caso prático, poderia se recomendar uma avaliação inicial pelo método SMARTER, ou em caso de maiores recursos de tempo o método GAM (que permite uma visualização mais simples do resultado, quando considerado em porcentagem), até mesmo visando rejeitar opções pessimamente classificadas. Em caso de recursos de pessoal, econômicos e computacionais disponíveis pode-se estender as opções ao método MACBETH, que apresenta facilidade na realização de sua execução e visualização de resultados, e requer apenas avaliações qualitativas. Só então, recomenda-se seguir para uma avaliação mais robusta com o ELECTRE II, que permite a obtenção de inferências mais refinadas quanto ao resultado final, além de uso de vetos importantes para escolha da solução para o problema em análise.

Outro ponto que poderia ser recomendado para avaliação futura que não pode ser incluído no presente estudo, seriam considerações sobre fatores de incerteza ou de veto, que poderiam trazer maior robustez nas análises de multicritério, mas que envolveriam questionários também maiores e mais robustos que obtivessem os valores necessários.

Como sugestão para estudo futuro também seria a possibilidade de associar índices que possam ser obtidos seja das condições locais ou das soluções propostas (a exemplo do aspecto de impedância avaliado por Oliveira, 2017), de forma a reduzir a subjetividade da avaliação realizada, restringindo com isso a questão de possível viés de julgamento, fator apontado por estudiosos como problema inerente das análises multicritério, como já exposto no texto.

Por fim, outra sugestão poderia ser com relação à aplicação da metodologia para avaliação de estruturas já fixadas em regiões de morro, de forma a analisar agora questões pós instalação e trazer possíveis indicações para os gestores de condições de atuação sobre o que já se encontra estabelecido, tais como manutenção, gestão ou mesmo substituição daquela solução por outra mais eficaz.

Espera-se que esta dissertação venha contribuir de forma positiva e prática para auxiliar os gestores na escolha de instrumentos de análises de projetos, para aplicação na decisão sobre intervenções públicas, em especial na área de transportes e mobilidade urbana. Apenas com tomadas de decisão bem embasadas e justificadas pode-se garantir a implantação de projetos que realmente venham a trazer melhorias para a população em todos os aspectos possíveis.

## REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, P.; NARAIN, R.; ULLAH, I. Analysis of barriers in implementation of digital transformation of supply chain using interpretive structural modelling approach. **Journal of Modelling in Management**. v. 15, n. 1, p. 297-317, 2020.
- ALCOFORADO, F. **Os condicionantes do desenvolvimento do Estado da Bahia**. 2003. Tese (Doutorado em Planificación Territorial y Desarrollo Regional) - Universidade de Barcelona. 2003. Disponível em: < <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/41961> >. Acesso em: 29 jun. 2020.
- ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 2. ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2011.
- AWASTHI, A.; CHAUHAN, S. S.; OMRANI, H. Application of fuzzy TOPSIS in evaluating sustainable transportation systems. **Expert Systems with Applications**. n. 38, p 12270-12280, 2011.
- AWASTHI, A.; CHAUHAN, S. S. Using AHP and Dempster-Shafer theory for evaluating sustainable transport solutions. **Environmental Modelling & Software**. n. 26, p 787-796, 2011.
- BANA E COSTA, C. A.; CHAGAS, M. P. A career choice problem: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgments. **European Journal of Operational Research**. v. 153, p. 323-331, 2004.
- BANA E COSTA, C. A.; ENSSLIN, L.; CORNÊA, E. C.; VANSNICK, J. C. Decision Support Systems in action: Integrated application in a multicriteria decision aid process. **European Journal of Operational Research**. v. 113, n. 2, p. 315-335, 1999.
- BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. Applications of the MACBETH Approach in the Framework of an Additive Aggregation Model. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**. v. 6, p. 107-114, 1997.
- BEN-AKIVA, M.; BRADLEY, M.; MORIKAWA, T.; BENJAMIN, J.; NOVAK, T.; OPPEWAL, H.; RAO, V. Combining Revealed and Stated Preferences Data. **Marketing Letters**. v. 5, n. 4, p. 335-350, 1994.
- BHADANI, A. K.; SHANKAR, R.; RAO, D. V. Modeling the factors and their inter-dependencies for investment decision in Indian mobile service sector. **Journal of Modeling in Management**. v. 11, n. 1, p. 189-212, 2016.
- BIBEROS-BENDEZÚ, K.; VÁZQUEZ-ROWE, I. Environmental impacts of introducing cable cars in the Andean landscape: A case study for Kuelap, Peru. **Science of the Total Environment**. n. 718, 2020.
- BOCAREJO, J. P.; OVIEDO, D. R. Transport accessibility and social inequities: a tool for

identification of mobility needs and evaluation of transport investments. **Journal of Transport Geography**. n. 24, p 142-154, 2012.

BOLGER, F.; WRIGHT, G. Improving the Delphi process: Lessons from social psychological research. **Technological Forecasting & Social Change**. v. 78, p. 1500-1513, 2011.

BOM DIA RIO - Teleféricos parados no Alemão e na Providência: O teleférico do Morro da Providência funcionou por apenas 19 meses. Já o do Complexo do Alemão por cinco anos. Quem vive nas comunidades pede uma solução para o problema. **Globoplay**. Rio de Janeiro, RJ, 09 de jan. 2019. Disponível em: < <https://globoplay.globo.com/v/7286196/>>. Acesso em: 24 jan. 2019.

BORDEAUX-RÊGO, R. PAULO, G. P. SPRITZER, I. M. P. A. ZOTES, L. P. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.

BÖRJESSON, M.; RUBENSSON, I. Satisfaction with crowding and other attributes in public transport. **Transport policy**. n. 79, p 213-222, 2019.

BOUCHARD, T. J.; HARE, M. Size, performance and potential in brainstorming groups. **Journal of Applied Psychology**. v. 54, n. 1, p. 51-55, 1970.

BOURDIEU, P. **Distinction: A Social Critique of the Judgment of Taste**. President and Fellows of Harvard College and Routledge& Kegan Paul Ltd. 1984.

BRANDLI, L.; HEINECK, L. F. As abordagens dos modelos de preferência declarada e revelada no processo de escolha habitacional. **Ambiente Construído**. Porto Alegre. v. 5, n.2 , p 61-75, 2005. ISSN 1415-8876.

BRASIL. Decreto-lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941. Dispõe sobre desapropriações por utilidade pública. **Diário Oficial [da] União**, Rio de Janeiro, RJ, 18 jul. 1941. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del3365.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del3365.htm)>. Acesso em: 22 jan. 2019.

BRASIL. Lei nº 4.132, de 10 de setembro de 1962. Define os casos de desapropriação por interesse social e dispõe sobre sua aplicação. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 07 nov. 1962. Disponível em: < <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/109257/lei-4132-62> >. Acesso em: 21 jun. 2018.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 jul. 2001. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/leis\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/leis_2001/L10257.htm)>. Acesso em: 21 jun. 2018.

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 11 jan. 2002. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2002/L10406.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10406.htm)> . Acesso em: 22 jan. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 4 jan. 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-)

2014/2012/lei/112587.htm>. Acesso em: 21 jun. 2018.

CANDIDO DA SILVA, R. Relevo da Bahia. Infoescola. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/geografia/relevo-da-bahia/>>. Acesso em: 29/06/2020.

CANITEZ, F. A socio-technical transition framework for introducing cycling in developing megacities: The case of Istanbul. **Cities**. n. 94, p 172-185, 2019.

CAO, X.; LAM, J. S. L. A fast reaction-based port vulnerability assessment: Case of Tianjin Port explosion. **Transportation Research Part A**. n. 128, p 11-33, 2019.

CASAROTTO FILHO, C.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CARTENI, A.; HENKE, I. External costs estimation in a cost-benefit analysis: The new Formia-Gaeta tourist railway line in Italy. **2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)**, 2017.

CASSUNDÉ, M. I. V.; RIOS, R. J. C. M. Sistema estrutural integrado - SEI. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP, 9, 1993, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 1993.

CATTANEO, M.; MALIGHETTI, P.; MORLOTTI, C.; PALEARI, S. Students' mobility attitudes and sustainable transport mode choice. **International Journal of Sustainability in Higher Education**. v. 19, n. 5, 2018.

CHATTERJEE, S.; STORCKEN, T. Frequency based analysis of collective aggregation rules. **Journal of Mathematical Economics**. v. 87, p. 56-66, 2020.

CHAVES, M. C. C.; GOMES JÚNIOR, S. F.; PEREIRA, E. R.; MELLO, J. C. C. B. S. Utilização do método ELECTRE II para avaliação de pilotos no campeonato de Fórmula 1. **Produção**, v. 20, n.1, 102-113, 2010.

CHONG, A. K. W.; MOHAMMED, A. H.; ABDULLAH, M. N.; RAHMAN, M. S. A. Maintenance prioritization - a review on factors and methods. **Journal of Facilities Management**. v. 17, n. 1, 2019, p. 18-39.

COMPANHIA DE TRÂNSITO E TRANSPORTE URBANO (CTTU) (2018). Secretaria de serviços públicos. Projetos e Ações. **Transporte Complementar**. Disponível em: <<https://www.recife.pe.gov.br/pr/servicospublicos/cttu/complementar.php>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

CONTRERAS-MASSE, R.; OCHOA-ZAZZATTI, A.; GARCÍA, V.; PÉREZ-DOMINGUEZ, L.; ELIZONDO-CORTÉS, M. Implementing a Novel Use of Multicriteria Decision Analysis to Select IIoT Platforms for Smart Manufacturing. v. 12, n. 368, 2020.

CORAZZA, M. V.; FAVARETTO, N. A methodology to evaluate accessibility to bus stops as a contribution to improve sustainability in urban mobility. **Sustainability**. v. 11, n. 3, 2019.

COSTA, H. G.; MANSUR, A. F. U.; FREITAS, A. L. P.; & CARVALHO, R. A. ELECTRE TRI aplicado à avaliação da satisfação de consumidores. **Produção**, v. 17, n. 2, p. 230-245, 2007. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v17n2/a02v17n2.pdf>> acesso em 08/07/2015.

CURIOSO E ESPETACULAR. A enorme escada rolante ao ar livre de Comuna 13 em Medellín. Disponível em: <<https://curiosoespetacular.blogspot.com/2015/03/a-enorme-escada-rolante-ao-ar-livre-de.html>>. Acesso em: 01/04/2020.

DA SILVA, L. B. L.; HUMBERTO, J. S.; ALENCAR, M. H.; FERREIRA, R. J. P.; ALMEIDA, A. T. GIS-based multidimensional decision model for enhancing flood risk prioritization in urban areas. **International Journal of Disaster Risk Reducion**. v. 48, n. 101582.

DAFLON, R; BRANDÃO, T. O morro não é só dos pobres: ricos ocupam 70% das encostas acima de 100 m, mas favelas concentram 73% da população. O Globo, Reportagem, Primeiro Caderno, **Seção Rio**, 22 mar. 2009, p. 17.

DART - **Let's Go. Cityplace/Uptown Station**. 2018. Disponível em: <<https://www.dart.org/riding/stations/cityplaceuptownstation.asp>>. Acesso em 27 jun. 2018.

DE CARVALHO, V. R.; LARSON, K.; BRANSÃO, A. A. F.; SICHMAN, J. S. Applying Social Choice Theory to Solve Engineering Multi-objective Optimization Problems. **Journal of Control, Automation and Electrical Systems**. vol. 31, p. 119-128, 2020.

DE JESUS, F. S. Geografia da Bolívia – Relevo, Hidrografia, Clima e Características Gerais. **GEOGRAFIA OPINATIVA**. 05 mar. 2019. Disponível em: <<https://www.geografiaopinativa.com.br/2013/09/geografia-da-bolivia-relevo-hidrografia.html>>. Acesso em: 29/06/2020.

DE LIMA, J.; MAIA, M. L.; LUCAS, K. Income vs. travel time: Why do the poorest and the richest travel fastest in northeastern Brazil? **Transportation Research Procedia**. n. 25, p. 4285-4295, 2017.

DE LUCA, S. Public engagement in strategic transportation planning: An analytic hierarchy process based approach. **Transport Policy**. n. 33, p 110-124, 2014.

DE MORAIS, A. C. M.; DOS SANTOS, E. M. Avaliação das estruturas organizacionais dos organismos gestores da mobilidade diante da Política Nacional de Mobilidade Urbana. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. n. 12, 2020.

DIE BERNER MATTE - **Mattelift**. 2009. Disponível em: <<https://www.matte.ch/mattequartier/mattelift>>. Acesso em 27 jun. 2018.

DELAVANDE, A.; ROHWEDDER, S. Changes in spending and labor supply in response to a

Social Security benefit cut: Evidence from stated choice data. **The Journal of The Economics of Ageing**. vol. 10, p. 34-50, 2017.

DOPPLEMAYR - Dopplemayr Urban Solutions. **Teleféricos no espaço urbano**. 2018. Disponível em: < <https://newsroom.doppelmayer.com/download/file/4394/>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

DOTOLI, M.; EPICOCO, N.; FALAGARIO, M. Multi-Criteria Decision Making techniques for the management of public procurement tenders: A case study. **Applied Soft Computing Journal**. vol. 88, n. 106064, 2020.

DOŽIĆ, S.; KALIĆ, M. Comparison of two MCDM methodologies in aircraft type selection problem. **Transportation Research Procedia**. n. 10, p 910-919, 2015.

ELLIS, D. Internal versus external European air market realities: the competitive divide. *European Transport Research Review*. vol. 12, n. 18, 2020. DOI: 10.1186/s12544-020-00410-0

EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES (GEIPOT). Ministério dos Transportes. **Transportes no Brasil: história e reflexões**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2001.

EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS - EMTU/RECIFE. **Transporte no Grande Recife: Uma Questão de Compromisso (1980 a 1998)**. Vol 1. Recife: EMTU/Recife, 1998

FANCELLO, G.; CARTA, M.; FADDA, P. A decision support system based on Electre III for safety analysis in a suburban road network. **Transportation Research Procedia**. n. 3, p. 175-184, 2014.

FANCELLO, G.; CARTA, M.; FADDA, P. Road intersections ranking for road safety improvement: Comparative analysis of multi-criteria decision making methods. **Transport Policy**. n. 80, p 188-196, 2019.

FIGUEIRA, J. R.; MOUSSEAU, V.; ROY, B. ELECTRE Methods. Em: FIGUEIRA, J., GRECO, S. e EHRGOTT, M. (Eds.). **Multiple criteria decision analysis: the state of the art surveys**, pp. 133–162. New York: Springer Science, Business Media Inc., 2005.

FIGUEIRA, J. R.; GRECO, S.; ROY, B.; SŁOWIŃSKI, R. An Overview of ELECTRE Methods and their Recent Extensions. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**. vol. 20, p. 61-85, 2013. DOI: 10.1002/mcda.1482.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. Trad. Sandra Netz. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

FOSSILE, D. K.; FREJ, E. A.; DA COSTA, S. E. G.; LIMA, E. P.; ALMEIDA, A. T. Selecting the most viable renewable energy source for Brazilian ports using the FITradeoff method. **Journal of Cleaner Production**. vol. 260, n. 121107, 2020.

FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL. **Manual de ocupação dos morros da região metropolitana do Recife**. Recife, 2003.

G1.COM. Elevador Lacerda completa 144 anos nesta sexta-feira (8). **G1 BA**. 08/12/2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/elevador-lacerda-completa-144-anos-nesta-sexta-feira-8.ghtml>>. Acesso em: 01/04/2020.

GARSOUS, G.; ALEMÁN-SUÁREZ, A.; SEREBRISKY, T. Cable cars in urban transport: travel time savings from La Paz-El Alto (Bolivia). **Transport Policy**. n. 75, p. 171-182, 2019.

GIALLANZA, A.; LI PUMA, G. Fuzzy green vehicle routing problem for designing a three echelon supply chain. **Journal of Cleaner Production**. vol. 259, n. 120774, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120774>.

GLAVIĆ, D.; MLADENOVIĆ, M. N.; MILENKOVIĆ, M. Decision support framework for cycling investment prioritization. **Journal of Advanced Transportation**. vol. 2019, 2019.

GOMES, L. F. A. M. GOMES, C. F. S. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. Ed 4ª, São Paulo: Atlas, 2012.

GOMIDE, A. A. (Ed.); PEREIRA, A. K. (Ed.) **Governança da política de infraestrutura: condicionantes institucionais ao investimento**. Rio de Janeiro: Ipea, 2018.

GOODWIN, P.; WRIGHT, G. **Decision analysis for management judgment**. 3rd Edition, England: John Wiley & Sons Ltd, 2004.

GRANDE RECIFE - CONSÓRCIO DE TRANSPORTE (2018). Site do Grande Recife Consórcio de Transporte. **Histórico**. Disponível em: <<http://www.granderecife.pe.gov.br/sitegrctm/institucional/historico/>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

GULIASHKI, V. G.; MARINOVA G. I. Multi-Objective Flexible Job Shop Scheduling Optimization by Means of Promethee I Method. **2019 14th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications (TELSIKS)**, Nis, Serbia, p. 228-231, 2019.

GURU, S.; MAHALIK, D. K. A comparative study on performance measurement of Indian public sector banks using AHP-TOPSIS and AHP-grey relational analysis. **OPSEARCH**. n. 56, p. 1213–1239, 2019. <https://doi-org.ez16.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s12597-019-00411-1>

HAGEN, J. X.; PARDO, C. F.; VALENTE, J. B. Motivations for motorcycle use for Urban travel in Latin America: A qualitative study. **Transport Policy**. n. 49, p. 93-104, 2016.

HAGHSHENAS, H.; VAZIRI, M. Urban sustainable transportation indicators for global comparison. **Ecological Indicators**. n. 15, p 115-121, 2012.

HAMMOND, J. S.; KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. Even swaps: a rational method for making

trade-offs. **Havard Business Review**. vol. 76, n. 2, 1998.

HAYATI, R. S.; SARI, R. N.; HARDIANO; SYAHRIN, E.; NASUTION, F. P.; DAIFIRIA. The Implementation of Smart Method for The Selection Of Concentration Computer Engineering Courses At The University Potensi Utama. **2019 7th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)**, Jakarta, Indonesia. p. 1-5, 2019.

HENAUTH, F. L. L.; DE ANDRADE, J. C. **Características da micro, meso e macroacessibilidade de moradores de morros na cidade do Recife: um estudo nas zonas de tráfego 149 e 150**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

HILL, M. **Planning for multiple objectives**. An approach to the evaluation of transportation plans. 1973. Disponível em: < <https://trid.trb.org/view/136186>>. Acesso em 15/05/2020.

HUSSAIN, J.; ZHOU, K.; GUO, S.; KHAN, A. Investment risk and natural resource potential in "Belt & Road Initiative" countries: A multi-criteria decision-making approach. **Science of the Total Environment**. vol. 723, n. 137981, 2020.

HUSSLER, C.; MULLER, P.; RONDÉ, P. Is diversity in Delphi panelist groups useful? Evidence from a French forecasting exercise on the future of nuclear energy. **Technological Forecasting & Social Change**. vol. 78, p. 1642-1653, 2011.

HWANG, C-L.; YOON, K. Multiple attribute decision making. **Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems**, 186, p. 58-191, 1981.

ICPS - INSTITUTO DA CIDADE PELÓPIDAS SILVEIRA - **Plano de Mobilidade Urbana do Recife**. Recife, PE, 2018. Disponível em: < <http://icps.recife.pe.gov.br/node/56356>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

IGNACCOLO, M.; INTURRI, G.; GARCÍA-MELÓN, M.; GIUFFRIDA, N.; LE PIRA, M.; TORRISI, V. Combining Analytic Hierarchy Process (AHP) with role-playing games for stakeholder engagement in complex transport decisions. **Transportation Research Procedia**. n. 27, p 500-507, 2017.

ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software**. United Kingdom: John Wiley & Sons, 2013.

JEON, C. M.; AMEKUDZI, A. Addressing Sustainability in Transportation Systems: Difinitions, Indicators, and Metrics. **Jornal of Infrastructure Systems**. vol. 11, n. 1, 2005.

JEON, C. M.; AMEKUDZI, A. A.; GUENSLER, R. L. Sustainability assessment at the transportation planning level: Performance measures and indexes. **Transport Policy**. n. 25, p 10-21, 2013.

JIANG, Y.; ZHANG, J.; WANG, Y.; WANG, W. Capturing ownership behavior of autonomous vehicles in Japan based on stated preference survey and a mixed logit model with repeated

choices. **International Journal of Sustainable Transportation**. vol. 13, n. 10, p 788-901, 2019.

KE, L. A brain storm optimization approach for the cumulative capacitated vehicle routing problem. **Memetic Computing**. n. 10, p 411-421, 2018.

LAHTINEN, T. J.; HÄMÄLÄINEN, R. P.; JENYTTIN, C. On preference elicitation processes which mitigate the accumulation of biases in multi-criteria decision analysis. **European Journal of Operational Research**. vol. 282, n. 1, p. 201-210, 2020.

LE PIRA, M.; INTURRI, G.; IGNACCOLO, M. PLUCHINO, A. Modelling consensus building in Delphi practices for participated transport planning. **Transportation Research Procedia**. n. 25, p 3725-3735, 2017.

LEITÃO, G. **Dos barracos de madeira aos prédios de quitinetes: uma análise do processo de produção da moradia na favela da Rocinha, ao longo de cinquenta anos**. Niterói: EdUFF, 2009.

LESSA, A. D.; LOBO, C.; CARDOSO, L. Accessibility and urban mobility by bus in Belo Horizonte/Minas Gerais - Brazil. **Journal of Transport Geography**. n. 77, p 1-10, 2019.

LI, X.; HE, Z. An integrated approach for evaluating hospital service quality with linguistic preferences. **International Journal of Production Research**. 2020.  
DOI:10.1080/00207543.2020.1725681.

LI, X.; WANG, K.; LIU, L.; XIN, J.; YANG, H.; GAO, C. Application of the Entropy Weight and TOPSIS Method in Safety Evaluation of Coal Mines. First International Symposium on Mine Safety Science and Engineering. **Procedia Engineering**. vol. 26, p. 2085-2091, 2011.

LIGUS, M.; PETERNEK, P. Determination of most suitable low-emission energy technologies development in Poland using integrated fuzzy AHP-TOPSIS method. 5th International Conference on Energy and Environment Research, ICEER 2018. **Energy Procedia**. vol. 153, p. 101-106, 2018.

LIMA, M. O. **Pernambuco: seu desenvolvimento histórico**. Recife: Editora Massangana, 1997.

LISBONLISBOAPORTUGAL - **Elevador de Santa Justa de Lisboa**. 2018. Disponível em: <<http://lisbonlisboaportugal.com/pt/elevador-de-santa-justa-lisboa-pt.html>> Acesso em 27 jun. 2018.

LIU, L.; FRANGOPOL, D. M.; MONDORO, A.; YANG, D. Y. Sustainability-Informed bridge ranking under scour based on transportation network performance and multiattribute utility. **Journal of Bridge Engineering**. vol. 23, n.10, 2018.

LUNA, R. A companhia de transportes urbanos (CTU-Recife). **PE ÔNIBUS CLUBE**, 20 nov. 2015. Disponível em: <<http://peonibusclube.com/reportagem-especial-companhia-de-transportes-urbanos-ctu-recife/>>. Acesso: 22 jun. 2018.

MACHADO, P. Terceira metrópole do país tem cena urbana de contrastes. A TARDE. **BAHIA | Salvador**. 29 mar. 2014. Disponível em: <<http://atarde.uol.com.br/bahia/salvador/noticias/terceira-metropole-do-pais-tem-cena-urbana-de-contrastes-1579819>>. Acesso em: 29/06/2020.

MAHDINIA, I.; HABIBIAN, M.; HATAMZADEH, Y.; GUDMUNDSSON, H. An indicator-based algorithm to measure transportation sustainability: A case study of the U.S. states. **Ecological Indicators**. n. 89, p 738-754, 2018.

MAIA, M. L.; LUCAS, K.; MARINHO, G.; SANTOS, S.; DE LIMA, J. H. Access to the Brazilian City - From the perspectives of low-income residents in Recife. **Journal of Transport Geography**. n. 55, p. 132-141, 2016.

MAKAN, A.; FADILI, A. Sustainability assessment of large-scale composting technologies using PROMETHEE method. **Journal of Cleaner Production**. vol. 261, n. 121244, 2020.

MARQUES-PEREZ, I.; PRADAS-GUAITA, I.; GALLEGRO, A.; SEGURA, B. Territorial planning for photovoltaic power plants using an outranking approach and GIS. **Journal of Cleaner Production**. vol. 257, n. 120602, 2020.

MARTÍN, J. C.; MARTÍN-DOMINGO, L.; LOHMANN, G.; SPASOJEVIC, B. The role of travel patterns in airport duty-free shopping satisfaction: A case study from an Australian regional airport. **Journal of Air Transport Management**. n. 80, 2019.

MARZOUK, M. M. ELECTRE III model for value engineering applications. **Automation in Construction**. vol. 20, n. 5, p. 596-600, 2011.

MASOUMI, H. E. A discrete choice analysis of transport mode choice causality and perceived barriers of sustainable mobility in the MENA region. **Transport Policy**. n. 79, p 37-53, 2019.

MAVOA, S.; WITTEN, K.; MCCREANOR, T.; O'SULLIVAN, D. GIS based decision accessibility via public transit and walking in Auckland, New Zealand. **Journal of Transport Geography**. n. 20, p 15-22, 2012.

MEIRA, L. H. **Políticas públicas de mobilidade sustentável no Brasil: barreiras e desafios**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MEIRELLES, H. L. **Direito Administrativo Brasileiro**. Ed. 33ª. São Paulo: Editora Malheiros, 2007.

MENDONÇA, L. C.; PEREIRA, A. C. **Transportes coletivos no Recife: uma viagem no ônibus da CTU**. Recife, 1987.

MERFELD, K.; WILHELMS, M-P.; HENKEL, S.; KREUTZER, K. Carsharing with shared autonomous vehicles: Uncovering drivers, barriers and future developments - A four-stage Delphi study. **Technological Forecasting & Social Change**. n. 144, p 66-81, 2019.

- MIGLIETTA, P. P.; MICALE, R.; SCIORTINO, R.; CARUSO, T.; GIALLANZA, A.; LA SCALIA, G. The sustainability of olive orchard planting management for different harvesting techniques: An integrated methodology. **Journal of Cleaner Production**. vol. 238, n. 117989. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117989>
- MILLER, P.; BARROS, A. G.; KATTAN, L. WIRASINGHE, S. C. Analyzing the sustainability performance of public transit. **Transportation Research Part D**. n. 44, p 177-198, 2016.
- MILUTINOVIC, G.; AHONEN-JONNARTH, U.; SEIPEL, S. GISwaps: A New Method for Decision Making in Continuous Choice Models Based on Even Swaps. **International Journal of Decision Support System Technology (IJDSST)**. vol.10, n. 3, p. 57-78, 2018.
- MONTES, I.; RADEMAKER, M.; PÉREZ-FERNÁNDEZ, R.; DE BAETS, B. A correspondence between voting procedures and stochastic orderings. **European Journal of Operational Research**. ARTICLE IN PRESS. 2020.
- MOREIRA, M. R. P. A crise econômica e o crescimento do transporte informal: impactos sobre sistema de transporte público de passageiros da região metropolitana do Recife (Pernambuco/Brasil). In: Congresso Latinoamericano de Transporte Público e Urbano - CLATPU, 7, 1994, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires.
- NICOLAS, J. P.; POCHET, P.; POIMBOEUF, H. Towards sustainable mobility indicators: application to the Lyons conurbation. **Transport Policy**. n. 10, p 197-208, 2003.
- NOTTEN, P. V. Scenario Development: A typology of Approaches, Think Scenarios, Rethink Education. **OECD Better Policies for Better Lives**, 2006.
- OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. COMO ANDA A REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE. Setembro, 2006. Disponível em: <[http://www.observatoriodasmetropoles.ufrj.br/como\\_anda/como\\_anda\\_RM\\_recife.pdf](http://www.observatoriodasmetropoles.ufrj.br/como_anda/como_anda_RM_recife.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2019.
- ODECK, J.; KJERKREIT, A. The accuracy of benefit-cost analyses (BCAs) in transportation: An ex-post evaluation of road projects. **Transportation Research Part A**. n. 120, p 277-294, 2019.
- OLIVEIRA, M. D.; AGOSTINHO, A.; FERREIRA, L.; NICOLA, P.; BANA E COSTA, C. Valuing health states: is the MACBETH approach useful for valuing EQ-5D-3L health states? **Health and Quality of Life Outcomes**. vol. 16, 2018.
- OLIVEIRA, M. F, D.; SOUZA, S. C. A. Gestão metropolitana - uma questão de bom senso. In: Congresso Nacional de Transportes Públicos - ANTP, 11, 1997, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1997.
- OLIVEIRA, P. H. F. C. **Amostragem básica - aplicação em auditoria**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2004.

OLIVEIRA, F.C. **Acessibilidade Ao Transporte Público Nas Áreas De Morro Do Recife**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

ÖZESMI, U.; ÖZESMI, S. L. Ecological models based on peoples's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach. **Ecological Modelling**. vol. 176, p. 43-64, 2004.

PACHECO, J. F.; CONTRERAS, E. **Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos**. Santiago de Chile: CEPAL - Naciones Unidas, 2008.

PAPAGEORGIU, E. I.; STYLIOU, C.; GROUMPOS, P. P. Unsupervised learning techniques for fine-tuning fuzzy cognitive map causal links. **International Journal of Human-Computer Studies**. vol. 64, p. 727-743, 2006.

PATELLA, S. M.; SCRUCICA, F.; ASDRUBALI, F.; CARRESE, S. Carbon footprint of autonomous vehicles at the urban mobility system level: A traffic simulation-based approach. **Transportation Research Part D**. n. 74, p 189-200, 2019.

PORTILHO, L. A longa espera dos moradores do Rio pela volta dos teleféricos. Estado e município não têm previsão de retomar serviços no Alemão e na Providência, parados há anos. **O Dia. IG**. 26/06/2019. Disponível em: < <https://odia.ig.com.br/rio-de-janeiro/2019/06/5657244-a-longa-espera-dos-moradores-do-rio-pela-volta-dos-telefericos.html>>. Acesso em 01/04/2020.

PORTUGAL, L. S. **Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

QI, J.; YANG, L.; DI, Z.; LI, S.; YANG, K.; GAO, Y. Integrated optimization for train operation zone and stop plan with passenger distributions. **Transportation Research Part E**. n. 109, p 151-173, 2018.

R7.COM. Após dois anos e meio, Plano Inclinado da Liberdade volta a funcionar. **BAHIA**. Do R7. 04/10/2014. Disponível em: < <https://noticias.r7.com/bahia/fotos/apos-dois-anos-e-meio-plano-inclinado-da-liberdade-volta-a-funcionar-28082015#!/foto/1>>. Acesso em: 01/04/2020.

R7.COM. Teleférico do Alemão tem novos horários de funcionamento a partir deste fim de semana. RIO DE JANEIRO. Do R7 com Cidade Alerta RJ. 30/04/2016. Disponível em: < <https://noticias.r7.com/rio-de-janeiro/teleferico-do-alemao-tem-novos-horarios-de-funcionamento-a-partir-deste-fim-de-semana-02052016>>. Acesso em: 01/04/2020.

RAMANI, T. L.; ZIETSMAN, J.; KNOWLES, W. E.; QUADRIFOGLIO, L. Sustainability enhancement tool for state departments of transportation using performance measurement. **Journal of Transportation Engineering**. vol. 137, n. 6, p. 404-415, 2011.

RAND CORPORATION. Objective analysis effective solutions. Delphi Method. **Topics**. Disponível em: <<https://www.rand.org/topics/delphi-method.html>>. Acesso em 15/04/2020.

RECIFACES. Em busca de um chão para chamar de seu. **Mocambos localizados em áreas**

**alagadas do Recife deram origem às primeiras palafitas da cidade | Foto: Museu da Cidade do Recife.** 1 fotografia, p&b. 8 dez. 2013. Disponível em: <<https://recifaces.wordpress.com/2013/12/08/na-busca-de-um-chao-que-possa-chamar-de-seu/>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

RECIFE. Lei nº 17.511/2008, de 29 de dezembro de 2008. **Promove a revisão do Plano Diretor do Município do Recife.** Recife, PE. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-recife-pe-2014-12-17-versao-consolidada>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

RECIFE. Projeto de lei s/nº, 2011. Plano Diretor de Transporte e Mobilidade Urbana, Instituto da Cidade Engenheiro Pelópidas Silveira, Recife, 8p. **Diagnóstico**, 2011.

RECIFE - Prefeitura da Cidade - Portal da Prefeitura da Cidade do Recife. **Transporte Complementar.** Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/servico/transporte-complementar>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

RECIFE - Câmara Municipal do Recife - Casa de José Mariano. Aumento dos acidentes com motociclistas no Recife é tema de audiência. **Notícias.** Recife, PE, 12 de jun. 2018. Disponível em: <<http://www.recife.pe.leg.br/noticias/aumento-dos-acidentes-com-motociclistas-no-recife-foi-tema-de-audiencia>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

RECIFE - Prefeitura da Cidade - Portal da Prefeitura da Cidade do Recife. **Perfil dos Bairros. SERVIÇOS PARA O CIDADÃO.** Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/servico/perfil-dos-bairros>>. Acesso em: 02 abr. 2020.

REDISKE, G.; SILUK, J. C. M.; MICHELS, L.; RIGO, P. D.; ROSA, C. B.; CUGLER, G. Multi-criteria decision-making model for assessment of large photovoltaic farms in Brazil. **Energy.** vol. 197, n. 117167, 2020.

REISI, M.; AYE, L.; RAJABIFARD, A.; NGO, T. Land-use planning: Implications for transport sustainability. **Land Use Policy.** n. 50, p 252-261, 2016.

RJ1 - Trilha do Voto: Moradores do Alemão estão sem teleférico desde 2016 - Governo diz que cabo novo já foi produzido fora do Brasil, mas não tem dinheiro para trazê-lo agora. **Globoplay.** Rio de Janeiro, RJ, 17 de ago. 2018. Disponível em: <<https://globoplay.globo.com/v/6952325/>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

ROCHA, P. M.; BARROS, A. P.; SILVA, G. B.; COSTA, H. G. Analysis of the operational performance of brazilian airport terminals: a multicriteria approach with De Borda-AHP integration. **Journal of Air Transport Management.** n. 51, p 19-26, 2016.

ROWE, G.; WRIGHT, G. The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. **International Journal of Forecasting.** vol. 15, p. 353-375, 1999.

ROY, B. **Multicriteria methodology goes decision aiding.** Holanda do Sul: Kluwer Academic Publishers, 1996.

ROY, S.; DAS, M.; ALI, S. M.; RAIHAN, A. S.; PAUL, S. K.; KABIR, G. Evaluating strategies for environmental sustainability in a supply chain of an emerging economy. **Journal of Cleaner Production**. vol. 262, n. 121389, 2020.

SAATY, T.L. **The analytic hierarchy process**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1980.

SADATSAFAVI, H.; KIM, A.; ANDERSON, S. D.; BISHOP, P. Using scenario for identifying major future trends and their implications for state transportation agencies. **International Conference on Sustainable Infrastructure 2017**. 2017.

SADATSAFAVI, H.; KIM, A. A.; ANDERSON, S. D.; BISHOP, P. Scenario planning application in US highway transportation industry. **Jornal of Infrastructure Systems**. vol. 25, n. 2, 2019.

SANTOS, A. S.; RIBEIRO, S. K. The use of sustainability indicators in urban passenger transport during the decision-making process: the case of Rio de Janeiro, Brazil. **Current Opinion in Environmental Sustainability**. n. 5, p 251-260, 2013.

SCHLEE, M. B. A ocupação das encostas do Rio de Janeiro: morfologia, legislação e processos socioambientais. **Tese (Doutorado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2011.

SCHLEE, M. B. Ocupação de encostas urbanas: algumas considerações sobre resiliência e sustentabilidade. **Cadernos Metr pole**. vol. 15, n. 29, p. 241-264, 2013a.

SCHLEE, M. B. Padrões e processos de ocupa o das encostas em cinco cidades brasileiras: estudo comparativo da morfologia da paisagem. **Paisagem e ambiente: ensaios**. n. 32, p. 33-66, 2013b.

SHEMASHADI, A.; SHIRAZI, H.; TOREIHI, M.; TAROKH, M. J. A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting. **Expert Systems with Application**. vol. 38, p. 12160-12167, 2011.

SHIH, H-S.; SHYUR, H-J.; LEE, E. S. An extension of TOPSIS for group decision making. **Mathematical and Computer Modelling**. vol. 45, p. 801-813, 2007.

SIHOMBING, O.; HANOSO, G. R.; LAIA, Y.; MAULANA, H.; TAMBA, S. P.; NABABAN, M. N. K.; INDRA, E.; BATUBARA, M. D.; ZENDRATO, N. Determining Outstanding Employee Using Simple Multi-Attribute Rating Technique Method. MECNIT 2018. IOP Conf. Series: Journal of Physics. vol. 1230, n. 012076, 2019.

SKYSCRAPERCITY. Recife - cosmopolita, hermosa, historica, moderna. **MORROS DO RECIFE...CONTRASTES SOCIAIS IMENSOS..( foto by flickr. fred jordao )**. 1 fotografia, color. 12 mai. 2009. Disponível em:

<<https://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=868956>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

SOUSA, N.; ALMEIDA, A.; COUTINHO-RODRIGUES, J. A multicriteria methodology for

estimating consumer acceptance of alternative powertrain technologies. **Transport Policy**. vol. 85, p. 18-32, 2020.

STIEL, W. C. **História do transporte urbano no Brasil. História dos bondes e trólebus e das cidades onde eles trafegaram**. Brasília: Pini, 1984.

SYKES, P.; BELL, M; DISSANAYAKE, D. Combined use of a backcast scenario and cross-impact matrix analysis to identify causes of uncertainty in a nascent transport infrastructure project. **Transportation Research Part B**. n. 116, p 124-140, 2018.

TATUM, K.; PARNELL, K.; CEKIC, T. I.; KNIELING, J. Driving factors of sustainable transportation: Satisfaction with mode choices and mobility challenges in Oxfordshire and Hamburg. **International Journal of Transport Development and Integration**. vol. 3, n.1, p 55-66. 2019.

TIWARI, R.; AGRAWAL, S.; KASDEKAR, D. K. Application of ELECTRE-I,II methods for EDM performance measures in manufacturing decision making. International Conference on Mechanical and Energy Technologies (ICMET 2019). IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. vol. 748, n. 012015, 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/748/1/012015.

TORKASHVAND, G.; STEPHANE, L.; VINK, P. Aircraft interior design and satisfaction for different activities; A new approach toward understanding passenger experience. International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace. vol. 6, n. 2, 2019.

TRUNTSEVSKY, Y; LEZER, V.; BELYASOV, S.; KOPYTOVA, A. Legal aspects in development of transport infrastructure in the city of Tyumen. **E3S Web of Conferences**. n. 157, 2020.

TZENG, G; HUANG, J. **Multiple attribute decision making: methods and applications**. New York: CRC Press.

URRY, J. Social Networks, Mobile and Social Inequalities. **Journal of Transport Geography**. n. 21, p 24-30, 2012.

VANDERLEI, M. I. **A importância dos critérios de tomada de decisão na escolha da infraestrutura do modo de transporte público**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

VINCKE, P. **Robust Solutions and Methods in Decision-Aid**. Journal of Multicriteria Decision Analysis, 8.3. UK: John Wiley & Sons Inc., 1999.

VOZES DA ZONA NORTE. **A História do Bairro do Alto Santa Terezinha (Recife) e suas localidades: Córrego do Tiro, Córrego José Grande e Alto do Brasil**. 22/09/2019. Disponível em: <<https://vozesdazonanorte.blogspot.com/2019/08/a-historia-do-bairro-do-alto-santa.html>>. Acesso em: 01/04/2020.

VUCHIC, V. **Urban Public Transportation**. Prentice-Hall, New Jersey, USA, 1981.

WANG, Y.; SINGGIH, M.; WANG, J.; RIT, M. Making sense of blockchain technology: How will it transform supply chains? **International Journal of Production Economics**. n. 211, p 221-236, 2019.

WOILER, S. MATHIAS, F. W. **Projetos: planejamento, elaboração, análise**. Ed. 2ª. São Paulo: Atlas, 2018.

WORD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future**. Oxford University Press. Oxford and New York, 1987.

WONG, W. G; HAN, B. M; FERREIRA, L; ZHU, X. N; SUN, Q. X. Evaluation of management strategies for the operation of high-speed railways in China. **Transportation Research Part A**. n. 36, p 277-289, 2002.

YAN, F.; GOVERDE; M. P. Combined line planning and train timetabling for strongly heterogeneous railway lines with direct connections. **Transportation Research Part B**. n. 127, p 20-46, 2019.

YAP, J. Y. L.; HO, C. C.; TING, C. A systematic review of the applications of multi-criteria decision-making methods in site selection problems. **Built Environment Project and Asset Management (BEPAM)**. vol. 9, n. 4, p. 548-563, 2019. DOI: 10.1108/BEPAM-05-2018-0078.

ZAHED, S. E.; SHAHANDASHTI, S. M.; NAJAFI, M. Lifecycle benefit-cost analysis of underground freight transportation systems. **Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice**. vol. 9, n.2, 2018.

ZHANG, L.; YU, J; REN, J.; MA, L.; ZHANG, W.; LIANG, H. How can fuel cell vehicles bring a bright future for this dragon? Answer by multi-criteria decision making analysis. **Internacional Journal of Hydrogen Energy**. n. 41, p 17183-17192, 2016.

ZHAO, P.; LI, P. Travel satisfaction inequality and the role of the urban metro system. **Transport Policy**. n. 79, p 66-81, 2019.

## APÊNDICE A - PESQUISA PARA AVALIAÇÃO DE CRITÉRIOS

### Pesquisa sobre mobilidade em morros para apoio a dissertação de mestrado em Engenharia Civil na área de Transportes e Gestão das Infraestruturas da UFPE

O presente formulário foi elaborado visando obter informações relativas a critérios considerados importantes para a implantação de políticas para melhoria da mobilidade nos morros. Todas as informações aqui obtidas serão utilizadas para análise em dissertação de mestrado em Engenharia Civil, na área específica de Transportes e Gestão das Infraestruturas Urbanas da UFPE. Pretende-se com as respostas obtidas, analisar as preferências de gestores, pesquisadores e da própria população quando na escolha de critérios para seleção de soluções a serem implantadas nas regiões de morro. Posteriormente, tais critérios serão hierarquizados e auxiliarão na classificação de melhores alternativas em uma aplicação local na região do Recife. O questionário poderá ser concluído em torno de 5 minutos. Garantimos que as respostas obtidas terão uso estritamente acadêmico, não sendo realizado nenhum uso comercial, econômico ou financeiro.

\*Obrigatório

#### Perguntas de perfil

1. Formação profissional (ex.: Estudante, engenheiro, arquiteto, nenhuma, etc.) \*

---

2. Área de atuação profissional \*

Marcar apenas uma oval.

- Atua em órgão público
- Membro de grupo de pesquisa
- Membro de associação de moradores
- Profissional de empresa privada
- Profissional liberal ou autônomo
- Desempregado
- Outro: \_\_\_\_\_

3. Você é morador de área de morro? \*

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

## Com base no texto abaixo, responda às questões abertas propostas.

A mobilidade nas cidades é um aspecto muito importante na vida de seus habitantes, por possibilitar ou dificultar acesso aos mais diferentes equipamentos e oportunidades. Por conta do crescimento da população e da falta de ordenamento no desenvolvimento das infraestruturas e moradias nas cidades, muitas vezes a população mais pobre tende a ocupar regiões desfavoráveis e sem infraestrutura, como os morros. Neles, as pessoas lidam com dificuldades diárias relativas à mobilidade de forma mais acentuada do que em regiões planas e regularmente ocupadas. No Recife é possível encontrar tais condições, com morros de elevação razoável, cortados muitas vezes por córregos e com presença de regiões mais baixas (vales), caracterizando uma região ondulada mas que não chega a ser montanhosa, e mesmo assim densamente povoada.

Apesar dessas dificuldades, há soluções que podem melhorar a mobilidade nesses locais. Historicamente no Recife têm sido aplicadas soluções de escadarias e linhas de ônibus complementares que conseguem acessar ruas mais estreitas e íngremes. Em outras metrópoles no Brasil e principalmente na América Latina têm sido adotadas experiências-piloto de mobilidade nesses contextos, como a utilização de escadas rolantes, elevadores públicos, planos inclinados e teleféricos (veja exemplos nas imagens abaixo).

No entanto, para testar as várias alternativas possíveis no contexto local, é necessário que sejam bem avaliadas, já que evidentemente tem-se restrições de várias ordens. Assim, é preciso apontar que aspectos devem ser considerados mais relevantes e devem ser levados em conta pela gestão pública, para então apontar a melhor estratégia de intervenção. Assim, esta pesquisa acadêmica propõe algumas questões abertas, que possam, a partir das dificuldades identificadas e de propostas de superação, apoiar por meio de multicritérios de análise o planejamento da ação de intervenções e de políticas públicas.

(Fontes das imagens abaixo:

><http://thecityfixbrasil.com/2012/04/19/favelas-do-rio-terao-escadas-rolantes-inspiradas-em-sistema-de-medellin/>)

><http://www.bahia-turismo.com/salvador/elevador-lacerda.htm>

><http://www.jornalgrandebahia.com.br/2015/08/salvador-plano-inclinado-do-pilar-e-entregue-completamente-recuperado/>

><https://noticias.r7.com/rio-de-janeiro/teleferico-do-alemao-tem-novos-horarios-de-funcionamento-a-partir-deste-fim-de-semana-02052016>).

## Escadas rolantes em Medellin



**Elevador Lacerda em Salvador**



**Funicular do Pilar em Salvador**



**Teleférico do Complexo do Alemão**



4. Quais dificuldades você identifica para os moradores de áreas de morros do Recife para realizar deslocamentos internos e para acessar outras regiões da cidade? \*

---

---

---

---

---

5. Que ações, intervenções ou políticas públicas você sugeriria para serem adotadas no Recife para superar as dificuldades que você apontou? \*

---

---

---

---

---

6. Quais critérios de avaliação você sugeriria ajudar o gestor na escolha da solução ou da política pública que supere as dificuldades apontadas? \*

---

---

---

---

---

### **Agradecemos sua resposta!**

Agradecemos pela sua disponibilidade para responder este questionário! Caso possa contribuir com etapas futuras desta pesquisa, por favor, deixe seu contato de e-mail. Também o manteremos informado sobre futuros resultados e pesquisas realizadas com estes dados.

7. E-mail de contato:

---

## **APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO - MODOS DE LOCOMOÇÃO PARA AS REGIÕES DE MORRO DO RECIFE**

**O questionário a ser respondido avalia a visão do entrevistado sobre critérios para apoio a decisão sobre a aplicação de uma possível política pública e/ou tecnologia para facilitar a locomoção nas regiões de morro do Recife.** Este questionário refere-se à segunda etapa de uma pesquisa sobre como apoiar gestores públicos nas suas decisões sobre como intervir em áreas de morro visando melhorar a mobilidade da população. Da primeira etapa da pesquisa foram obtidos os critérios e sub-critérios para apoio à decisão. Nesta fase solicitamos que façam comparações entre critérios que conduzirão aos pesos a serem atribuídos no julgamento, e depois que façam a avaliação de três alternativas propostas com base nos critérios e sub-critérios estabelecidos. Todas as informações aqui obtidas serão utilizadas para análise em dissertação de mestrado em Engenharia Civil, na área específica de Transportes e Gestão das Infraestruturas Urbanas da UFPE. O questionário poderá ser concluído em torno de 15 minutos. Garantimos que as respostas obtidas terão uso estritamente acadêmico.

### **Quanto aos indicadores primários**

#### **ECONÔMICO**

Neste indicador, deve-se avaliar a importância dos efeitos de melhores condições de mobilidade promovidas por políticas públicas ou investimentos em transportes nas áreas de morro na renda das pessoas residentes. Além desse aspecto, devem-se considerar questões como custos de implantação, financiamento e operação, custo da tarifa para a própria população, e também a necessidade de subsídios públicos.

#### **SOCIAL**

Neste indicador, devem-se avaliar questões sociais representadas pela possibilidade de inclusão e integração pela acessibilidade às demais regiões da cidade. Também devem-se levar em conta a quantidade da população atendida; a acessibilidade de pessoas com mobilidade reduzida e a segurança pública.

### INSTITUCIONAL

Neste indicador, deve-se avaliar a capacidade técnico-institucional da gestão pública em promover os investimentos necessários, e propiciar também uma maior participação social nas decisões e na gestão, objetivando por meio de ações educativas melhorar a comunicação e a aceitação dos regulamentos e promover o bom uso dos equipamentos.

### INFRAESTRUTURAL

Neste indicador, devem-se avaliar questões relativas à qualidade do serviço prestado e das infraestruturas disponíveis. Com relação aos veículos, avaliam-se a limpeza, segurança, conforto, acessibilidade. Quanto aos serviços, avaliam-se questões operacionais relativas ao nível e qualidade da oferta, tais como: frequência, velocidade, tempo de viagem, congestionamentos, densidade de paradas e linhas.

### AMBIENTAL

Neste indicador, devem-se avaliar os níveis de impactos ambientais e urbanos decorrentes das diversas opções de transportes e suas consequentes capacidades de promover mudanças nos deslocamento da população visando atingir padrões de uma mobilidade sustentável.

**Avalie agora os indicadores primários do MAIS IMPORTANTE ao MENOS IMPORTANTE, usando valores de 1 (mais importante) a 5 (menos importante).**

ECONÔMICO  SOCIAL  INSTITUCIONAL  INFRAESTRUTURA  AMBIENTAL

**Analisando par-a-par, marque o indicador considerado mais relevante (busque coerência com seu julgamento anterior) avaliando em que proporção numérica ele é superior, seguindo a escala abaixo:**

Igualmente importante	1
(entre as opções acima e abaixo)	2
Fracamente mais importante	3
(entre as opções acima e abaixo)	4
Vagamente mais importante	5

(entre as opções acima e abaixo)	6
Fortemente mais importante	7
(entre as opções acima e abaixo)	8
Absolutamente mais importante	9

o ECONÔMICO o SOCIAL Valor de superioridade: \_\_\_\_

o ECONÔMICO o INSTITUCIONAL Valor de superioridade: \_\_\_\_

o ECONÔMICO o INFRAESTRUTURAL Valor de superioridade: \_\_\_\_

o ECONÔMICO o AMBIENTAL Valor de superioridade: \_\_\_\_

o SOCIAL o INSTITUCIONAL Valor de superioridade: \_\_\_\_

o SOCIAL o INFRAESTRUTURAL Valor de superioridade: \_\_\_\_

o SOCIAL o AMBIENTAL Valor de superioridade: \_\_\_\_

o INSTITUCIONAL o INFRAESTRUTURAL Valor de superioridade: \_\_\_\_

o INSTITUCIONAL o AMBIENTAL Valor de superioridade: \_\_\_\_

o INFRAESTRUTURA o AMBIENTAL Valor de superioridade: \_\_\_\_

### **Quanto aos indicadores secundários**

#### **Econômico (Indicador primário correspondente)**

##### **PRODUTIVIDADE ECONÔMICA**

Deve-se avaliar o indicador quanto à possibilidade da intervenção adotada em aumentar para a população local, a renda e o alcance a diferentes mercados de trabalho, pelas melhores condições de mobilidade e de acesso às oportunidades.

##### **RISCO DE DEMANDA**

Deve-se analisar o indicador como avaliação do risco que aquela intervenção pode ter de não trazer o retorno esperado ao se considerar os investimentos de construção e operação feitos.

## CUSTO DE OPERAÇÃO E GERENCIAMENTO

Esse indicador mede o nível de investimento de capital necessário para cada alternativa analisada em termos de operação, manutenção e gestão.

## TARIFA

Deve-se considerar o indicador como avaliação da importância do valor da tarifa eventualmente necessária, em especial quando se considera seu peso sobre o orçamento familiar de comunidades de baixa renda.

**Avalie agora os indicadores econômicos secundários do MAIS IMPORTANTE ao MENOS IMPORTANTE, usando valores de 1 (mais importante) a 4 (menos importante).**

o PRODUTIVIDADE ECONÔMICA o RISCO DE DEMANDA o CUSTO DE OPERAÇÃO E GERENCIAMENTO o TARIFA

**Também par-a-par avalie por comparação o indicador econômico secundário considerado mais relevante dentre os dois (de acordo com o já afirmado anteriormente) e em que proporção numérica ele é mais relevante seguindo a escala já mencionada:**

o PRODUTIVIDADE ECONÔMICA o RISCO DE DEMANDA Valor de superioridade:

\_\_\_

o PRODUTIVIDADE ECONÔMICA o CUSTO DE OPERAÇÃO E GERENCIAMENTO

Valor de superioridade: \_\_\_

o PRODUTIVIDADE ECONÔMICA o TARIFA

Valor de superioridade: \_\_\_

o RISCO DE DEMANDA o CUSTO DE OPERAÇÃO E GERENCIAMENTO Valor de superioridade: \_\_\_

o RISCO DE DEMANDA o TARIFA

Valor de superioridade: \_\_\_

o CUSTO DE OPERAÇÃO E GERENCIAMENTO o TARIFA

Valor de superioridade: \_\_\_

---

**Sociais (indicador primário correspondente)****INTERAÇÃO SOCIAL**

Considere a análise do indicador como avaliação da possibilidade de conexão com a cidade por parte da população, permitindo condições de maior interação social.

**SEGURANÇA**

Considere o indicador como avaliação da sensação de segurança pessoal e pública sentida pelo usuário.

**COMUNICAÇÃO**

Considere o indicador como o nível de demanda de informação necessária para a compreensão das funcionalidades do sistema de mobilidade.

**INCLUSÃO**

Considere o indicador como facilitador da inclusão social de pessoas com mobilidade reduzida (ex.: idosos, crianças, portadores de deficiência, etc.)

**Avalie agora os indicadores sociais secundários do MAIS IMPORTANTE ao MENOS IMPORTANTE, usando valores de 1 (mais importante) a 4 (menos importante).**

- o INTERAÇÃO SOCIAL o SEGURANÇA o COMUNICAÇÃO
- o INCLUSÃO

**Também par-a-par avalie por comparação o indicador social secundário considerado mais relevante dentre os dois (de acordo com o já afirmado anteriormente) e em que proporção numérica ele é mais relevante seguindo a escala já mencionada:**

- o INTERAÇÃO SOCIAL o SEGURANÇA

Valor de superioridade: \_\_\_\_

o INTERAÇÃO SOCIAL o COMUNICAÇÃO

Valor de superioridade: \_\_\_\_

o INTERAÇÃO SOCIAL o INCLUSÃO

Valor de superioridade: \_\_\_\_

o SEGURANÇA o COMUNICAÇÃO

Valor de superioridade: \_\_\_\_

o SEGURANÇA o INCLUSÃO

Valor de superioridade: \_\_\_\_

o COMUNICAÇÃO o INCLUSÃO

Valor de superioridade: \_\_\_\_

### **Institucional (indicador primário correspondente)**

#### **PARTICIPAÇÃO SOCIAL**

Considere o indicador como a possibilidade/facilidade de participação da comunidade nas escolhas, tanto em época de elaboração do projeto, como durante a operação (ex.: pontos que deveriam ser mais bem atendidos, horários de maiores frequências, etc.).

#### **RISCOS REGULATÓRIOS**

Considere o indicador com relação à facilidade de aplicação, aceitação e operacionalização das regras legais para contratação do serviço público.

#### **CAPACIDADE DE GESTÃO**

Considere o indicador como referente à capacidade instrumental dos entes públicos de gerir as infraestruturase os serviços, tanto nas questões de manutenção e seus custos, quanto na regulação e fiscalização da operacionalização dos contratos com a iniciativa privada.

**Avalie agora os indicadores institucionais secundários do MAIS IMPORTANTE ao MENOS IMPORTANTE, usando valores de 1 (mais importante) a 3 (menos importante).**

o PARTICIPAÇÃO SOCIAL o RISCOS REGULATÓRIOS

o CAPACIDADE DE GESTÃO

**Também par-a-par avalie por comparação o indicador institucional secundário considerado mais relevante dentre os dois (de acordo com o já afirmado anteriormente) e em que proporção numérica ele é mais relevante seguindo a escala já mencionada:**

o PARTICIPAÇÃO SOCIAL o RISCOS REGULATÓRIOS

Valor de superioridade: \_\_\_\_

o PARTICIPAÇÃO SOCIAL o CAPACIDADE DE GESTÃO

Valor de superioridade: \_\_\_\_

o CAPACIDADE DE GESTÃO o RISCOS REGULATÓRIOS

Valor de superioridade: \_\_\_\_

### **Infraestrutural (indicador primário correspondente)**

#### **QUALIDADE DO SERVIÇO**

Considere a análise do indicador como avaliação de questões de qualidade das diversas alternativas com relação ao serviço prestado, em termos de limpeza, conforto, além de questões de atendimento da população pelos operadores.

#### **SEGURANÇA NO USO**

Considere o indicador como avaliação da segurança da infraestrutura e dos serviços, com relação a riscos de acidentes, quedas, atropelamentos, etc.

#### **OPERAÇÃO**

Considere o indicador como de avaliação da qualidade operacional das alternativas de serviços, com respeito à frequência, tempo de viagem, velocidade de operação, número e densidade de linhas e paradas. O indicador deve avaliar também, a qualidade da manutenção das infraestruturas e dos serviços prestados por entes públicos ou privados.

**Avalie agora os indicadores infraestruturais secundários do MAIS IMPORTANTE ao MENOS IMPORTANTE, usando valores de 1 (mais importante) a 3 (menos importante).**

o QUALIDADE DO SERVIÇO o SEGURANÇA NO USO o OPERAÇÃO

**Também par-a-par avalie por comparação o indicador infraestrutural secundário considerado mais relevante dentre os dois (de acordo com o já afirmado anteriormente) e em que proporção numérica ele é mais relevante seguindo a escala já mencionada:**

o QUALIDADE DO SERVIÇO o SEGURANÇA NO USO

Valor de superioridade: \_\_\_\_

o QUALIDADE DO SERVIÇO o OPERAÇÃO

Valor de superioridade: \_\_\_\_

o SEGURANÇA NO USO o OPERAÇÃO

Valor de superioridade: \_\_\_\_

### **Ambientais (indicador primário correspondente)**

#### **EMISSÃO DE GASES E PARTÍCULAS**

Deve-se analisar o indicador com base na possibilidade da alternativa em consideração permitir uma diminuição do uso dos veículos privados, e por meio da tecnologia implantada, reduzir a emissão de gases e partículas danosas ao corpo humano.

#### **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Deve-se analisar o indicador com base na capacidade da alternativa em trazer maior eficiência no consumo energético com base na diminuição do uso de veículos privados e combustíveis fósseis pela população, e redução de energia também na operação dos serviços de transportes postos à disposição do público.

#### **USO DO SOLO**

Deve-se analisar o indicador com base no consumo de espaço necessário para a implantação da infraestrutura ou para a operação do serviço. Esse indicador deve levar conta também a possibilidade de se desapropriar residências para sua implantação, e intervenção no espaço físico, podendo produzir segregação espacial e exclusão de residentes.

## POLUIÇÃO SONORA

Deve-se analisar o indicador com base no potencial de redução da poluição sonora comparando a alternativa proposta com a condição atual.

**Avalie agora os indicadores ambientais secundários do MAIS IMPORTANTE ao MENOS IMPORTANTE, usando valores de 1 (mais importante) a 4 (menos importante).**

o EMISSÃO DE GASES E PARTÍCULAS o EFICIÊNCIA ENERGÉTICA o USO DO SOLO  
o POLUIÇÃO SONORA

**Também par-a-par avalie por comparação o indicador ambiental secundário considerado mais relevante dentre os dois (de acordo com o já afirmado anteriormente) e em que proporção numérica ele é mais relevante seguindo a escala já mencionada:**

o EMISSÃO DE GASES E PARTÍCULAS o EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
Valor de superioridade: \_\_\_\_

o EMISSÃO DE GASES E PARTÍCULAS o USO DO SOLO  
Valor de superioridade: \_\_\_\_

o EMISSÃO DE GASES E PARTÍCULAS o POLUIÇÃO SONORA  
Valor de superioridade: \_\_\_\_

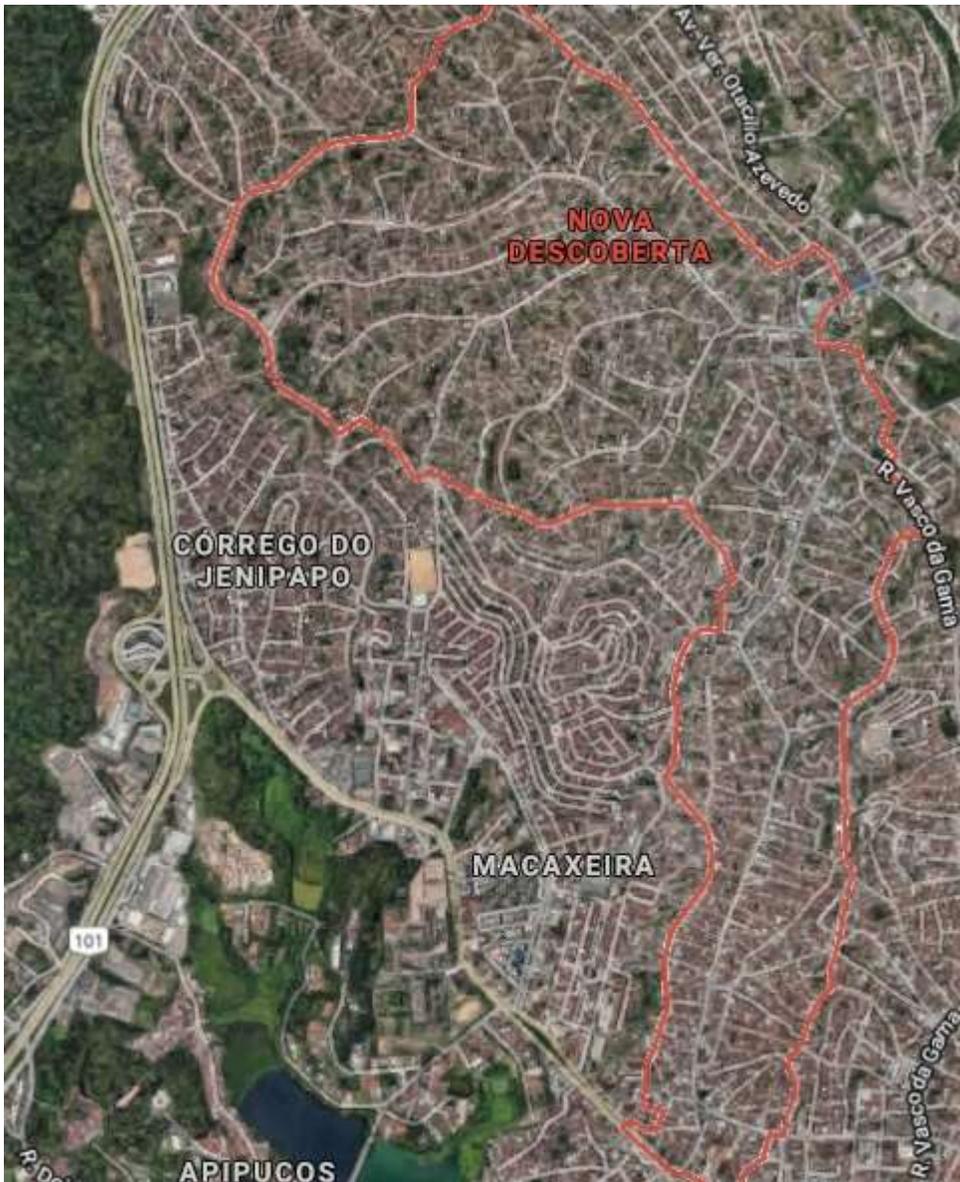
o EFICIÊNCIA ENERGÉTICA o USO DO SOLO  
Valor de superioridade: \_\_\_\_

o EFICIÊNCIA ENERGÉTICA o POLUIÇÃO SONORA  
Valor de superioridade: \_\_\_\_

o USO DO SOLO o POLUIÇÃO SONORA Valor de superioridade: \_\_\_\_

## Avaliação de alternativas

**Considerando agora as alternativas abaixo de soluções para região de morro de Nova Descoberta e Córrego do Jenipapo, nas proximidades da Macaxeira:**



#### a) SOLUÇÃO 1: ESCADARIAS E REESTRUTURAÇÃO DAS LINHAS DE ÔNIBUS E REDE VIÁRIA

Nesta alternativa são realizadas intervenções tradicionais como requalificação das escadarias existentes, podendo se acrescentar novas em áreas de pior acesso e melhorias tópicas no sistema viário, como pequenas correções geométricas e melhorias nos passeios, na drenagem e na iluminação. Além disso, são melhoradas as condições de operação dos ônibus que servem a área, como veículos mais adequados e melhor conexão ao SEI (Sistema Estruturado Integrado), além de rotas mais racionalizadas. Em resumo extrair o máximo de soluções tradicionais.

### b) SOLUÇÃO 2: SOLUÇÃO 1 + PLANOS INCLINADOS

Nesta alternativa, além de todas as intervenções incluídas na Alternativa 1, adicionalmente serão implantados planos inclinados (conforme ilustração a seguir) nas áreas de maior demanda de fluxo associadas às mais críticas situações de acesso em termos de desníveis. Em síntese, uma solução tradicional otimizada acrescida de alternativa tecnológica para suprir situações críticas.



Plano inclinado em Salvador-BA.

### c) SOLUÇÃO 3: SOLUÇÃO 2 + TELEFÉRICOS

Esta alternativa incorpora as soluções propostas na Alternativa 2, que contemplam basicamente a escala da microacessibilidade no melhor nível possível, e acrescenta a solução teleférico (ver ilustração abaixo), visando atender a escala da macroacessibilidade, integrando ponto(s) estratégico(s) nas áreas de morros ao sistema principal de transportes (SEI).



Teleférico do Complexo do Alemão-RJ.

**Tomando como base a SOLUÇÃO 1, avalie o potencial de transformação da situação atual(ou seja, avalie seu potencial de gerar efeitos positivos sobre a qualidade de vida da população, sobre a eficiência da gestão pública e sobre a qualidade urbanística e ambiental) sobre cada um dos indicadores abaixo, dando notas de 1 (não auxilia em nada) a 10 (auxilia completamente):**

- o PRODUTIVIDADE ECONÔMICA o RISCO DE DEMANDA o CUSTO DE OPERAÇÃO E GERENCIAMENTO o TARIFA
- o INTERAÇÃO SOCIAL o SEGURANÇA o COMUNICAÇÃO
- o INCLUSÃO
- o PARTICIPAÇÃO SOCIAL o RISCOS REGULATÓRIOS
- o CAPACIDADE DE GESTÃO
- o QUALIDADE DO SERVIÇO o SEGURANÇA NO USO o OPERAÇÃO
- o EMISSÃO DE GASES E PARTÍCULAS o EFICIÊNCIA ENERGÉTICA o USO DO SOLO
- o POLUIÇÃO SONORA

**Tomando como base a SOLUÇÃO 2, avalie o potencial de transformação da situação atual sobre cada um dos indicadores abaixo, dando notas de 1 (não auxilia em nada) a 10 (auxilia completamente):**

- o PRODUTIVIDADE ECONÔMICA o RISCO DE DEMANDA o CUSTO DE OPERAÇÃO E GERENCIAMENTO o TARIFA
- o INTERAÇÃO SOCIAL o SEGURANÇA o COMUNICAÇÃO
- o INCLUSÃO
- o PARTICIPAÇÃO SOCIAL o RISCOS REGULATÓRIOS
- o CAPACIDADE DE GESTÃO
- o QUALIDADE DO SERVIÇO o SEGURANÇA NO USO o OPERAÇÃO
- o EMISSÃO DE GASES E PARTÍCULAS o EFICIÊNCIA ENERGÉTICA o USO DO SOLO
- o POLUIÇÃO SONORA

Tomando como base a SOLUÇÃO 3, avalie o potencial de transformação da situação atual sobre cada um dos indicadores abaixo, dando notas de 1 (não auxilia em nada) a 10 (auxilia completamente):

o PRODUTIVIDADE ECONÔMICA o RISCO DE DEMANDA o CUSTO DE OPERAÇÃO E GERENCIAMENTO o TARIFA

o INTERAÇÃO SOCIAL o SEGURANÇA o COMUNICAÇÃO

o INCLUSÃO

o PARTICIPAÇÃO SOCIAL o RISCOS REGULATÓRIOS

o CAPACIDADE DE GESTÃO

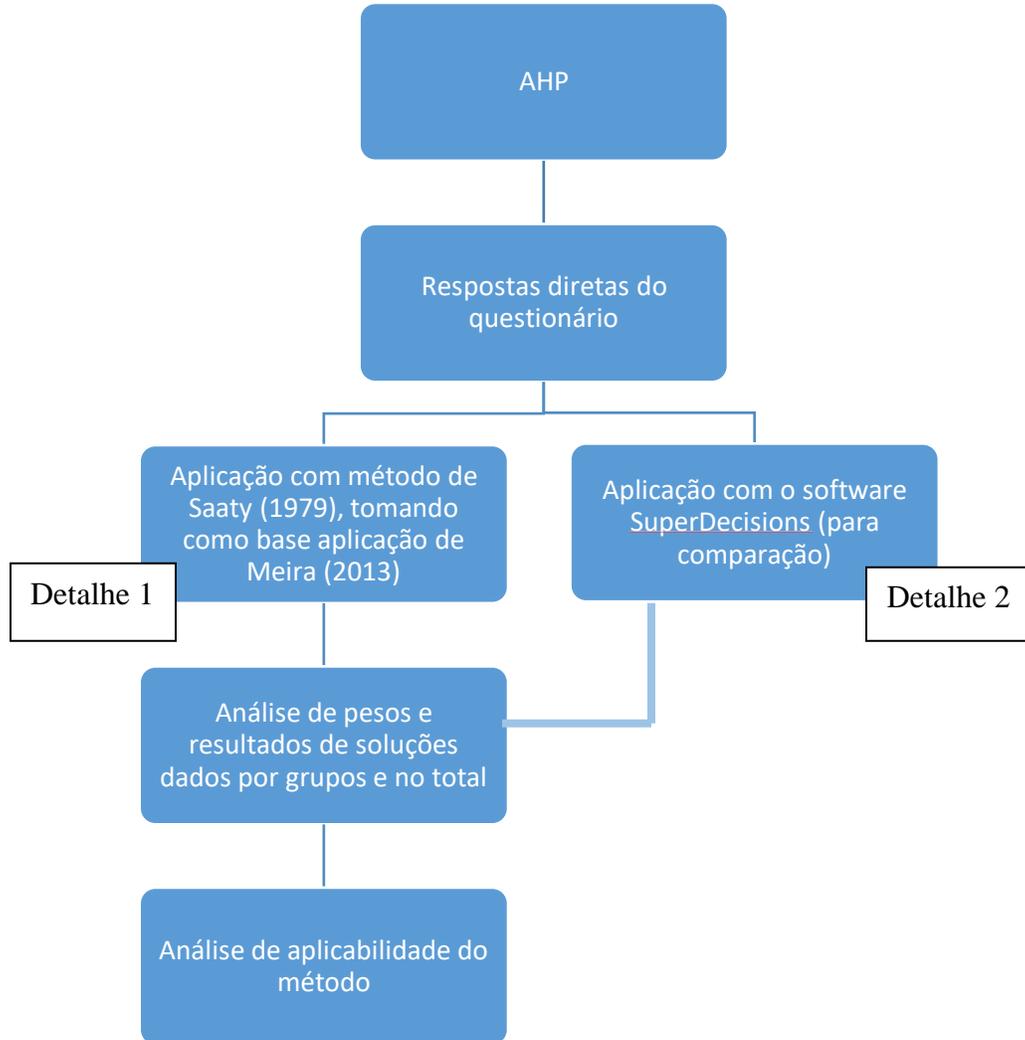
o QUALIDADE DO SERVIÇO o SEGURANÇA NO USO o OPERAÇÃO

o EMISSÃO DE GASES E PARTÍCULAS o EFICIÊNCIA ENERGÉTICA o USO DO SOLO

o POLUIÇÃO SONORA

## APÊNDICE C - PLANILHA DE CÁLCULO AHP

Os cálculos para o método AHP forma realizados com base no fluxograma abaixo:



**Detalhe 1**

Aplicação com método de Saaty (1979), tomando como base aplicação de Meira (2013)

Média geométrica das respostas (pesos e notas das soluções)

Normalização dos pesos (soma dos valores das colunas nas avaliações par a par; divisão dos valores individuais pela soma de sua coluna)

Análise de taxa de consistência (deve estar abaixo de 0,1)  
(multiplicação da matriz de média geométrica das respostas pela matriz coluna de pesos obtidos; divisão entre cada unidade da coluna resultante da etapa anterior correspondente ao critério pelos pesos obtidos anteriormente; obtenção da média dos valores obtidos; subtrair número de critérios, e dividir pelo número de critérios menos 1; dividir por valor presente em tabela correspondente ao número de critérios)

Multiplicação dos pesos dos critérios principais pelos pesos dos critérios secundários e nota correspondente ao critério secundário e solução em questão; soma desses valores para todos os critérios secundários para obtenção das notas das soluções

**Detalhe 2**

Aplicação com método de Saaty (1979), usando aplicação SuperDecisions

Média geométrica das respostas (pesos e notas das soluções)

Valores são diretamente colocados no programa, sob forma de matriz, gráfico, ou solução direta

Análise de taxa de consistência (deve estar abaixo de 0,1) (realizada automaticamente pelo programa)

Multiplicação dos pesos dos critérios principais pelos pesos dos critérios secundários e nota correspondentes ao critério secundário e solução em questão; soma desses valores para todos os critérios secundários para obtenção das notas das soluções (tudo realizado automaticamente pelo programa)

**GESTORES**

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL
ECONÔMICO	1	3,11787	3,853471	2,177939	2,140695
SOCIAL	0,320732	1	0,769161	0,451801	1,155987
INSTITUCIONAL	0,259506	1,300119	1	0,33437	0,686589
INFRAESTRUTURAL	0,45915	2,213364	2,990698	1	1,391579
AMBIENTAL	0,467138	0,865062	1,456475	0,718608	1

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL
-----------	-----------	--------	---------------	-----------------	-----------

ECONÔMICO	1	3,11787	3,853471	2,177939	2,140695
SOCIAL	0,320732	1	0,769161	0,451801	1,155987
INSTITUCIONAL	0,259506	1,300119	1	0,33437	0,686589
INFRAESTRUTURAL	0,45915	2,213364	2,990698	1	1,391579
AMBIENTAL	0,467138	0,865062	1,456475	0,718608	1
SOMA	2,506526	8,496414	10,0698	4,682718	6,37485

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL	MÉDIA
ECONÔMICO	0,398959	0,366963	0,382676	0,465101	0,335803	0,3899
SOCIAL	0,127959	0,117697	0,076383	0,096483	0,181336	0,119971
INSTITUCIONAL	0,103532	0,15302	0,099307	0,071405	0,107703	0,106993
INFRAESTRUTURAL	0,183182	0,260506	0,296997	0,213551	0,218292	0,234505
AMBIENTAL	0,186369	0,101815	0,144638	0,15346	0,156866	0,14863
SOMA	1	1	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC
2,00516	5,142749	5,104936	0,026234
0,605083	5,043568		
0,544611	5,090138		
1,205883	5,142238		
0,7589	5,105985		

**Para critérios secundários:**

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	4,481405	1,144714	1,587401
RISCO DE DEM	0,223144	1	0,281144	0,669433
CUSTO OP E GE	0,87358	3,556893	1	0,919641
TARIFA	0,629961	1,493802	1,08738	1

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	4,481405	1,144714	1,587401
RISCO DE DEM	0,223144	1	0,281144	0,669433
CUSTO OP E GE	0,87358	3,556893	1	0,919641
TARIFA	0,629961	1,493802	1,08738	1
SOMA	2,726685	10,5321	3,513239	4,176475

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA	MÉDIA
PROD ECON	0,366746	0,4255	0,325829	0,380082	0,374539
RISCO DE DEM	0,081837	0,094948	0,080024	0,160287	0,104274
CUSTO OP E GE	0,320382	0,337719	0,284638	0,220196	0,290734
TARIFA	0,231035	0,141833	0,309509	0,239436	0,230454
SOMA	1	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
1,540462	4,112956	4,094862	0,031621	0,035529
0,423861	4,064883			
1,200749	4,130068			
0,938301	4,07154			

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	0,919641	1,817121	3,914868
SEGURANÇA	1,08738	1	1,613429	1,709976
COMUNICAÇÃO	0,550321	0,619798	1	1,842016

INCLUSÃO	0,255436	0,584804	0,542884	1
----------	----------	----------	----------	---

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	0,919641	1,817121	3,914868
SEGURANÇA	1,08738	1	1,613429	1,709976
COMUNICAÇÃO	0,550321	0,619798	1	1,842016
INCLUSÃO	0,255436	0,584804	0,542884	1
SOMA	2,893138	3,124243	4,973433	8,466859

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO	MÉDIA
INTERAÇÃO	0,345645	0,294357	0,365365	0,462375	0,366936
SEGURANÇA	0,375848	0,320078	0,324409	0,201961	0,305574
COMUNICAÇÃO	0,190216	0,198383	0,201068	0,217556	0,201806
INCLUSÃO	0,08829	0,187182	0,109157	0,118108	0,125684
SOMA	1	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
1,506697	4,106162	4,076584	0,025528	0,028683
1,245089	4,074591			
0,824645	4,086327			
0,507671	4,039255			

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	1,057371	0,345721
RISCOS REG	0,945742	1	0,250986
CAPAC DE GESTÃO	2,892508	3,984283	1

Crêterios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	1,057371	0,345721
RISCOS REG	0,945742	1	0,250986
CAPAC DE GESTÃO	2,892508	3,984283	1
SOMA	4,838249	6,041654	1,596707

Crêterios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO	MÉDIA
PART SOCIAL	0,206686	0,175014	0,216521	0,199407
RISCOS REG	0,195472	0,165518	0,15719	0,172726
CAPAC DE GESTÃO	0,597842	0,659469	0,626289	0,627867
SOMA	1	1	1	1
COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
0,59911	3,004456	3,007783	0,003892	0,007484
0,5189	3,004171			
1,892844	3,014723			

Crêterios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERA�O
QUALID DO SERV	1	0,974004	0,368894
SEG NO USO	1,02669	1	0,404553
OPERA�O	2,710806	2,471862	1

Crêterios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERA�O
-----------	----------------	------------	---------

QUALID DO SERV	1	0,974004	0,368894
SEG NO USO	1,02669	1	0,404553
OPERAÇÃO	2,710806	2,471862	1
SOMA	4,737496	4,445866	1,773447

Crítérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO	MÉDIA
QUALID DO SERV	0,211082	0,219081	0,20801	0,212724
SEG NO USO	0,216716	0,224928	0,228117	0,223254
OPERAÇÃO	0,572202	0,555991	0,563874	0,564022
SOMA	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
0,638238	3,000311	3,000483	0,000242	0,000464
0,669832	3,000321			
1,692528	3,000818			

Crítérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	2,44949	0,354948	1,778279
EF ENERGÉTICA	0,408248	1	0,354948	0,903602
USO DO SOLO	2,817313	2,817313	1	2,47955
POLUIÇÃO SONORA	0,562341	1,106682	0,403299	1

Crítérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
-----------	-----------------	---------------	-------------	-----------------

EM GASES E PART	1	2,44949	0,354948	1,778279
EF ENERGÉTICA	0,408248	1	0,354948	0,903602
USO DO SOLO	2,817313	2,817313	1	2,47955
POLUIÇÃO SONORA	0,562341	1,106682	0,403299	1
SOMA	4,787903	7,373485	2,113195	6,161432

Crerios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA	MÉDIA
EM GASES E PART	0,20886	0,332202	0,167968	0,288615	0,249411
EF ENERGÉTICA	0,085267	0,135621	0,167968	0,146655	0,133877
USO DO SOLO	0,588423	0,382087	0,473217	0,402431	0,46154
POLUIÇÃO SONORA	0,11745	0,150089	0,190848	0,1623	0,155172
SOMA	1	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
1,017104	4,078023	4,085279	0,028426	0,03194
0,539735	4,031563			
1,92614	4,173293			
0,629724	4,058235			

### Avaliação de alternativas

AVALIAÇÃO	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3
PROD ECON	4,527019	5,291503	5,544443
RISCO DE DEM	5,47113	4,898979	4,924298
CUSTO OP E GE	4,738137	3,662842	3,868673
TARIFA	5,803009	4,527019	4,426728
INTERAÇÃO	4,680695	4,527019	5,785015

SEGURANÇA	3,806754	3,984283	5,477226
COMUNICAÇÃO	4,680695	5,264296	6,061547
INCLUSÃO	4,738137	5,47113	7,521206
PART SOCIAL	4,426728	4,864599	5,477226
RISCOS REG	5,449632	4,704885	4,527019
CAPAC DE GESTÃO	5,825901	5,264296	4,820571
QUALID DO SERV	5,09146	6,653712	6,116909
SEG NO USO	3,806754	4,864599	4,605779
OPERAÇÃO	5,117773	6,260338	5,957892
EM GASES E PART	2,213364	6,061547	7,691606
EF ENERGÉTICA	2,340347	5,732657	6,116909
USO DO SOLO	3,439791	6,160141	7,691606
POLUIÇÃO SONORA	2,213364	5,18004	6,324555

### Análise final

	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3
RESULTADO	4,604783	5,189016	5,500796

### PESQUISADORES

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL
ECONÔMICO	1	1,224306	2,466473	2,162965	1,442986
SOCIAL	0,816789	1	3,396356	1,94963	3,167104
INSTITUCIONAL	0,405437	0,294433	1	0,624655	1,037171
INFRAESTRUTURAL	0,462328	0,512918	1,600883	1	1,269077
AMBIENTAL	0,693007	0,315746	0,964161	0,787974	1

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL
-----------	-----------	--------	---------------	-----------------	-----------

ECONÔMICO	1	1,224306	2,466473	2,162965	1,442986
SOCIAL	0,816789	1	3,396356	1,94963	3,167104
INSTITUCIONAL	0,405437	0,294433	1	0,624655	1,037171
INFRAESTRUTURAL	0,462328	0,512918	1,600883	1	1,269077
AMBIENTAL	0,693007	0,315746	0,964161	0,787974	1
SOMA	3,377563	3,347403	9,427872	6,525224	7,916338

Crítérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL	MÉDIA
ECONÔMICO	0,296071	0,365748	0,261615	0,331477	0,182279	0,287438
SOCIAL	0,241828	0,298739	0,360246	0,298784	0,400072	0,319934
INSTITUCIONAL	0,120038	0,087959	0,106068	0,095729	0,131017	0,108162
INFRAESTRUTURAL	0,136882	0,153229	0,169803	0,153251	0,160311	0,154695
AMBIENTAL	0,20518	0,094326	0,102267	0,120758	0,126321	0,12977
SOMA	1	1	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
1,467772	5,106389	5,092403	0,023101	0,020811
1,634663	5,109379			
0,550125	5,086106			
0,78953	5,103772			
0,656167	5,056369			

**Para os critérios secundários:**

Crítérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	1,266632	1,084106	1,52108
RISCO DE DEM	0,789496	1	0,923537	0,525211
CUSTO OP E GE	0,922419	1,082793	1	0,567269
TARIFA	0,657428	1,903998	1,762832	1

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	1,266632	1,084106	1,52108
RISCO DE DEM	0,789496	1	0,923537	0,525211
CUSTO OP E GE	0,922419	1,082793	1	0,567269
TARIFA	0,657428	1,903998	1,762832	1
SOMA	3,369342	5,253423	4,770475	3,61356

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA	MÉDIA
PROD ECON	0,296794	0,241106	0,227253	0,420937	0,296522
RISCO DE DEM	0,234317	0,190352	0,193594	0,145344	0,190902
CUSTO OP E GE	0,273768	0,206112	0,209623	0,156983	0,211622
TARIFA	0,19512	0,36243	0,36953	0,276735	0,300954
SOMA	1	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
1,22552	4,132976	4,095525	0,031842	0,035777
0,77851	4,078059			
0,862569	4,075996			
1,232426	4,095067			

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	0,694949	2,596584	0,379867
SEGURANÇA	1,438955	1	3,366877	1,098086
COMUNICAÇÃO	0,385121	0,297011	1	0,360704

INCLUSÃO	2,632499	0,910675	2,772359	1
----------	----------	----------	----------	---

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	0,694949	2,596584	0,379867
SEGURANÇA	1,438955	1	3,366877	1,098086
COMUNICAÇÃO	0,385121	0,297011	1	0,360704
INCLUSÃO	2,632499	0,910675	2,772359	1
SOMA	5,456575	2,902635	9,73582	2,838657

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO	MÉDIA
INTERAÇÃO	0,183265	0,23942	0,266704	0,133819	0,205802
SEGURANÇA	0,26371	0,344515	0,345824	0,386833	0,33522
COMUNICAÇÃO	0,070579	0,102325	0,102713	0,127068	0,100671
INCLUSÃO	0,482445	0,313741	0,284759	0,352279	0,358306
SOMA	1	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
0,836274	4,063484	4,083704	0,027901	0,03135
1,36376	4,068248			
0,408737	4,060105			
1,484454	4,142979			

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	3,872809	1,504587
RISCOS REG	0,258211	1	0,243354
CAPAC DE GESTÃO	0,664634	4,109235	1

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	3,872809	1,504587
RISCOS REG	0,258211	1	0,243354
CAPAC DE GESTÃO	0,664634	4,109235	1
SOMA	1,922845	8,982044	2,747941

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO	MÉDIA
PART SOCIAL	0,520063	0,431172	0,547532	0,499589
RISCOS REG	0,134286	0,111333	0,088559	0,111393
CAPAC DE GESTÃO	0,345652	0,457494	0,363909	0,389018
SOMA	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
1,516303	3,0351	3,024408	0,012204	0,023469
0,335061	3,00793			
1,1788	3,030193			

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	1	1,062679	0,739426
SEG NO USO	0,941018	1	0,497167
OPERAÇÃO	1,3524	2,011396	1

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	1	1,062679	0,739426
SEG NO USO	0,941018	1	0,497167
OPERAÇÃO	1,3524	2,011396	1
SOMA	3,293417	4,074075	2,236594

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO	MÉDIA
QUALID DO SERV	0,303636	0,260839	0,330604	0,29836
SEG NO USO	0,285727	0,245454	0,222288	0,251156
OPERAÇÃO	0,410637	0,493706	0,447108	0,450484
SOMA	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
0,898358	3,01099	3,012572	0,006286	0,012089
0,755884	3,009615			
1,35916	3,017112			

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	0,769795	0,395948	2,98779
EF ENERGÉTICA	1,299047	1	0,510028	2,939751
USO DO SOLO	2,525584	1,960676	1	4,765337
POLUIÇÃO SONORA	0,334695	0,340165	0,209849	1

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	0,769795	0,395948	2,98779
EF ENERGÉTICA	1,299047	1	0,510028	2,939751
USO DO SOLO	2,525584	1,960676	1	4,765337
POLUIÇÃO SONORA	0,334695	0,340165	0,209849	1
SOMA	5,159326	4,070636	2,115825	11,69288

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA	MÉDIA
EM GASES E PART	0,193824	0,189109	0,187136	0,255522	0,206398
EF ENERGÉTICA	0,251786	0,245662	0,241054	0,251414	0,247479
USO DO SOLO	0,489518	0,481663	0,472629	0,407542	0,462838
POLUIÇÃO SONORA	0,064872	0,083566	0,099181	0,085522	0,083285
SOMA	1	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
0,829004	4,016533	4,020419	0,006806	0,007647
0,996497	4,026594			
1,866221	4,032125			
0,333675	4,006423			

**Avaliação das alternativas:**

AVALIAÇÃO	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3
PROD ECON	5,174164	6,332902	6,592673

RISCO DE DEM	5,630433	5,384826	4,410372
CUSTO OP E GE	6,138233	5,393201	4,044198
TARIFA	6,281582	4,996487	4,829679
INTERAÇÃO	4,926902	6,071677	5,797619
SEGURANÇA	5,18548	5,990788	6,53545
COMUNICAÇÃO	4,765184	5,600631	6,428279
INCLUSÃO	5,087851	6,11158	5,987117
PART SOCIAL	5,632363	6,058534	6,178913
RISCOS REG	4,21174	4,613261	5,534612
CAPAC DE GESTÃO	5,445623	5,127496	5,227752
QUALID DO SERV	4,91615	6,981661	7,154114
SEG NO USO	4,766817	5,830654	7,545917
OPERAÇÃO	6,121086	5,640715	6,207537
EM GASES E PART	4,814382	5,700906	6,490555
EF ENERGÉTICA	3,418568	5,393201	5,903632
USO DO SOLO	4,624452	6,572119	7,394242
POLUIÇÃO SONORA	4,02555	5,075098	6,007379

### Análise final

	SOLUÇÃO	SOLUÇÃO	SOLUÇÃO
	1	2	3
RESULTADO	5,266897	5,834859	5,992725

### PARA O CONJUNTO DAS RESPOSTAS

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL
ECONÔMICO	1	1,525498	2,739496	2,166479	1,583311
SOCIAL	0,655523	1	2,394691	1,382099	2,498457

INSTITUCIONAL	0,365031	0,41759	1	0,539236	0,941232
INFRAESTRUTURAL	0,461578	0,723537	1,854477	1	1,296894
AMBIENTAL	0,631588	0,400247	1,062438	0,771073	1

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL
ECONÔMICO	1	1,525498	2,739496	2,166479	1,583311
SOCIAL	0,655523	1	2,394691	1,382099	2,498457
INSTITUCIONAL	0,365031	0,41759	1	0,539236	0,941232
INFRAESTRUTURAL	0,461578	0,723537	1,854477	1	1,296894
AMBIENTAL	0,631588	0,400247	1,062438	0,771073	1
SOMA	3,11372	4,066873	9,0511	5,858887	7,319894

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL	MÉDIA
ECONÔMICO	0,321159	0,375104	0,30267	0,369777	0,216302	0,317002
SOCIAL	0,210527	0,245889	0,264575	0,235898	0,341324	0,259643
INSTITUCIONAL	0,117233	0,102681	0,110484	0,092037	0,128585	0,110204
INFRAESTRUTURAL	0,14824	0,17791	0,20489	0,170681	0,177174	0,175779
AMBIENTAL	0,20284	0,098416	0,117382	0,131607	0,136614	0,137372
SOMA	1	1	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
1,613314	5,089282	5,072222	0,018055	0,016266
1,317512	5,074328			
0,558429	5,067227			
0,892489	5,07734			
0,694131	5,05293			

**Para os critérios secundários:**

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	1,438923	0,971552	1,33351

RISCO DE DEM	0,694964	1	0,676957	0,517921
CUSTO OPERAÇÃO	1,029281	1,477198	1	0,716164
TARIFA	0,7499	1,930795	1,396328	1

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OPERAÇÃO	TARIFA
PROD ECON	1	1,438923	0,971552	1,33351
RISCO DE DEM	0,694964	1	0,676957	0,517921
CUSTO OPERAÇÃO	1,029281	1,477198	1	0,716164
TARIFA	0,7499	1,930795	1,396328	1
SOMA	3,474146	5,846915	4,044838	3,567596

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OPERAÇÃO	TARIFA	MÉDIA
PROD ECON	0,287841	0,246099	0,240196	0,373784	0,28698
RISCO DE DEM	0,200039	0,17103	0,167363	0,145174	0,170902
CUSTO OPERAÇÃO	0,296269	0,252646	0,247229	0,200741	0,249221
TARIFA	0,215852	0,330225	0,345212	0,280301	0,292897
SOMA	1	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
1,165607	4,061633	4,048193	0,016064	0,01805
0,690752	4,041813			
1,006822	4,039875			
1,186074	4,049453			

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	0,836434	2,400917	0,606931
SEGURANÇA	1,195551	1	2,867762	1,106942
COMUNICAÇÃO	0,416507	0,348704	1	0,478741
INCLUSÃO	1,647635	0,90339	2,088811	1

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	0,836434	2,400917	0,606931
SEGURANÇA	1,195551	1	2,867762	1,106942
COMUNICAÇÃO	0,416507	0,348704	1	0,478741
INCLUSÃO	1,647635	0,90339	2,088811	1
SOMA	4,259694	3,088528	8,35749	3,192614

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO	MÉDIA
INTERAÇÃO	0,234759	0,27082	0,287277	0,190105	0,24574
SEGURANÇA	0,280666	0,323779	0,343137	0,34672	0,323575
COMUNICAÇÃO	0,097779	0,112903	0,119653	0,149953	0,120072
INCLUSÃO	0,386797	0,292498	0,249933	0,313223	0,310613
SOMA	1	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
0,993193	4,041639	4,039755	0,013252	0,014889
1,305538	4,034727			
0,48396	4,030582			
1,258625	4,052071			

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	2,853433	1,064478
RISCOS REG	0,350455	1	0,245129

CAPAC DE GESTÃO	0,939427	4,079486	1
-----------------	----------	----------	---

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	2,853433	1,064478
RISCOS REG	0,350455	1	0,245129
CAPAC DE GESTÃO	0,939427	4,079486	1
SOMA	2,289882	7,932919	2,309607

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO	MÉDIA
PART SOCIAL	0,436704	0,359695	0,460892	0,419097
RISCOS REG	0,153045	0,126057	0,106134	0,128412
CAPAC DE GESTÃO	0,410251	0,514248	0,432974	0,452491
SOMA	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
1,267179	3,023596	3,019651	0,009825	0,018895
0,386205	3,007545			
1,370058	3,027812			

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	1	1,041114	0,627824
SEG NO USO	0,96051	1	0,473628

OPERAÇÃO	1,592804	2,111362	1
----------	----------	----------	---

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	1	1,041114	0,627824
SEG NO USO	0,96051	1	0,473628
OPERAÇÃO	1,592804	2,111362	1
SOMA	3,553313	4,152476	2,101452

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO	MÉDIA
QUALID DO SERV	0,281427	0,250721	0,298757	0,276969
SEG NO USO	0,270314	0,24082	0,225381	0,245505
OPERAÇÃO	0,448259	0,508459	0,475862	0,477526
SOMA	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
0,83237	3,005285	3,006488	0,003244	0,006238
0,737706	3,00485			
1,437033	3,009328			

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	0,968578	0,417121	2,690962
EF ENERGÉTICA	1,032442	1	0,512391	2,186133
USO DO SOLO	2,397384	1,951634	1	3,889593
POLUIÇÃO SONORA	0,371614	0,457429	0,257096	1

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	0,968578	0,417121	2,690962
EF ENERGÉTICA	1,032442	1	0,512391	2,186133
USO DO SOLO	2,397384	1,951634	1	3,889593
POLUIÇÃO SONORA	0,371614	0,457429	0,257096	1
SOMA	4,80144	4,37764	2,186609	9,766688

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA	MÉDIA
EM GASES E PART	0,208271	0,221256	0,190762	0,275525	0,223953
EF ENERGÉTICA	0,215028	0,228434	0,234331	0,223836	0,225407
USO DO SOLO	0,499305	0,445819	0,457329	0,398251	0,450176
POLUIÇÃO SONORA	0,077396	0,104492	0,117578	0,102389	0,100464
SOMA	1	1	1	1	1

COERENCIA	DIVISÃO	MÉDIA	IC	TC
0,9004	4,020481	4,022146	0,007382	0,008295
0,906919	4,023472			
1,817753	4,037872			
0,402534	4,006761			

**Avaliação das alternativas:**

AVALIAÇÃO	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3
PROD ECON	5,310481	6,231151	6,28975

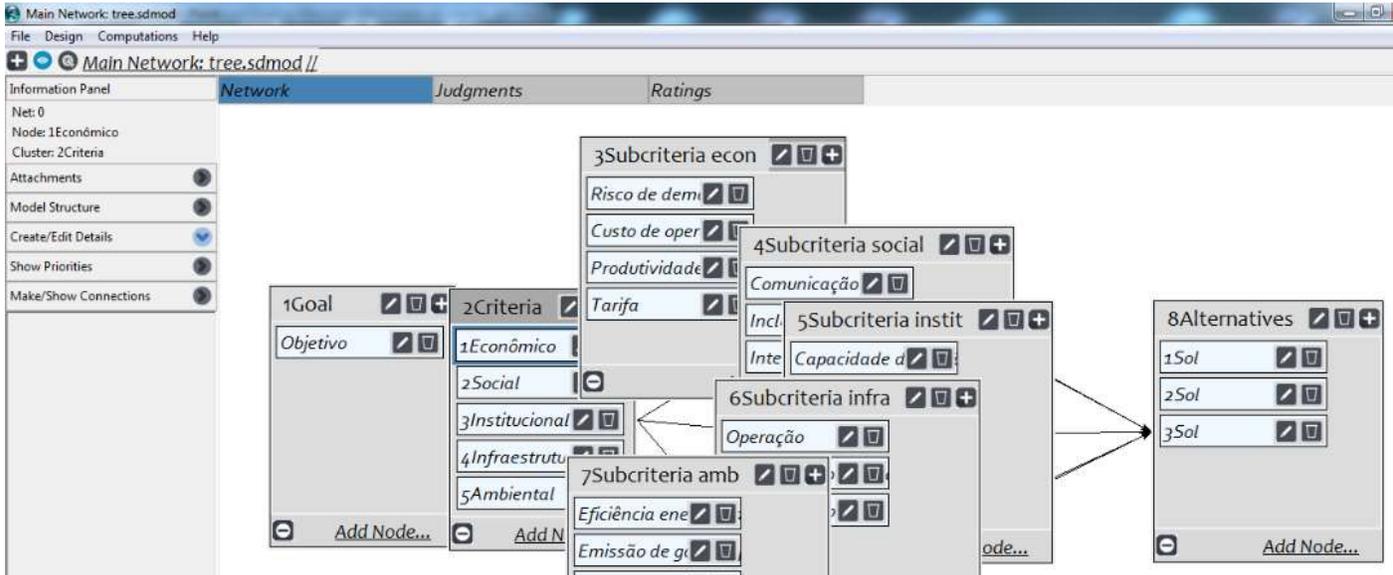
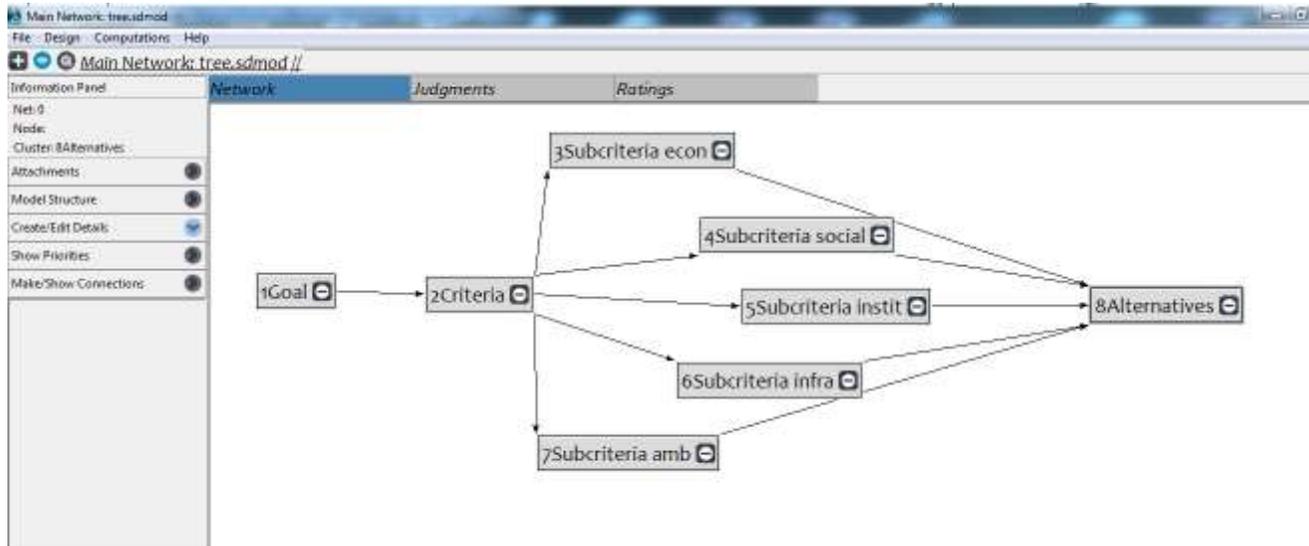
RISCO DE DEM	5,963759	5,357654	4,40457
CUSTO OP E GE	6,444469	5,078785	3,864766
TARIFA	6,615003	4,819298	4,5789
INTERAÇÃO	5,146115	5,646208	5,600367
SEGURANÇA	5,094368	5,409521	6,089078
COMUNICAÇÃO	5,008445	5,490895	6,162016
INCLUSÃO	5,298424	5,845557	6,138487
PART SOCIAL	5,657733	5,636276	5,817765
RISCOS REG	4,706005	4,612732	5,236932
CAPAC DE GESTÃO	5,896103	5,019842	4,951826
QUALID DO SERV	5,246161	6,839736	6,736893
SEG NO USO	4,757567	5,463411	6,553402
OPERAÇÃO	6,277027	5,664548	5,963759
EM GASES E PART	4,373483	5,589208	6,591485
EF ENERGÉTICA	3,357906	5,268832	5,763249
USO DO SOLO	4,726008	6,29917	7,327914
POLUIÇÃO SONORA	3,78167	5,048036	5,977174

**Análise final:**

	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3
RESULTADO	5,461848	5,577659	5,715394

**Com respeito a análise usando Software SuperDecisions:**

Rede de análise para o AHP (simplificada e expandida)



## Avaliação dos subcritérios par a par

Main Network: tree.sdmod

File Design Computations Help

Main Network: tree.sdmod //

Information Panel

Net: 0  
Node: 1Econômico  
Cluster: 2Criteria

Attachments

Model Structure

Create/Edit Details

Show Priorities

Make/Show Connections

Network

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

1Econômico

Cluster: 2Criteria

Choose Cluster

3Subcritéria e~

Judgments

2. Node comparisons with respect to 1Econômico

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "1Econômico" node in "3Subcritéria econ" cluster  
Produtividade econômica is 1.0841 times more important than Custo de operação e gerencia

Inconsistency

	Produtivid~	Risco de	Tarifa
Custo de	↑ 1.0841	← 1.0827	↑ 1.7628
Produtivid~		← 1.2686	← 1.5210
Risco de			↑ 1.9039

Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.03588

Custo de	0.21060
Produtivi~	0.29905
Risco de	0.19004
Tarifa	0.30031

**1. Choose**

Node	Cluster	Graphical	Verbal	Matrix	Questionnaire	Direct
1Sol						4.1382
2Sol						5.3932
3Sol						4.0442

**2. Node comparisons with respect to Custo de operação e ~**

This is the direct data input area. Type in new direct data here, and/or Click the invert box invert priorities for this direct data.

NOTE: Any changes made in direct data take effect immediately and overwrite pre-existing data inputted in the other modes.

**3. Results**

	Normal	Hybrid
Inconsistency: 0.00000		
1Sol		0.39409
2Sol		0.34626
3Sol		0.25965

**1. Choose**

Choose Node: Custo de opera~

Cluster: 3Subcriteria ec~

Choose Cluster: 8Alternatives

**2. Node comparisons with respect to Custo de operação e ~**

Comparisons wrt "Custo de operação e gerenciamento" node in "8Alternatives" cluster

1Sol is equally as important as 2Sol

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. 1Sol	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	1/11	1/12	1/13	1/14	1/15	1/16	1/17	1/18	1/19	1/20
2. 2Sol	2	1	2/3	2/4	2/5	2/6	2/7	2/8	2/9	2/10	2/11	2/12	2/13	2/14	2/15	2/16	2/17	2/18	2/19	2/20
3. 3Sol	3	3/2	1	3/4	3/5	3/6	3/7	3/8	3/9	3/10	3/11	3/12	3/13	3/14	3/15	3/16	3/17	3/18	3/19	3/20

**3. Results**

	Normal	Hybrid
Inconsistency: 0.00000		
1Sol		0.39409
2Sol		0.34626
3Sol		0.25965

Main Network: tree.sdmod  
File Design Computations Help

Main Network: tree.sdmod //

Information Panel

Net: 0  
Node: 1Econômico  
Cluster: 2Criteria

Attachments

Model Structure

Create/Edit Details

Show Priorities

Make/Show Connections

Network Judgments Ratings

1. Choose 2. Node comparisons with respect to Custo de operação e ~ 3. Results

Node Cluster

Choose Node

Custo de opera~

Cluster: 3Subcriteria ec~

Choose Cluster

8Alternatives

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "Custo de operação e gerenciamento" node in "8Alternatives" cluster  
1Sol is equally as important as 2Sol

Help for verbal mode.  
1. Click and drag to adjust the judgment.  
2. Click the "Invert comparison" button to invert.  
3. Use Tab/Enter to move between judgments or use the navigation buttons on the right.  
4. Click below equals to give a zero judgment.  
5. Type a number to vote.  
6. Hit - or / to invert.

Extreme  
Very strong  
Strongly  
Moderately  
Equal

Invert Comparison

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.00000

1Sol		0.39409
2Sol		0.34626
3Sol		0.25965

Main Network: tree.sdmod  
File Design Computations Help

Main Network: tree.sdmod //

Information Panel

Net: 0  
Node: 1Econômico  
Cluster: 2Criteria

Attachments

Model Structure

Create/Edit Details

Show Priorities

Make/Show Connections

Network Judgments Ratings

1. Choose 2. Node comparisons with respect to Custo de operação e ~ 3. Results

Node Cluster

Choose Node

Custo de opera~

Cluster: 3Subcriteria ec~

Choose Cluster

8Alternatives

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

1Sol

2Sol

Help for graphical mode.  
1. Click and drag the circle to adjust the judgment.  
2. Click the "No comparison" button to set the judgment to zero.  
3. Use Tab/Enter to move between judgments or use the navigation buttons on the right.  
4. Type a number to vote.  
5. Hit - or / to invert.

No comparison

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.00000

1Sol		0.39409
2Sol		0.34626
3Sol		0.25965

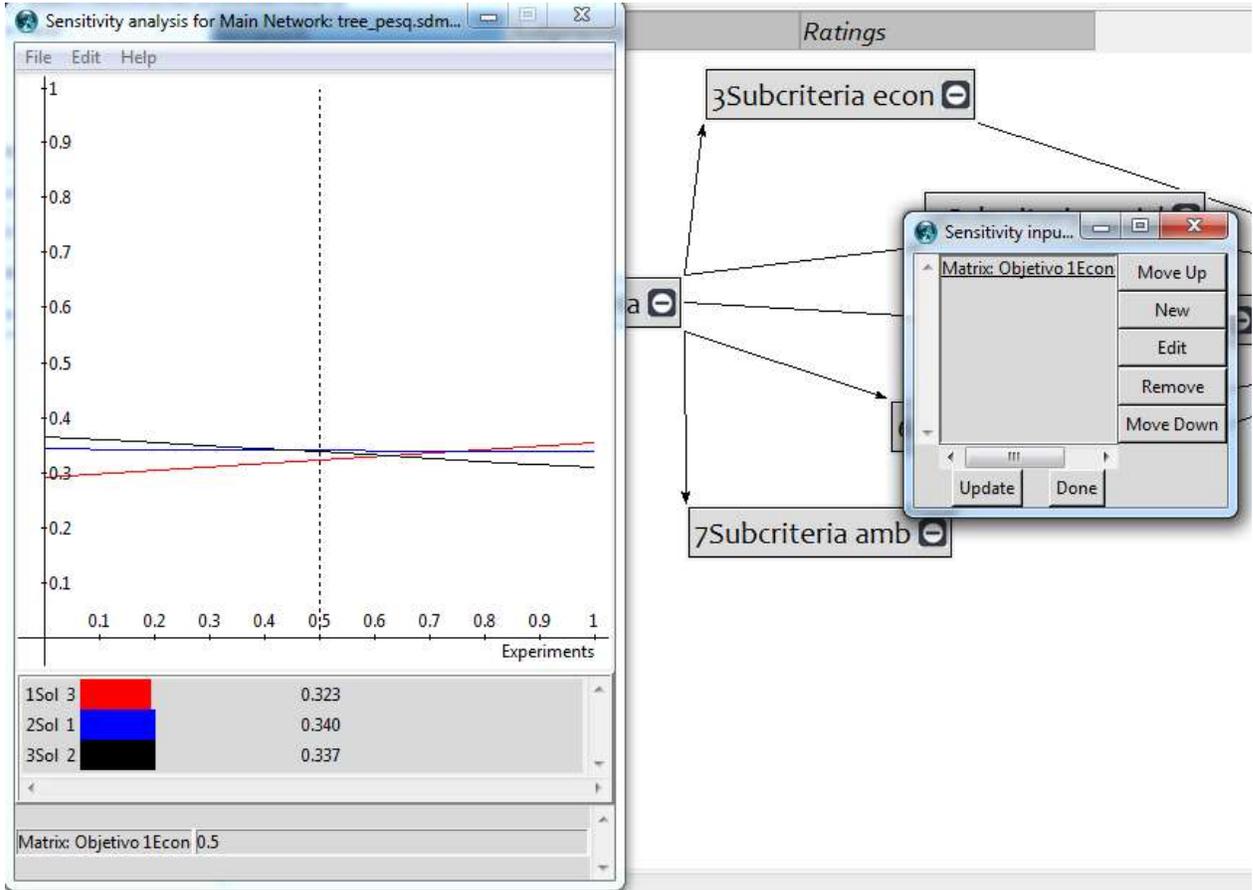
## Trecho de resultado sob forma de matriz

Clusters	Nodes	Objetivo	1Econômico	2Social	3Institucional	4Infraestrutural	5Ambiental	Custo de operação e gerenciamento	Produtividade econômica	Risco de der
1Goal	Objetivo	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2Criteria	1Econômico	0.288117	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	2Social	0.320437	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	3Institucional	0.107865	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	4Infraestrutural	0.154837	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	5Ambiental	0.128744	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
3Subcriteria econ	Custo de operação e gerenciamento	0.000000	0.210601	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Produtividade econômica	0.000000	0.299054	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Risco de demanda	0.000000	0.190039	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
4Subcriteria social	Tarifa	0.000000	0.300307	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Comunicação	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Inclusão	0.000000	0.000000	0.362529	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
5Subcriteria instit	Interação	0.000000	0.000000	0.204007	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Segurança	0.000000	0.000000	0.000000	0.333465	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Capacidade de gestão	0.000000	0.000000	0.000000	0.388836	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
6Subcriteria infra	Participação social	0.000000	0.000000	0.000000	0.500572	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Riscos regulatórios	0.000000	0.000000	0.000000	0.110592	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Operação	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.451027	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
7Subcriteria amb	Qualidade do serviço	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.298149	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Segurança no uso	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.250824	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Eficiência energética	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.247543	0.000000	0.000000	0.000000
	Emissão de gases e partículas	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.205888	0.000000	0.000000	0.000000
	Poluição sonora	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.082909	0.000000	0.000000	0.000000
	Uso do solo	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.463661	0.000000	0.000000	0.000000

## Resultado final sob forma resumida

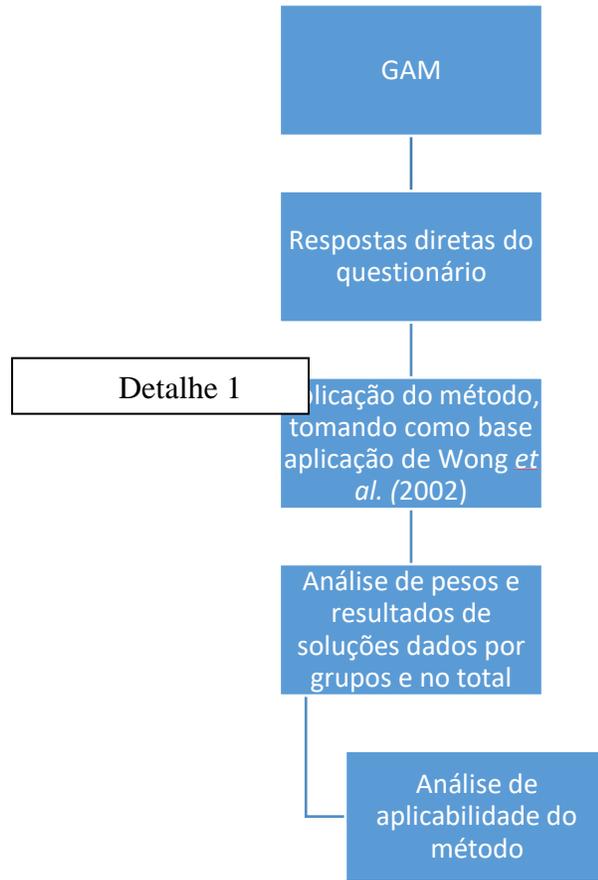
Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
1Sol		0.887088	0.309690	0.103230
2Sol		0.977353	0.341202	0.113734
3Sol		1.000000	0.349108	0.116369

Análise de sensibilidade aplicada aos dados da pesquisa



## APÊNDICE D - CÁLCULOS GAM

A aplicação do método seguiu fluxograma de análise abaixo:



**Detalhe 1**

Aplicação do método, tomando como base aplicação de Wong *et al.* (2002)

Média aritmética das respostas (pesos e notas das soluções)

Normalização dos pesos (soma dos valores das colunas nas avaliações par a par; divisão dos valores individuais pela soma de sua coluna) e das avaliações (soma dos valores das linhas; divisão de cada valor pelo valor de soma da linha)

Formação da matriz de alternativas (avaliações das soluções, em linhas), matriz de pesos dos objetivos (pesos dos critérios primários) e matriz de subobjetivos (pesos dos critérios secundários)

Multiplicação da matriz de alternativas pela matriz de subobjetivos; posterior multiplicação da matriz obtida, pela matriz de objetivos. Cada linha é a avaliação de uma solução

**GESTORES**

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL
ECONÔMICO	1	4,875	5,875	4,28125	4,53125
SOCIAL	0,646825	1	2,1125	0,958333	2,660714
INSTITUCIONAL	0,599206	2,535714	1	0,3625	1,291667
INFRAESTRUTURAL	2,133333	3,583333	3,25	1	2,25
AMBIENTAL	2,150298	2,35	2,0625	1,133333	1

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL
ECONÔMICO	1	4,875	5,875	4,28125	4,53125
SOCIAL	0,646825	1	2,1125	0,958333	2,660714
INSTITUCIONAL	0,599206	2,535714	1	0,3625	1,291667
INFRAESTRUTURAL	2,133333	3,583333	3,25	1	2,25

AMBIENTAL	2,150298	2,35	2,0625	1,133333	1
SOMA	6,529663	14,34405	14,3	7,735417	11,73363

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL	MÉDIA
ECONÔMICO	0,153147	0,339862	0,410839	0,553461	0,386176	0,368697
SOCIAL	0,09906	0,069715	0,147727	0,123889	0,22676	0,13343
INSTITUCIONAL	0,091767	0,176778	0,06993	0,046862	0,110082	0,099084
INFRAESTRUTURAL	0,326714	0,249813	0,227273	0,129276	0,191756	0,224966
AMBIENTAL	0,329312	0,163831	0,144231	0,146512	0,085225	0,173822
SOMA	1	1	1	1	1	1

**Para os critérios secundários**

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	4,666667	1,75	2,444444
RISCO DE DEM	0,233333	1	0,288889	1,233333
CUSTO OP E GE	1,611111	3,666667	1	2,555556
TARIFA	1,194444	2,444444	2,047619	1

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	4,666667	1,75	2,444444
RISCO DE DEM	0,233333	1	0,288889	1,233333
CUSTO OP E GE	1,611111	3,666667	1	2,555556
TARIFA	1,194444	2,444444	2,047619	1
SOMA	4,038889	11,77778	5,086508	7,233333

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA	MÉDIA
PROD ECON	0,247593	0,396226	0,344047	0,337942	0,331452
RISCO DE DEM	0,057772	0,084906	0,056795	0,170507	0,092495
CUSTO OP E GE	0,3989	0,311321	0,196599	0,353303	0,31503
TARIFA	0,295736	0,207547	0,402559	0,138249	0,261023
SOMA	1	1	1	1	1

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	2,555556	3,733333	4
SEGURANÇA	2,047619	1	3,4	4,047619
COMUNICAÇÃO	1,788889	1,825397	1	3,416667
INCLUSÃO	0,261111	2,447619	1,466667	1

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	2,555556	3,733333	4
SEGURANÇA	2,047619	1	3,4	4,047619
COMUNICAÇÃO	1,788889	1,825397	1	3,416667
INCLUSÃO	0,261111	2,447619	1,466667	1
SOMA	5,097619	7,828571	9,6	12,46429

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO	MÉDIA
INTERAÇÃO	0,19617	0,32644	0,388889	0,320917	0,308104
SEGURANÇA	0,401681	0,127737	0,354167	0,324737	0,302081
COMUNICAÇÃO	0,350926	0,233171	0,104167	0,274117	0,240595
INCLUSÃO	0,051222	0,312652	0,152778	0,080229	0,14922
SOMA	1	1	1	1	1

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	2,145833	0,877381
RISCOS REG	1,883333	1	0,264881
CAPAC DE GESTÃO	4,583333	4,25	1

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	2,145833	0,877381
RISCOS REG	1,883333	1	0,264881
CAPAC DE GESTÃO	4,583333	4,25	1
SOMA	7,466667	7,395833	2,142262

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO	MÉDIA
PART SOCIAL	0,133929	0,290141	0,409558	0,277876
RISCOS REG	0,252232	0,135211	0,123645	0,170363
CAPAC DE GESTÃO	0,613839	0,574648	0,466796	0,551761
SOMA	1	1	1	1

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	1	2,3625	0,666667
SEG NO USO	2,375	1	0,910714

OPERAÇÃO	3,875	3,833333	1
----------	-------	----------	---

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	1	2,3625	0,666667
SEG NO USO	2,375	1	0,910714
OPERAÇÃO	3,875	3,833333	1
SOMA	7,25	7,195833	2,577381

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO	MÉDIA
QUALID DO SERV	0,137931	0,328315	0,258661	0,241636
SEG NO USO	0,327586	0,138969	0,353349	0,273301
OPERAÇÃO	0,534483	0,532716	0,387991	0,485063
SOMA	1	1	1	1
Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	3	1,849206	3,05
EF ENERGÉTICA	0,5	1	1,363492	1,875
USO DO SOLO	5,785714	5,3	1	4,8
POLUIÇÃO SONORA	1,475	2,395833	1,396825	1

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	3	1,849206	3,05

EF ENERGÉTICA	0,5	1	1,363492	1,875
USO DO SOLO	5,785714	5,3	1	4,8
POLUIÇÃO SONORA	1,475	2,395833	1,396825	1
SOMA	8,760714	11,69583	5,609524	10,725

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA	MÉDIA
EM GASES E PART	0,114146	0,256502	0,329655	0,284382	0,246171
EF ENERGÉTICA	0,057073	0,085501	0,243067	0,174825	0,140117
USO DO SOLO	0,660416	0,453153	0,178268	0,447552	0,434847
POLUIÇÃO SONORA	0,168365	0,204845	0,24901	0,09324	0,178865
SOMA	1	1	1	1	1

**(OS PESOS AQUI OBTIDOS FORAM UTILIZADOS NOS DEMAIS MÉTODOS, EXCLUINDO AHP)**

AVALIAÇÃO	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3	SOMA
PROD ECON	5	5,5	6	16,5
RISCO DE DEM	6,25	5,25	5,5	17
CUSTO OP E GE	6,25	4	4,25	14,5
TARIFA	6,75	5	5	16,75
INTERAÇÃO	5,25	5	6,75	17
SEGURANÇA	4,25	4,5	6,5	15,25
COMUNICAÇÃO	5,25	5,5	6,75	17,5
INCLUSÃO	5,25	6,25	7,75	19,25
PART SOCIAL	5	5,5	6,5	17
RISCOS REG	6,25	5,25	5	16,5

CAPAC DE GESTÃO	6,75	6	5,5	18,25
QUALID DO SERV	5,75	6,75	7,25	19,75
SEG NO USO	4,25	5,5	6,25	16
OPERAÇÃO	5,75	6,75	7	19,5
EM GASES E PART	3	6,75	8	17,75
EF ENERGÉTICA	3,25	6,5	7,25	17
USO DO SOLO	4,25	6,75	8	19
POLUIÇÃO SONORA	3	5,5	6,75	15,25

## NORMALIZAÇÃO

## SOMA

PROD ECON	0,30303	0,333333	0,363636	1
RISCO DE DEM	0,367647	0,308824	0,323529	1
CUSTO OP E GE	0,431034	0,275862	0,293103	1
TARIFA	0,402985	0,298507	0,298507	1
INTERAÇÃO	0,308824	0,294118	0,397059	1
SEGURANÇA	0,278689	0,295082	0,42623	1
COMUNICAÇÃO	0,3	0,314286	0,385714	1
INCLUSÃO	0,272727	0,324675	0,402597	1
PART SOCIAL	0,294118	0,323529	0,382353	1
RISCOS REG	0,378788	0,318182	0,30303	1
CAPAC DE GESTÃO	0,369863	0,328767	0,30137	1
QUALID DO SERV	0,291139	0,341772	0,367089	1
SEG NO USO	0,265625	0,34375	0,390625	1
OPERAÇÃO	0,294872	0,346154	0,358974	1
EM GASES E PART	0,169014	0,380282	0,450704	1
EF ENERGÉTICA	0,191176	0,382353	0,426471	1
USO DO SOLO	0,223684	0,355263	0,421053	1

POLUIÇÃO				
SONORA	0,196721	0,360656	0,442623	1

**(AS AVALIAÇÕES MÉDIAS AQUI OBTIDAS FORAM UTILIZADAS NOS DEMAIS MÉTODOS, EXCLUINDO AHP)**

**(DEMAIS MATRIZES DO MÉTODO SE ENCONTRAM NO INTERIOR DA DISSERTAÇÃO)**

### **PESQUISADORES**

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL
ECONÔMICO	1	3,367613	4,826923	3,975092	3,713034
SOCIAL	2,778205	1	5,121795	4,006716	4,269231
INSTITUCIONAL	1,238095	0,726343	1	1,974969	2,642705
INFRAESTRUTURAL	1,381807	1,771642	3,789194	1	3,145604
AMBIENTAL	2,260226	0,487271	2,898168	2,353602	1

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL
ECONÔMICO	1	3,367613	4,826923	3,975092	3,713034
SOCIAL	2,778205	1	5,121795	4,006716	4,269231
INSTITUCIONAL	1,238095	0,726343	1	1,974969	2,642705
INFRAESTRUTURAL	1,381807	1,771642	3,789194	1	3,145604
AMBIENTAL	2,260226	0,487271	2,898168	2,353602	1
SOMA	8,658333	7,352869	17,63608	13,31038	14,77057

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL	MÉDIA
ECONÔMICO	0,115496	0,458	0,273696	0,298646	0,25138	0,279444
SOCIAL	0,320871	0,136001	0,290416	0,301022	0,289036	0,267469
INSTITUCIONAL	0,142995	0,098784	0,056702	0,148378	0,178917	0,125155
INFRAESTRUTURAL	0,159593	0,240946	0,214855	0,075129	0,212964	0,180697
AMBIENTAL	0,261046	0,06627	0,164332	0,176825	0,067702	0,147235
SOMA	1	1	1	1	1	1

**Para os critérios secundários:**

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	3,241117	2,764194	3,377137
RISCO DE DEM	2,217186	1	2,105128	1,871184
CUSTO OP E GE	2,559188	2,432692	1	1,73779
TARIFA	2,027869	4,151374	3,960897	1

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	3,241117	2,764194	3,377137
RISCO DE DEM	2,217186	1	2,105128	1,871184
CUSTO OP E GE	2,559188	2,432692	1	1,73779
TARIFA	2,027869	4,151374	3,960897	1
SOMA	7,804243	10,82518	9,83022	7,986111

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA	MÉDIA
PROD ECON	0,128135	0,299405	0,281194	0,422876	0,282903
RISCO DE DEM	0,2841	0,092377	0,214149	0,234305	0,206233
CUSTO OP E GE	0,327923	0,224725	0,101727	0,217602	0,217994
TARIFA	0,259842	0,383492	0,402931	0,125217	0,292871
SOMA	1	1	1	1	1

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
-----------	-----------	-----------	-------------	----------

INTERAÇÃO	1	2,404151	4,264957	0,965904
SEGURANÇA	4,075214	1	5,282051	3,255952
COMUNICAÇÃO	1,185531	0,831593	1	1,015354
INCLUSÃO	4,203297	2,77091	4,569231	1

Crítérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	2,404151	4,264957	0,965904
SEGURANÇA	4,075214	1	5,282051	3,255952
COMUNICAÇÃO	1,185531	0,831593	1	1,015354
INCLUSÃO	4,203297	2,77091	4,569231	1
SOMA	10,46404	7,006654	15,11624	6,23721

Crítérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO	MÉDIA
INTERAÇÃO	0,095565	0,343124	0,282144	0,154861	0,218924
SEGURANÇA	0,389449	0,142721	0,349429	0,522021	0,350905
COMUNICAÇÃO	0,113296	0,118686	0,066154	0,16279	0,115231
INCLUSÃO	0,40169	0,395468	0,302273	0,160328	0,31494
SOMA	1	1	1	1	1

Crítérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	5,4	3,068681
RISCOS REG	0,628297	1	0,295696
CAPAC DE GESTÃO	1,77851	4,692308	1
Crítérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	5,4	3,068681
RISCOS REG	0,628297	1	0,295696

CAPAC DE GESTÃO	1,77851	4,692308	1
SOMA	3,406807	11,09231	4,364377

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO	MÉDIA
PART SOCIAL	0,29353	0,486824	0,70312	0,494491
RISCOS REG	0,184424	0,090153	0,067752	0,11411
CAPAC DE GESTÃO	0,522046	0,423024	0,229128	0,391399
SOMA	1	1	1	1

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	1	2,304029	1,38547
SEG NO USO	1,982906	1	0,954029
OPERAÇÃO	2,573077	3,275641	1

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	1	2,304029	1,38547
SEG NO USO	1,982906	1	0,954029
OPERAÇÃO	2,573077	3,275641	1
SOMA	5,555983	6,57967	3,339499

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO	MÉDIA
-----------	-------------------	---------------	----------	-------

QUALID DO SERV	0,179986	0,350174	0,414874	0,315011
SEG NO USO	0,356896	0,151983	0,28568	0,264853
OPERAÇÃO	0,463118	0,497843	0,299446	0,420136
SOMA	1	1	1	1

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	2,046795	1,280311	4,194872
EF ENERGÉTICA	2,794231	1	1,390598	4,419231
USO DO SOLO	4,825092	3,487179	1	5,948718
POLUIÇÃO SONORA	0,806502	0,893254	0,404731	1

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	2,046795	1,280311	4,194872
EF ENERGÉTICA	2,794231	1	1,390598	4,419231
USO DO SOLO	4,825092	3,487179	1	5,948718
POLUIÇÃO SONORA	0,806502	0,893254	0,404731	1
SOMA	9,425824	7,427228	4,075641	15,56282

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA	MÉDIA
EM GASES E PART	0,106092	0,27558	0,314137	0,269544	0,241338
EF ENERGÉTICA	0,296444	0,13464	0,341197	0,283961	0,264061
USO DO SOLO	0,511901	0,469513	0,24536	0,382239	0,402253

POLUIÇÃO SONORA	0,085563	0,120267	0,099305	0,064256	0,092348
SOMA	1	1	1	1	1

**(OS PESOS AQUI OBTIDOS FORAM UTILIZADOS NOS DEMAIS MÉTODOS, EXCLUINDO AHP)**

AVALIAÇÃO	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3	SOMA
PROD ECON	5,846154	7	7,307692	20,15385
RISCO DE DEM	6,153846	5,769231	5,538462	17,46154
CUSTO OP E GE	6,461538	5,923077	5,230769	17,61538
TARIFA	6,769231	5,846154	6,076923	18,69231
INTERAÇÃO	5,307692	6,384615	6,615385	18,30769
SEGURANÇA	5,769231	6,692308	7,307692	19,76923
COMUNICAÇÃO	5	6	6,692308	17,69231
INCLUSÃO	5,461538	6,538462	7,307692	19,30769
PART SOCIAL	6,076923	6,461538	7	19,53846
RISCOS REG	4,846154	5,230769	6,384615	16,46154
CAPAC DE GESTÃO	6,076923	5,923077	5,923077	17,92308
QUALID DO SERV	5,461538	7,384615	7,692308	20,53846
SEG NO USO	5,538462	6,615385	7,846154	20
OPERAÇÃO	6,692308	6,384615	6,692308	19,76923
EM GASES E PART	5,846154	6,307692	7,153846	19,30769
EF ENERGÉTICA	4,076923	5,846154	6,538462	16,46154
USO DO SOLO	5,461538	6,923077	7,846154	20,23077
POLUIÇÃO SONORA	4,846154	5,615385	6,846154	17,30769

NORMALIZAÇÃO

SOMA

PROD ECON	0,290076	0,347328	0,362595	1
RISCO DE DEM	0,352423	0,330396	0,317181	1
CUSTO OP E GE	0,366812	0,336245	0,296943	1
TARIFA	0,36214	0,312757	0,325103	1
INTERAÇÃO	0,289916	0,348739	0,361345	1
SEGURANÇA	0,291829	0,338521	0,36965	1
COMUNICAÇÃO	0,282609	0,33913	0,378261	1
INCLUSÃO	0,282869	0,338645	0,378486	1
PART SOCIAL	0,311024	0,330709	0,358268	1
RISCOS REG	0,294393	0,317757	0,38785	1
CAPAC DE GESTÃO	0,339056	0,330472	0,330472	1
QUALID DO SERV	0,265918	0,359551	0,374532	1
SEG NO USO	0,276923	0,330769	0,392308	1
OPERAÇÃO	0,338521	0,322957	0,338521	1
EM GASES E PART	0,302789	0,326693	0,370518	1
EF ENERGÉTICA	0,247664	0,35514	0,397196	1
USO DO SOLO	0,269962	0,342205	0,387833	1
POLUIÇÃO SONORA	0,28	0,324444	0,395556	1

**(AS AVALIAÇÕES MÉDIAS AQUI OBTIDAS FORAM UTILIZADAS NOS DEMAIS MÉTODOS, EXCLUINDO AHP)**

**(DEMAIS MATRIZES DO MÉTODO SE ENCONTRAM NO INTERIOR DA DISSERTAÇÃO)**

#### **CONJUNTO DAS RESPOSTAS**

Crerios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL
ECONÔMICO	1	3,722292	5,073529	4,047129	3,905556
SOCIAL	2,276704	1	4,413725	3,289449	3,890756
INSTITUCIONAL	1,087768	1,152077	1	1,595565	2,324813

INFRAESTRUTURAL	1,558637	2,197923	3,662325	1	2,934874
AMBIENTAL	2,23436	0,92556	2,701541	2,06648	1

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL
ECONÔMICO	1	3,722292	5,073529	4,047129	3,905556
SOCIAL	2,276704	1	4,413725	3,289449	3,890756
INSTITUCIONAL	1,087768	1,152077	1	1,595565	2,324813
INFRAESTRUTURAL	1,558637	2,197923	3,662325	1	2,934874
AMBIENTAL	2,23436	0,92556	2,701541	2,06648	1
SOMA	8,15747	8,997852	16,85112	11,99862	14,056

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURAL	AMBIENTAL	MÉDIA
ECONÔMICO	0,122587	0,413687	0,30108	0,337299	0,277857	0,290502
SOCIAL	0,279094	0,111138	0,261925	0,274152	0,276804	0,240623
INSTITUCIONAL	0,133346	0,128039	0,059343	0,132979	0,165397	0,123821
INFRAESTRUTURAL	0,191069	0,244272	0,217334	0,083343	0,208799	0,188963
AMBIENTAL	0,273904	0,102865	0,160318	0,172226	0,071144	0,156091
SOMA	1	1	1	1	1	1

**Para os critérios secundários:**

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	3,316737	2,431022	3,022292
RISCO DE DEM	1,971965	1	1,670588	1,660317
CUSTO OP E GE	2,653105	2,860294	1	2,191643
TARIFA	2,173273	3,90007	3,398669	1

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
-----------	--------------	-----------------	------------------	--------

PROD ECON	1	3,316737	2,431022	3,022292
RISCO DE DEM	1,971965	1	1,670588	1,660317
CUSTO OP E GE	2,653105	2,860294	1	2,191643
TARIFA	2,173273	3,90007	3,398669	1
SOMA	7,798343	11,0771	8,50028	7,874253

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA	MÉDIA
PROD ECON	0,128232	0,299423	0,285993	0,38382	0,274367
RISCO DE DEM	0,25287	0,090276	0,196533	0,210854	0,187633
CUSTO OP E GE	0,340214	0,258217	0,117643	0,27833	0,248601
TARIFA	0,278684	0,352084	0,39983	0,126996	0,289399
SOMA	1	1	1	1	1

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	2,701214	4,037908	1,503338
SEGURANÇA	3,486088	1	4,756863	3,223739
COMUNICAÇÃO	1,251681	0,987465	1	1,398996
INCLUSÃO	3,319188	2,727334	3,929412	1

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	2,701214	4,037908	1,503338
SEGURANÇA	3,486088	1	4,756863	3,223739
COMUNICAÇÃO	1,251681	0,987465	1	1,398996
INCLUSÃO	3,319188	2,727334	3,929412	1
SOMA	9,056956	7,416013	13,72418	7,126074

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO	MÉDIA
INTERAÇÃO	0,110412	0,364241	0,294218	0,210963	0,244959
SEGURANÇA	0,384907	0,134843	0,346604	0,452386	0,329685
COMUNICAÇÃO	0,138201	0,133153	0,072864	0,196321	0,135135
INCLUSÃO	0,366479	0,367763	0,286313	0,14033	0,290221
SOMA	1	1	1	1	1

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	4,634314	2,553081
RISCOS REG	0,923599	1	0,288445
CAPAC DE GESTÃO	2,438469	4,588235	1

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	4,634314	2,553081
RISCOS REG	0,923599	1	0,288445
CAPAC DE GESTÃO	2,438469	4,588235	1
SOMA	4,362068	10,22255	3,841527

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO	MÉDIA
PART SOCIAL	0,229249	0,453342	0,664601	0,449064
RISCOS REG	0,211734	0,097823	0,075086	0,128214
CAPAC DE GESTÃO	0,559017	0,448835	0,260313	0,422722

SOMA	1	1	1	1
------	---	---	---	---

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	1	2,317787	1,21634
SEG NO USO	2,075163	1	0,943838
OPERAÇÃO	2,879412	3,406863	1

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	1	2,317787	1,21634
SEG NO USO	2,075163	1	0,943838
OPERAÇÃO	2,879412	3,406863	1
SOMA	5,954575	6,72465	3,160177

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO	MÉDIA
QUALID DO SERV	0,167938	0,34467	0,384896	0,299168
SEG NO USO	0,348499	0,148707	0,298666	0,265291
OPERAÇÃO	0,483563	0,506623	0,316438	0,435541
SOMA	1	1	1	1

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	2,288021	1,49561	4,045833
EF ENERGÉTICA	2,364063	1	1,46379	3,871875
USO DO SOLO	4,804315	3,595833	1	5,470833

POLUIÇÃO SONORA	0,992783	1,303894	0,671106	1
-----------------	----------	----------	----------	---

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	2,288021	1,49561	4,045833
EF ENERGÉTICA	2,364063	1	1,46379	3,871875
USO DO SOLO	4,804315	3,595833	1	5,470833
POLUIÇÃO SONORA	0,992783	1,303894	0,671106	1
SOMA	9,161161	8,187748	4,630506	14,38854

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA	MÉDIA
EM GASES E PART	0,109156	0,279444	0,322991	0,281184	0,248194
EF ENERGÉTICA	0,258053	0,122134	0,316119	0,269094	0,24135
USO DO SOLO	0,524422	0,439172	0,215959	0,380222	0,389944
POLUIÇÃO SONORA	0,108369	0,159249	0,144931	0,0695	0,120512
SOMA	1	1	1	1	1

**(OS PESOS AQUI OBTIDOS FORAM UTILIZADOS NOS DEMAIS MÉTODOS, EXCLUINDO AHP)**

AVALIAÇÃO	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3	SOMA
PROD ECON	5,875	6,8125	7	19,6875
RISCO DE DEM	6,4375	5,75	5,4375	17,625
CUSTO OP E GE	6,75	5,625	4,875	17,25
TARIFA	7,0625	5,625	5,6875	18,375

INTERAÇÃO	5,5	6,0625	6,4375	18
SEGURANÇA	5,625	6,1875	6,9375	18,75
COMUNICAÇÃO	5,25	5,875	6,5	17,625
INCLUSÃO	5,625	6,375	7,25	19,25
PART SOCIAL	6,0625	6,125	6,6875	18,875
RISCOS REG	5,375	5,25	6,0625	16,6875
CAPAC DE GESTÃO	6,5	5,8125	5,625	17,9375
QUALID DO SERV	5,75	7,1875	7,4375	20,375
SEG NO USO	5,4375	6,25	7,3125	19
OPERAÇÃO	6,75	6,375	6,5625	19,6875
EM GASES E PART	5,4375	6,1875	7,1875	18,8125
EF ENERGÉTICA	4,0625	5,75	6,5	16,3125
USO DO SOLO	5,4375	6,6875	7,75	19,875
POLUIÇÃO SONORA	4,625	5,5625	6,75	16,9375

## NORMALIZAÇÃO

## SOMA

PROD ECON	0,298413	0,346032	0,355556	1
RISCO DE DEM	0,365248	0,326241	0,308511	1
CUSTO OP E GE	0,391304	0,326087	0,282609	1
TARIFA	0,384354	0,306122	0,309524	1
INTERAÇÃO	0,305556	0,336806	0,357639	1
SEGURANÇA	0,3	0,33	0,37	1
COMUNICAÇÃO	0,297872	0,333333	0,368794	1
INCLUSÃO	0,292208	0,331169	0,376623	1
PART SOCIAL	0,321192	0,324503	0,354305	1
RISCOS REG	0,322097	0,314607	0,363296	1
CAPAC DE GESTÃO	0,362369	0,324042	0,313589	1
QUALID DO SERV	0,282209	0,352761	0,365031	1

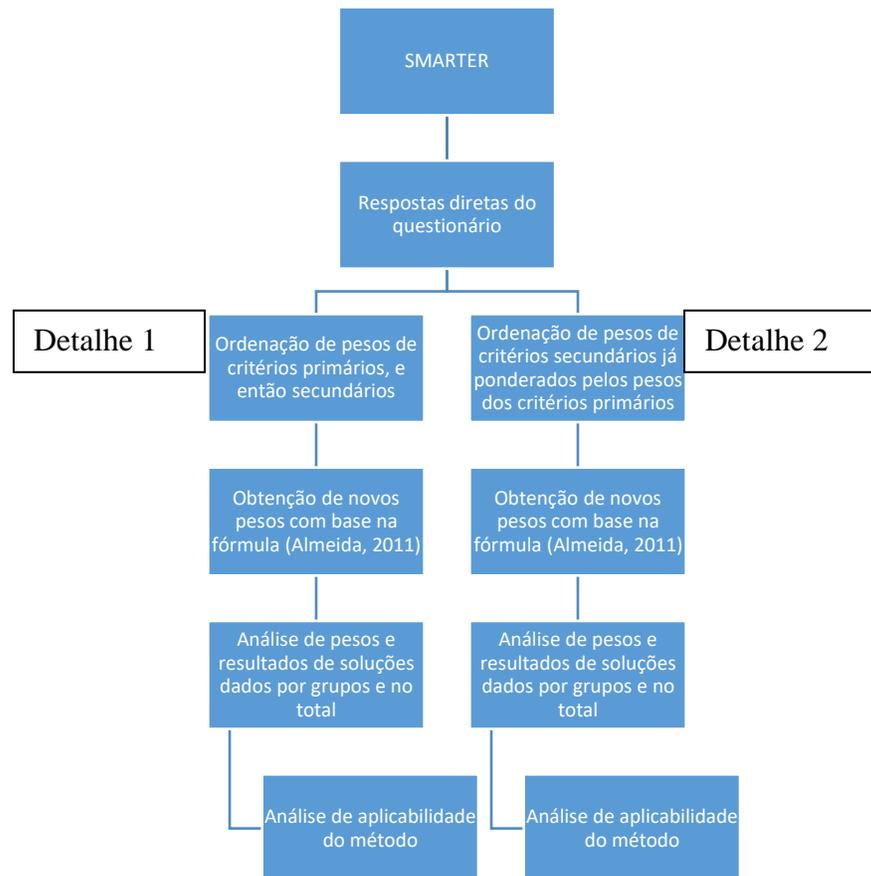
SEG NO USO	0,286184	0,328947	0,384868	1
OPERAÇÃO	0,342857	0,32381	0,333333	1
EM GASES E PART	0,289037	0,328904	0,38206	1
EF ENERGÉTICA	0,249042	0,35249	0,398467	1
USO DO SOLO	0,273585	0,336478	0,389937	1
POLUIÇÃO SONORA	0,273063	0,328413	0,398524	1

**(AS AVALIAÇÕES MÉDIAS AQUI OBTIDAS FORAM UTILIZADAS NOS DEMAIS MÉTODOS, EXCLUINDO AHP)**

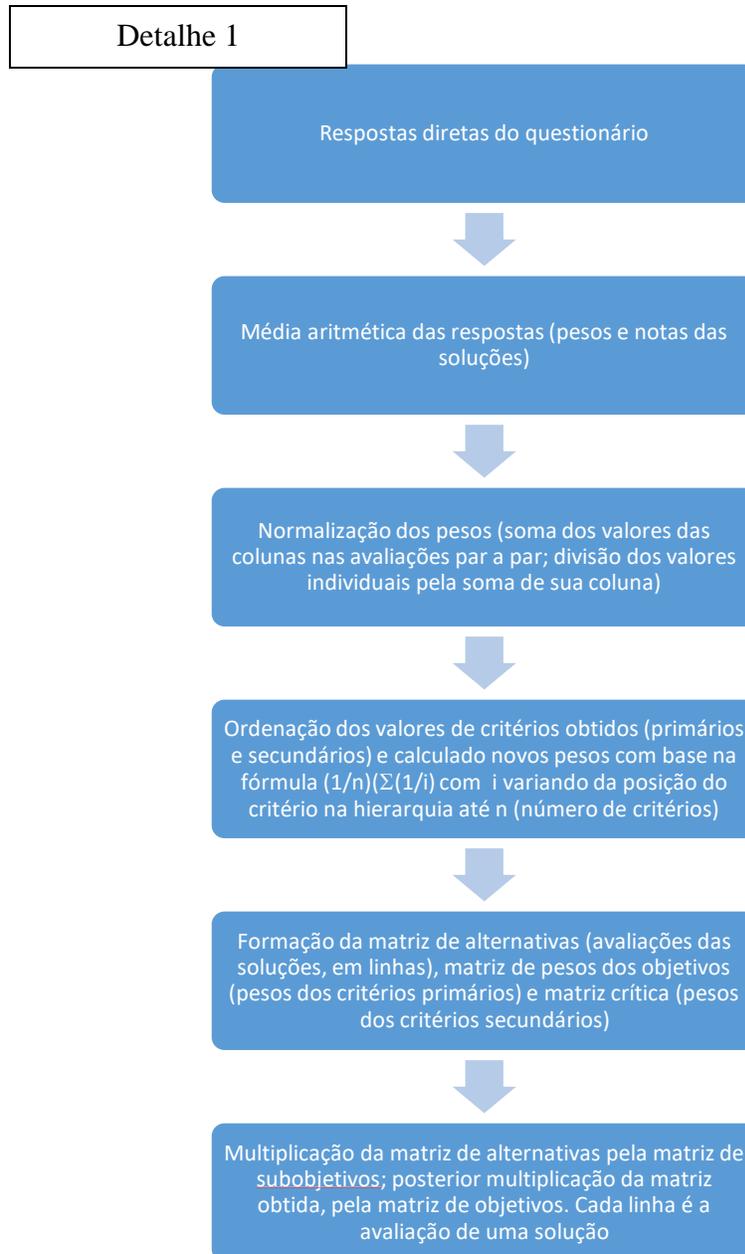
**(DEMAIS MATRIZES DO MÉTODO SE ENCONTRAM NO INTERIOR DA DISSERTAÇÃO)**

## APÊNDICE E - CÁLCULOS SMARTER

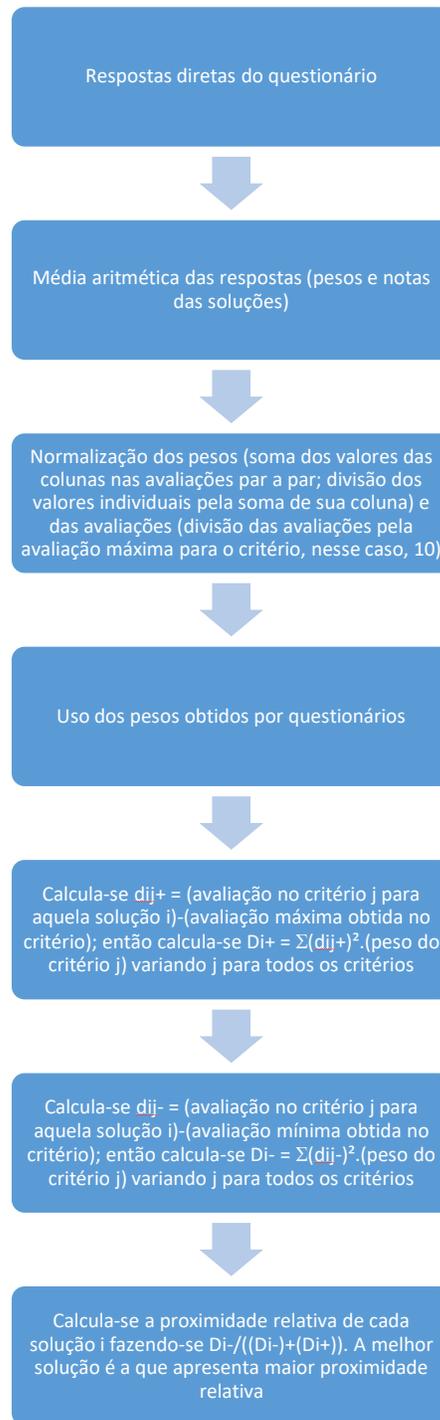
Os cálculos do método SMARTER seguiram o fluxograma abaixo:



## Detalhe 1



Detalhe 2



**GESTORES****Obs.: Análise 1: (1)****Análise 2: (2)**

AVALIAÇÃO	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3
PROD ECON	5	5,5	6
RISCO DE DEM	6,25	5,25	5,5
CUSTO OP E GE	6,25	4	4,25
TARIFA	6,75	5	5
INTERAÇÃO	5,25	5	6,75
SEGURANÇA	4,25	4,5	6,5
COMUNICAÇÃO	5,25	5,5	6,75
INCLUSÃO	5,25	6,25	7,75
PART SOCIAL	5	5,5	6,5
RISCOS REG	6,25	5,25	5
CAPAC DE GESTÃO	6,75	6	5,5
QUALID DO SERV	5,75	6,75	7,25
SEG NO USO	4,25	5,5	6,25
OPERAÇÃO	5,75	6,75	7
EM GASES E PART	3	6,75	8
EF ENERGÉTICA	3,25	6,5	7,25
USO DO SOLO	4,25	6,75	8
POLUIÇÃO SONORA	3	5,5	6,75

**MATRIZ ALTERNATIVAS (TRANSPOSTA)**

5	5,5	6
6,25	5,25	5,5
6,25	4	4,25

6,75	5	5
5,25	5	6,75
4,25	4,5	6,5
5,25	5,5	6,75
5,25	6,25	7,75
5	5,5	6,5
6,25	5,25	5
6,75	6	5,5
5,75	6,75	7,25
4,25	5,5	6,25
5,75	6,75	7
3	6,75	8
3,25	6,5	7,25
4,25	6,75	8
3	5,5	6,75

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO
ECONÔMICO	0,368697	1	0,456667
SOCIAL	0,13343	4	0,09
INSTITUCIONAL	0,099084	5	0,04
INFRAESTRUTURAL	0,224966	2	0,256667
AMBIENTAL	0,173822	3	0,156667

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
PROD ECON	0,331452	1	0,520833	0,237847	1	0,194173
RISCO DE DEM	0,092495	4	0,0625	0,028542	12	0,026402

CUSTO OP E GE	0,31503	2	0,270833	0,123681	2	0,138617
TARIFA	0,261023	3	0,145833	0,066597	4	0,092321

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
INTERAÇÃO	0,308104	1	0,520833	0,046875	10	0,037008
SEGURANÇA	0,302081	2	0,270833	0,024375	11	0,031452
COMUNICAÇÃO	0,240595	3	0,145833	0,013125	13	0,021772
INCLUSÃO	0,14922	4	0,0625	0,005625	17	0,006354

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
PART SOCIAL	0,277876	2	0,277778	0,011111	15	0,01353
RISCOS REG	0,170363	3	0,111111	0,004444	18	0,003086
CAPAC DE GESTÃO	0,551761	1	0,611111	0,024444	7	0,058062

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
QUALID DO SERV	0,241636	3	0,111111	0,028519	8	0,050125
SEG NO USO	0,273301	2	0,277778	0,071296	6	0,067321
OPERAÇÃO	0,485063	1	0,611111	0,156852	3	0,110839

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
--	------	--------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------------------	--------------------

EM GASES E PART	0,246171	2	0,270833	0,042431	9	0,043181
EF ENERGÉTICA	0,140117	4	0,0625	0,009792	16	0,009827
USO DO SOLO	0,434847	1	0,520833	0,081597	5	0,078432
POLUIÇÃO SONORA	0,178865	3	0,145833	0,022847	14	0,017499

MATRIZ CRITICA  
(AVALIAÇÃO 1)  
(PESOS DE  
CRITÉRIOS  
SECUNDÁRIO NAS  
COLUNAS DE  
CRITÉRIOS  
PRIMÁRIOS)

0,520833	0	0	0	0
0,0625	0	0	0	0
0,270833	0	0	0	0
0,145833	0	0	0	0
0	0,520833	0	0	0
0	0,270833	0	0	0
0	0,145833	0	0	0
0	0,0625	0	0	0
0	0	0,277778	0	0
0	0	0,111111	0	0
0	0	0,611111	0	0
0	0	0	0,111111	0
0	0	0	0,277778	0
0	0	0	0,611111	0
0	0	0	0	0,270833
0	0	0	0	0,0625
0	0	0	0	0,520833

0	0	0	0	0,145833
---	---	---	---	----------

MATRIZ CRITICA ( AVALIAÇÃO 2)  
(PESOS DE CRITÉRIOS SECUNDÁRIO NAS COLUNAS DE CRITÉRIOS PRIMÁRIOS)

0,194173	0	0	0	0
0,026402	0	0	0	0
0,138617	0	0	0	0
0,092321	0	0	0	0
0	0,037008	0	0	0
0	0,031452	0	0	0
0	0,021772	0	0	0
0	0,006354	0	0	0
0	0	0,01353	0	0
0	0	0,003086	0	0
0	0	0,058062	0	0
0	0	0	0,050125	0
0	0	0	0,067321	0
0	0	0	0,110839	0
0	0	0	0	0,043181
0	0	0	0	0,009827
0	0	0	0	0,078432
0	0	0	0	0,017499

AVALIAÇÃO (1)  
(MATRIZ DE CRITÉRIOS X

MATRIZ DE  
AVALIAÇÃO)

5,671875	4,979167	6,208333	5,333333	3,666667
5,005208	5,015625	5,777778	6,402778	6,552083
5,348958	6,744792	5,722222	6,819444	7,770833

FINAL (1)  
(SOMATÓRIO  
DAS LINHAS)

5,229948
5,638102
6,246366

AVALIAÇÃO (2)

(MATRIZ DE  
CRITÉRIOS X  
MATRIZ DE  
AVALIAÇÃO)

2,625397	0,475627	0,478857	1,211659	0,54731
2,222631	0,486035	0,43899	1,456774	0,981
2,360972	0,65045	0,422718	1,560037	1,162259

FINAL (2)  
(SOMATÓRIO  
DAS LINHAS)

5,338849
5,58543
6,156436

## PESQUISADORES

Obs.: Análise 1: (1)

Análise 2: (2)

AVALIAÇÃO	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3
PROD ECON	5,846154	7	7,307692
RISCO DE DEM	6,153846	5,769231	5,538462
CUSTO OP E GE	6,461538	5,923077	5,230769
TARIFA	6,769231	5,846154	6,076923
INTERAÇÃO	5,307692	6,384615	6,615385
SEGURANÇA	5,769231	6,692308	7,307692
COMUNICAÇÃO	5	6	6,692308
INCLUSÃO	5,461538	6,538462	7,307692
PART SOCIAL	6,076923	6,461538	7
RISCOS REG	4,846154	5,230769	6,384615
CAPAC DE GESTÃO	6,076923	5,923077	5,923077
QUALID DO SERV	5,461538	7,384615	7,692308
SEG NO USO	5,538462	6,615385	7,846154
OPERAÇÃO	6,692308	6,384615	6,692308
EM GASES E PART	5,846154	6,307692	7,153846
EF ENERGÉTICA	4,076923	5,846154	6,538462
USO DO SOLO	5,461538	6,923077	7,846154
POLUIÇÃO SONORA	4,846154	5,615385	6,846154

MATRIZ ALTERNATIVAS (TRANSPOSTA)

5,846154	7	7,307692
6,153846	5,769231	5,538462
6,461538	5,923077	5,230769
6,769231	5,846154	6,076923
5,307692	6,384615	6,615385
5,769231	6,692308	7,307692

5	6	6,692308
5,461538	6,538462	7,307692
6,076923	6,461538	7
4,846154	5,230769	6,384615
6,076923	5,923077	5,923077
5,461538	7,384615	7,692308
5,538462	6,615385	7,846154
6,692308	6,384615	6,692308
5,846154	6,307692	7,153846
4,076923	5,846154	6,538462
5,461538	6,923077	7,846154
4,846154	5,615385	6,846154

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO
ECONÔMICO	0,279444	1	0,456667
SOCIAL	0,267469	2	0,256667
INSTITUCIONAL	0,125155	5	0,04
INFRAESTRUTURAL	0,180697	3	0,156667
AMBIENTAL	0,147235	4	0,09

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
PROD ECON	0,282903	2	0,270833	0,123681	4	0,092321
RISCO DE DEM	0,206233	4	0,0625	0,028542	10	0,037008
CUSTO OP E GE	0,217994	3	0,145833	0,066597	7	0,058062
TARIFA	0,292871	1	0,520833	0,237847	3	0,110839

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
INTERAÇÃO	0,218924	3	0,145833	0,037431	9	0,043181
SEGURANÇA	0,350905	1	0,520833	0,133681	1	0,194173
COMUNICAÇÃO	0,115231	4	0,0625	0,016042	16	0,009827
INCLUSÃO	0,31494	2	0,270833	0,069514	2	0,138617

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
PART SOCIAL	0,494491	1	0,611111	0,024444	6	0,067321
RISCOS REG	0,11411	3	0,111111	0,004444	17	0,006354
CAPAC DE GESTÃO	0,391399	2	0,277778	0,011111	12	0,026402

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
QUALID DO SERV	0,315011	2	0,277778	0,043519	11	0,031452
SEG NO USO	0,264853	3	0,111111	0,017407	13	0,021772
OPERAÇÃO	0,420136	1	0,611111	0,095741	5	0,078432

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
EM GASES E PART	0,241338	3	0,145833	0,013125	15	0,01353
EF ENERGÉTICA	0,264061	2	0,270833	0,024375	14	0,017499
USO DO SOLO	0,402253	1	0,520833	0,046875	8	0,050125

POLUIÇÃO SONORA	0,092348	4	0,0625	0,005625	18	0,003086
--------------------	----------	---	--------	----------	----	----------

MATRIZ CRITICA ( AVALIAÇÃO 1)  
(PESOS DE CRITÉRIOS SECUNDÁRIO NAS COLUNAS DE CRITÉRIOS PRIMÁRIOS)

0,270833	0	0	0	0
0,0625	0	0	0	0
0,145833	0	0	0	0
0,520833	0	0	0	0
0	0,145833	0	0	0
0	0,520833	0	0	0
0	0,0625	0	0	0
0	0,270833	0	0	0
0	0	0,611111	0	0
0	0	0,111111	0	0
0	0	0,277778	0	0
0	0	0	0,277778	0
0	0	0	0,111111	0
0	0	0	0,611111	0
0	0	0	0	0,145833
0	0	0	0	0,270833
0	0	0	0	0,520833
0	0	0	0	0,0625

MATRIZ CRITICA ( AVALIAÇÃO 2)

(PESOS DE  
CRITÉRIOS  
SECUNDÁRIO NAS  
COLUNAS DE  
CRITÉRIOS  
PRIMÁRIOS)

0,092321	0	0	0	0
0,037008	0	0	0	0
0,058062	0	0	0	0
0,110839	0	0	0	0
0	0,043181	0	0	0
0	0,194173	0	0	0
0	0,009827	0	0	0
0	0,138617	0	0	0
0	0	0,067321	0	0
0	0	0,006354	0	0
0	0	0,026402	0	0
0	0	0	0,031452	0
0	0	0	0,021772	0
0	0	0	0,078432	0
0	0	0	0	0,01353
0	0	0	0	0,017499
0	0	0	0	0,050125
0	0	0	0	0,003086

AVALIAÇÃO (1)

(MATRIZ DE  
CRITÉRIOS X  
MATRIZ DE  
AVALIAÇÃO)

6,435897	5,570513	5,940171	6,222222	5,104167
----------	----------	----------	----------	----------

6,165064	6,5625	6,175214	6,688034	6,459936
6,253205	7,168269	6,632479	7,098291	7,328526

FINAL (1)  
(SOMATÓRIO  
DAS LINHAS)

6,040621
6,375949
6,732418

AVALIAÇÃO (2)  
(MATRIZ DE  
CRITÉRIOS X  
MATRIZ DE  
AVALIAÇÃO)

1,892926	2,155612	0,600339	0,817252	0,439158
1,851639	2,540457	0,624614	0,877051	0,551995
1,856887	2,783344	0,668195	0,937658	0,625627

FINAL (2)  
(SOMATÓRIO  
DAS LINHAS)

5,905287
6,445756
6,871711

### CONJUNTO DAS RESPOSTAS

Obs.: Análise 1: (1)

Análise 2: (2)

AVALIAÇÃO	SOLUÇÃO	SOLUÇÃO	SOLUÇÃO
	1	2	3

PROD ECON	5,875	6,8125	7
RISCO DE DEM	6,4375	5,75	5,4375
CUSTO OP E GE	6,75	5,625	4,875
TARIFA	7,0625	5,625	5,6875
INTERAÇÃO	5,5	6,0625	6,4375
SEGURANÇA	5,625	6,1875	6,9375
COMUNICAÇÃO	5,25	5,875	6,5
INCLUSÃO	5,625	6,375	7,25
PART SOCIAL	6,0625	6,125	6,6875
RISCOS REG	5,375	5,25	6,0625
CAPAC DE GESTÃO	6,5	5,8125	5,625
QUALID DO SERV	5,75	7,1875	7,4375
SEG NO USO	5,4375	6,25	7,3125
OPERAÇÃO	6,75	6,375	6,5625
EM GASES E PART	5,4375	6,1875	7,1875
EF ENERGÉTICA	4,0625	5,75	6,5
USO DO SOLO	5,4375	6,6875	7,75
POLUIÇÃO SONORA	4,625	5,5625	6,75

MATRIZ ALTERNATIVAS (TRANSPOSTA)

5,875	6,8125	7
6,4375	5,75	5,4375
6,75	5,625	4,875
7,0625	5,625	5,6875
5,5	6,0625	6,4375
5,625	6,1875	6,9375
5,25	5,875	6,5
5,625	6,375	7,25
6,0625	6,125	6,6875

5,375	5,25	6,0625
6,5	5,8125	5,625
5,75	7,1875	7,4375
5,4375	6,25	7,3125
6,75	6,375	6,5625
5,4375	6,1875	7,1875
4,0625	5,75	6,5
5,4375	6,6875	7,75
4,625	5,5625	6,75

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO
ECONÔMICO	0,290502	1	0,456667
SOCIAL	0,240623	2	0,256667
INSTITUCIONAL	0,123821	5	0,04
INFRAESTRUTURAL	0,188963	3	0,156667
AMBIENTAL	0,156091	4	0,09

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
PROD ECON	0,274367	2	0,270833	0,123681	3	0,110839
RISCO DE DEM	0,187633	4	0,0625	0,028542	11	0,031452
CUSTO OP E GE	0,248601	3	0,145833	0,066597	5	0,078432
TARIFA	0,289399	1	0,520833	0,237847	1	0,194173

PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
------	--------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------------------	--------------------

INTERAÇÃO	0,244959	3	0,145833	0,037431	8	0,050125
SEGURANÇA	0,329685	1	0,520833	0,133681	4	0,092321
COMUNICAÇÃO	0,135135	4	0,0625	0,016042	16	0,009827
INCLUSÃO	0,290221	2	0,270833	0,069514	6	0,067321

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
PART SOCIAL	0,449064	1	0,611111	0,024444	10	0,037008
RISCOS REG	0,128214	3	0,111111	0,004444	18	0,003086
CAPAC DE GESTÃO	0,422722	2	0,277778	0,011111	12	0,026402

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
QUALID DO SERV	0,299168	2	0,277778	0,043519	9	0,043181
SEG NO USO	0,265291	3	0,111111	0,017407	13	0,021772
OPERAÇÃO	0,435541	1	0,611111	0,095741	2	0,138617

	PESO	ORDEM DE AVALIAÇÃO	PESO CALCULADO (1)	PESO FINAL (CRITÉRIO X SUBCRITÉRIO)	POSIÇÃO EM QUADRO GERAL	PESO CALCULADO (2)
EM GASES E PART	0,248194	3	0,145833	0,013125	14	0,017499
EF ENERGÉTICA	0,24135	2	0,270833	0,024375	15	0,01353
USO DO SOLO	0,389944	1	0,520833	0,046875	7	0,058062
POLUIÇÃO SONORA	0,120512	4	0,0625	0,005625	17	0,006354

MATRIZ CRITICA ( AVALIAÇÃO 1)  
(PESOS DE CRITÉRIOS SECUNDÁRIO NAS COLUNAS DE CRITÉRIOS PRIMÁRIOS)

0,270833	0	0	0	0
0,0625	0	0	0	0
0,145833	0	0	0	0
0,520833	0	0	0	0
0	0,145833	0	0	0
0	0,520833	0	0	0
0	0,0625	0	0	0
0	0,270833	0	0	0
0	0	0,611111	0	0
0	0	0,111111	0	0
0	0	0,277778	0	0
0	0	0	0,277778	0
0	0	0	0,111111	0
0	0	0	0,611111	0
0	0	0	0	0,145833
0	0	0	0	0,270833
0	0	0	0	0,520833
0	0	0	0	0,0625

MATRIZ CRITICA ( AVALIAÇÃO 2)  
(PESOS DE CRITÉRIOS SECUNDÁRIO NAS

COLUNAS DE  
CRITÉRIOS  
PRIMÁRIOS)

0,110839	0	0	0	0
0,031452	0	0	0	0
0,078432	0	0	0	0
0,194173	0	0	0	0
0	0,050125	0	0	0
0	0,092321	0	0	0
0	0,009827	0	0	0
0	0,067321	0	0	0
0	0	0,037008	0	0
0	0	0,003086	0	0
0	0	0,026402	0	0
0	0	0	0,043181	0
0	0	0	0,021772	0
0	0	0	0,138617	0
0	0	0	0	0,017499
0	0	0	0	0,01353
0	0	0	0	0,058062
0	0	0	0	0,006354

AVALIAÇÃO (1)

(MATRIZ DE  
CRITÉRIOS X  
MATRIZ DE  
AVALIAÇÃO)

6,65625	5,583333	6,107639	6,326389	5,014323
5,954427	6,200521	5,940972	6,586806	6,290365
5,908854	6,921875	6,322917	6,888889	7,266927

FINAL (1)  
(SOMATÓRIO  
DAS LINHAS)

6,159472
6,14636
6,461191

AVALIAÇÃO (2)

(MATRIZ DE  
CRITÉRIOS X  
MATRIZ DE  
AVALIAÇÃO)

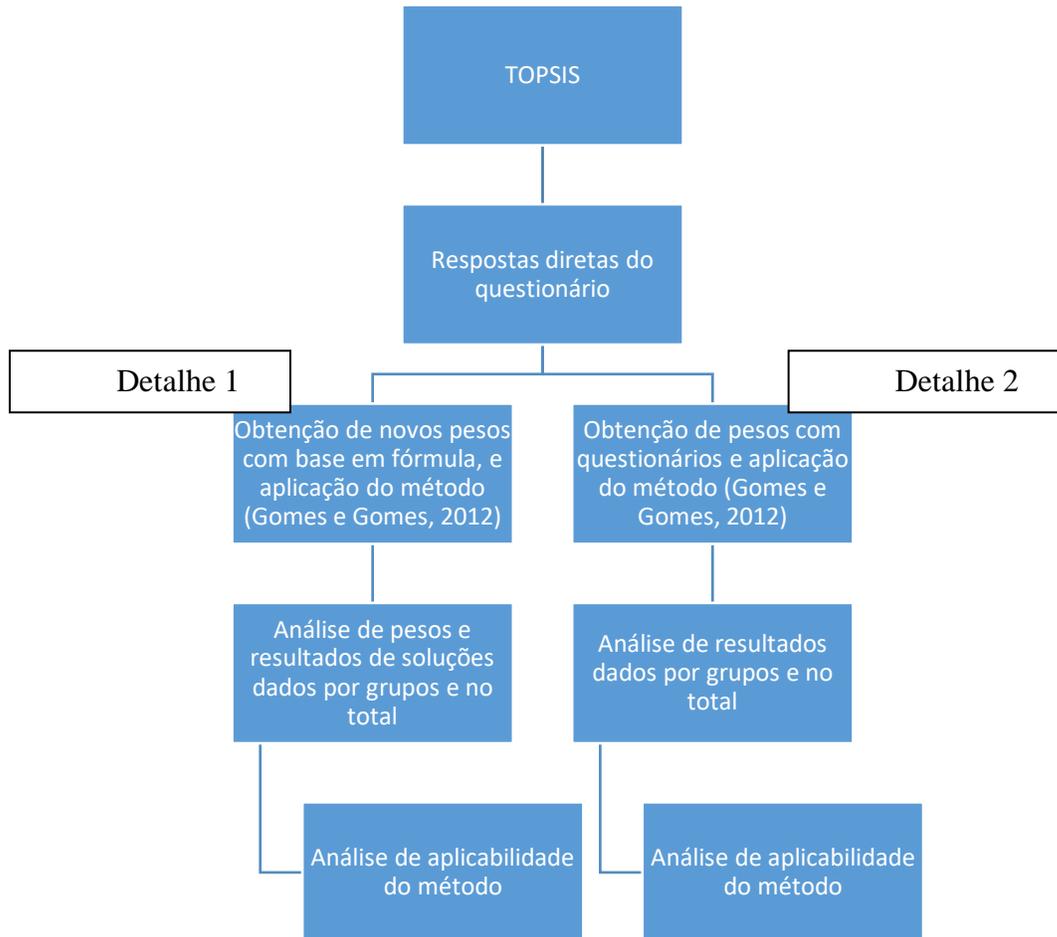
2,754415	1,225262	0,41256	1,30234	0,495214
2,469344	1,36202	0,396336	1,33012	0,609705
2,433609	1,515105	0,41471	1,390039	0,706587

FINAL (2)  
(SOMATÓRIO  
DAS LINHAS)

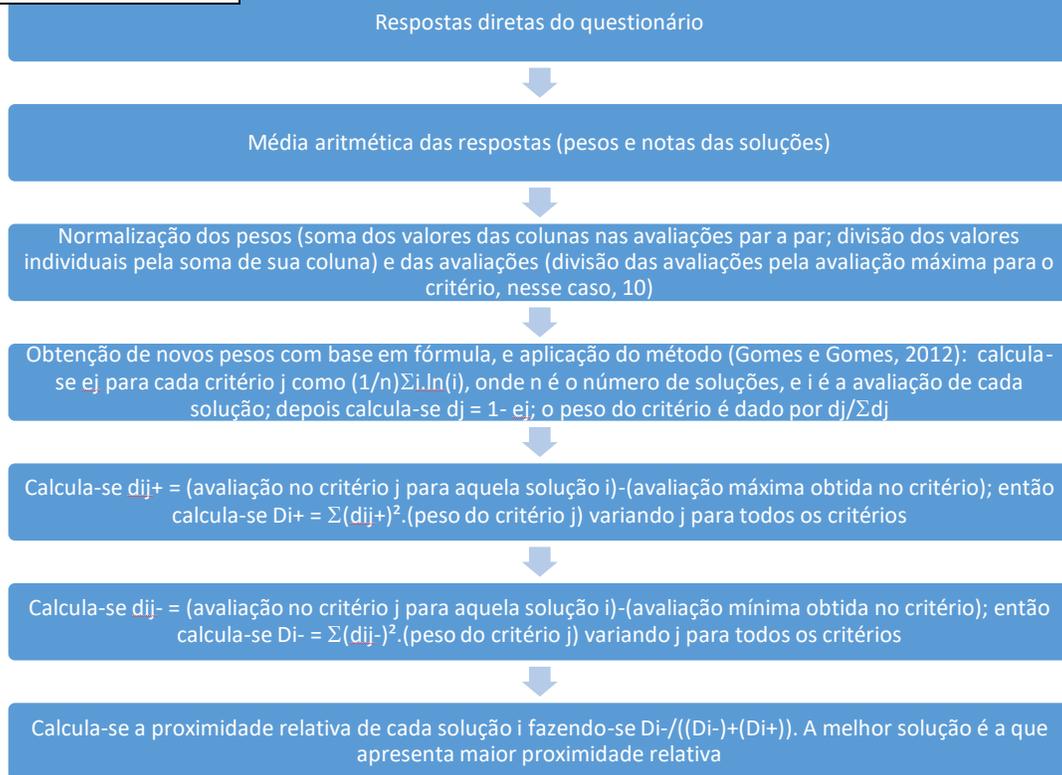
6,189791
6,167525
6,460051

## APÊNDICE F - CÁLCULO TOPSIS

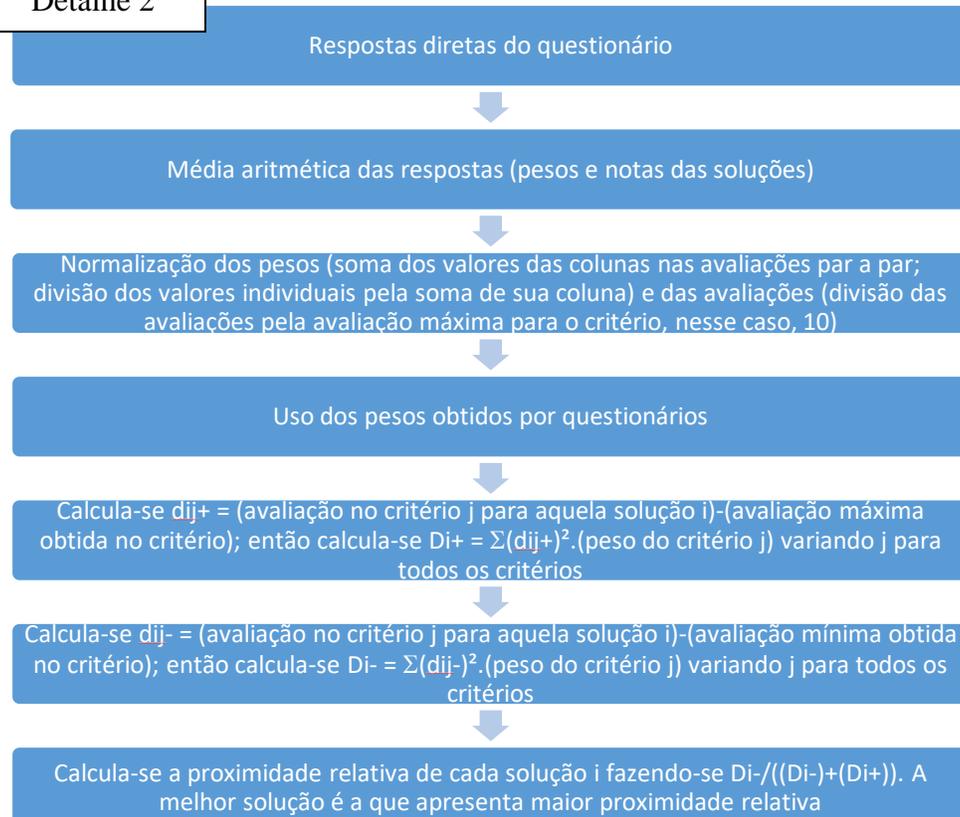
O cálculo do TOPSIS seguiu a forma de cálculo descrita no seguinte fluxograma:



### Detalhe 1



### Detalhe 2



**GESTORES**

CRITÉRIOS	AVALIAÇÃO NORMALIZADA TRANSPOSTA			MÍNIMO	MÁXIMO	Ej	dj	PESO
	SOL 1	SOL2	SOL3					
PROD ECON	0,5	0,55	0,6	0,5	0,6	0,327293	0,672707	0,053899
RISCO DE DEM	0,625	0,525	0,55	0,525	0,625	0,320283	0,679717	0,05446
CUSTO OP E GE	0,625	0,4	0,425	0,4	0,625	0,341309	0,658691	0,052776
TARIFA	0,675	0,5	0,5	0,5	0,675	0,319484	0,680516	0,054524
INTERAÇÃO	0,525	0,5	0,675	0,5	0,675	0,316722	0,683278	0,054746
SEGURANÇA	0,425	0,45	0,65	0,425	0,65	0,334332	0,665668	0,053335
COMUNICAÇÃO	0,525	0,55	0,675	0,525	0,675	0,310801	0,689199	0,05522
INCLUSÃO	0,525	0,625	0,775	0,525	0,775	0,276527	0,723473	0,057966
PART SOCIAL	0,5	0,55	0,65	0,5	0,65	0,318464	0,681536	0,054606
RISCOS REG	0,625	0,525	0,5	0,5	0,625	0,326204	0,673796	0,053986
CAPAC DE GESTÃO	0,675	0,6	0,55	0,55	0,675	0,300203	0,699797	0,056069
QUALID DO SERV	0,575	0,675	0,725	0,575	0,725	0,272216	0,727784	0,058312
SEG NO USO	0,425	0,55	0,625	0,425	0,625	0,32874	0,67126	0,053783
OPERAÇÃO	0,575	0,675	0,7	0,575	0,7	0,277724	0,722276	0,05787
EM GASES E PART	0,3	0,675	0,8	0,3	0,8	0,268337	0,731663	0,058622
EF ENERGÉTICA	0,325	0,65	0,725	0,325	0,725	0,292811	0,707189	0,056661
USO DO SOLO	0,425	0,675	0,8	0,425	0,8	0,269159	0,730841	0,058557
POLUIÇÃO SONORA	0,3	0,55	0,675	0,3	0,675	0,318435	0,681565	0,054608

**Análise 1****SOLUÇÃO 1**

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
-0,1	0,01	0,000539	0	0	0
0	0	0	0,1	0,01	0,000545
0	0	0	0,225	0,050625	0,002672

0	0	0	0,175	0,030625	0,00167
-0,15	0,0225	0,001232	0,025	0,000625	3,42E-05
-0,225	0,050625	0,0027	0	0	0
-0,15	0,0225	0,001242	0	0	0
-0,25	0,0625	0,003623	0	0	0
-0,15	0,0225	0,001229	0	0	0
0	0	0	0,125	0,015625	0,000844
0	0	0	0,125	0,015625	0,000876
-0,15	0,0225	0,001312	0	0	0
-0,2	0,04	0,002151	0	0	0
-0,125	0,015625	0,000904	0	0	0
-0,5	0,25	0,014656	0	0	0
-0,4	0,16	0,009066	0	0	0
-0,375	0,140625	0,008235	0	0	0
-0,375	0,140625	0,007679	0	0	0
	SOMA	0,054568		SOMA	0,00664
	d+	0,233597		d-	0,081486
				PROX RELATIVA	0,258618

## SOLUÇÃO 2

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
-0,05	0,0025	0,000135	0,05	0,0025	0,000135
-0,1	0,01	0,000545	0	0	0
-0,225	0,050625	0,002672	0	0	0
-0,175	0,030625	0,00167	0	0	0
-0,175	0,030625	0,001677	0	0	0
-0,2	0,04	0,002133	0,025	0,000625	3,33E-05
-0,125	0,015625	0,000863	0,025	0,000625	3,45E-05
-0,15	0,0225	0,001304	0,1	0,01	0,00058
-0,1	0,01	0,000546	0,05	0,0025	0,000137

-0,1	0,01	0,00054	0,025	0,000625	3,37E-05
-0,075	0,005625	0,000315	0,05	0,0025	0,00014
-0,05	0,0025	0,000146	0,1	0,01	0,000583
-0,075	0,005625	0,000303	0,125	0,015625	0,00084
-0,025	0,000625	3,62E-05	0,1	0,01	0,000579
-0,125	0,015625	0,000916	0,375	0,140625	0,008244
-0,075	0,005625	0,000319	0,325	0,105625	0,005985
-0,125	0,015625	0,000915	0,25	0,0625	0,00366
-0,125	0,015625	0,000853	0,25	0,0625	0,003413
SOMA		0,015887	SOMA		0,024396
d+		0,126042	d-		0,156193
			PROX RELATIVA		0,553415

## SOLUÇÃO 3

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
0	0	0	0,1	0,01	0,000539
-0,075	0,005625	0,000306	0,025	0,000625	3,4E-05
-0,2	0,04	0,002111	0,025	0,000625	3,3E-05
-0,175	0,030625	0,00167	0	0	0
0	0	0	0,175	0,030625	0,001677
0	0	0	0,225	0,050625	0,0027
0	0	0	0,15	0,0225	0,001242
0	0	0	0,25	0,0625	0,003623
0	0	0	0,15	0,0225	0,001229
-0,125	0,015625	0,000844	0	0	0
-0,125	0,015625	0,000876	0	0	0
0	0	0	0,15	0,0225	0,001312
0	0	0	0,2	0,04	0,002151
0	0	0	0,125	0,015625	0,000904
0	0	0	0,5	0,25	0,014656

0	0	0	0,4	0,16	0,009066
0	0	0	0,375	0,140625	0,008235
0	0	0	0,375	0,140625	0,007679
SOMA		0,005807	SOMA		0,055079
d+		0,076202	d-		0,23469
			PROX		
			RELATIVA		0,754892

## Análise 2

### SOLUÇÃO 1

d <sub>1j+</sub>	(d <sub>1j+</sub> ) <sup>2</sup>	w <sub>j</sub> .(d <sub>1j+</sub> ) <sup>2</sup>	d <sub>1j-</sub>	(d <sub>1j-</sub> ) <sup>2</sup>	w <sub>j</sub> .(d <sub>1j-</sub> ) <sup>2</sup>
-0,1	0,01	0,001222	0	0	0
0	0	0	0,1	0,01	0,000341
0	0	0	0,225	0,050625	0,00588
0	0	0	0,175	0,030625	0,002947
-0,15	0,0225	0,000925	0,025	0,000625	2,57E-05
-0,225	0,050625	0,002041	0	0	0
-0,15	0,0225	0,000722	0	0	0
-0,25	0,0625	0,001244	0	0	0
-0,15	0,0225	0,000619	0	0	0
0	0	0	0,125	0,015625	0,000264
0	0	0	0,125	0,015625	0,000854
-0,15	0,0225	0,001223	0	0	0
-0,2	0,04	0,002459	0	0	0
-0,125	0,015625	0,001705	0	0	0
-0,5	0,25	0,010698	0	0	0
-0,4	0,16	0,003897	0	0	0
-0,375	0,140625	0,010629	0	0	0
-0,375	0,140625	0,004372	0	0	0
SOMA		0,041757	SOMA		0,010312

d+	0,204345	d-	0,101549
		PROX RELATIVA	0,331973

## SOLUÇÃO 2

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
-0,05	0,0025	0,000306	0,05	0,0025	0,000306
-0,1	0,01	0,000341	0	0	0
-0,225	0,050625	0,00588	0	0	0
-0,175	0,030625	0,002947	0	0	0
-0,175	0,030625	0,001259	0	0	0
-0,2	0,04	0,001612	0,025	0,000625	2,52E-05
-0,125	0,015625	0,000502	0,025	0,000625	2,01E-05
-0,15	0,0225	0,000448	0,1	0,01	0,000199
-0,1	0,01	0,000275	0,05	0,0025	6,88E-05
-0,1	0,01	0,000169	0,025	0,000625	1,06E-05
-0,075	0,005625	0,000308	0,05	0,0025	0,000137
-0,05	0,0025	0,000136	0,1	0,01	0,000544
-0,075	0,005625	0,000346	0,125	0,015625	0,000961
-0,025	0,000625	6,82E-05	0,1	0,01	0,001091
-0,125	0,015625	0,000669	0,375	0,140625	0,006017
-0,075	0,005625	0,000137	0,325	0,105625	0,002573
-0,125	0,015625	0,001181	0,25	0,0625	0,004724
-0,125	0,015625	0,000486	0,25	0,0625	0,001943
SOMA		0,017069		SOMA	0,018619
d+		0,130648		d-	0,13645
				PROX RELATIVA	0,510862

## SOLUÇÃO 3

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
------	---------------------	------------------------	------	---------------------	------------------------

0	0	0	0,1	0,01	0,001222
-0,075	0,005625	0,000192	0,025	0,000625	2,13E-05
-0,2	0,04	0,004646	0,025	0,000625	7,26E-05
-0,175	0,030625	0,002947	0	0	0
0	0	0	0,175	0,030625	0,001259
0	0	0	0,225	0,050625	0,002041
0	0	0	0,15	0,0225	0,000722
0	0	0	0,25	0,0625	0,001244
0	0	0	0,15	0,0225	0,000619
-0,125	0,015625	0,000264	0	0	0
-0,125	0,015625	0,000854	0	0	0
0	0	0	0,15	0,0225	0,001223
0	0	0	0,2	0,04	0,002459
0	0	0	0,125	0,015625	0,001705
0	0	0	0,5	0,25	0,010698
0	0	0	0,4	0,16	0,003897
0	0	0	0,375	0,140625	0,010629
0	0	0	0,375	0,140625	0,004372
SOMA		0,008903	SOMA		0,042185
d+		0,094356	d-		0,20539
			PROX		
			RELATIVA		0,685212

## PESQUISADORES

CRITÉRIOS	AVALIAÇÃO NORMALIZADA TRANSPOSTA			MÍNIMO	MÁXIMO	ej	dj	PESO
	SOL 1	SOL 2	SOL 3					
PROD ECON	0,584615	0,7	0,730769	0,584615	0,730769	0,264235	0,735765	0,057534
RISCO DE DEM	0,615385	0,576923	0,553846	0,553846	0,615385	0,314453	0,685547	0,053607
CUSTO OP E GE	0,646154	0,592308	0,523077	0,523077	0,646154	0,310454	0,689546	0,05392
TARIFA	0,676923	0,584615	0,607692	0,584615	0,676923	0,293546	0,706454	0,055242
INTERAÇÃO	0,530769	0,638462	0,661538	0,530769	0,661538	0,298672	0,701328	0,054841

SEGURANÇA	0,576923	0,669231	0,730769	0,576923	0,730769	0,271775	0,728225	0,056944
COMUNICAÇÃO	0,5	0,6	0,669231	0,5	0,669231	0,307283	0,692717	0,054168
INCLUSÃO	0,546154	0,653846	0,730769	0,546154	0,730769	0,279121	0,720879	0,05637
PART SOCIAL	0,607692	0,646154	0,7	0,607692	0,7	0,278181	0,721819	0,056444
RISCOS REG	0,484615	0,523077	0,638462	0,484615	0,638462	0,325499	0,674501	0,052744
CAPAC DE GESTÃO	0,607692	0,592308	0,592308	0,592308	0,607692	0,3077	0,6923	0,054135
QUALID DO SERV	0,546154	0,738462	0,769231	0,546154	0,769231	0,252018	0,747982	0,058489
SEG NO USO	0,553846	0,661538	0,784615	0,553846	0,784615	0,263636	0,736364	0,057581
OPERAÇÃO	0,669231	0,638462	0,669231	0,638462	0,669231	0,274678	0,725322	0,056717
EM GASES E PART	0,584615	0,630769	0,715385	0,584615	0,715385	0,281366	0,718634	0,056195
EF ENERGÉTICA	0,407692	0,584615	0,653846	0,407692	0,653846	0,319143	0,680857	0,053241
USO DO SOLO	0,546154	0,692308	0,784615	0,546154	0,784615	0,258413	0,741587	0,057989
POLUIÇÃO SONORA	0,484615	0,561538	0,684615	0,484615	0,684615	0,311502	0,688498	0,053838

## Análise 1

### SOLUÇÃO 1

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
-0,14615	0,021361	0,001229	0	0	0
0	0	0	0,061538	0,003787	0,000203
0	0	0	0,123077	0,015148	0,000817
0	0	0	0,092308	0,008521	0,000471
-0,13077	0,017101	0,000938	0	0	0
-0,15385	0,023669	0,001348	0	0	0
-0,16923	0,028639	0,001551	0	0	0
-0,18462	0,034083	0,001921	0	0	0
-0,09231	0,008521	0,000481	0	0	0
-0,15385	0,023669	0,001248	0	0	0
0	0	0	0,015385	0,000237	1,28E-05

-0,22308	0,049763	0,002911	0	0	0
-0,23077	0,053254	0,003066	0	0	0
0	0	0	0,030769	0,000947	5,37E-05
-0,13077	0,017101	0,000961	0	0	0
-0,24615	0,060592	0,003226	0	0	0
-0,23846	0,056864	0,003298	0	0	0
-0,2	0,04	0,002154	0	0	0
	SOMA	0,024331		SOMA	0,001557
	d+	0,155985		d-	0,039459
				PROX	
				RELATIVA	0,201893

## SOLUÇÃO 2

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
-0,03077	0,000947	5,44702E-05	0,115385	0,013314	0,000765987
-0,03846	0,001479	7,93007E-05	0,023077	0,000533	2,85483E-05
-0,05385	0,002899	0,000156336	0,069231	0,004793	0,000258433
-0,09231	0,008521	0,000470702	0	0	0
-0,02308	0,000533	2,92054E-05	0,107692	0,011598	0,000636029
-0,06154	0,003787	0,000215648	0,092308	0,008521	0,000485207
-0,06923	0,004793	0,000259621	0,1	0,01	0,000541679
-0,07692	0,005917	0,000333551	0,107692	0,011598	0,00065376
-0,05385	0,002899	0,000163653	0,038462	0,001479	8,34965E-05
-0,11538	0,013314	0,000702207	0,038462	0,001479	7,80229E-05
-0,01538	0,000237	1,28131E-05	0	0	0
-0,03077	0,000947	5,53746E-05	0,192308	0,036982	0,002163072
-0,12308	0,015148	0,000872233	0,107692	0,011598	0,000667803
-0,03077	0,000947	5,3697E-05	0	0	0
-0,08462	0,00716	0,00040234	0,046154	0,00213	0,000119704
-0,06923	0,004793	0,000255176	0,176923	0,031302	0,001666523
-0,09231	0,008521	0,000494111	0,146154	0,021361	0,001238708

-0,12308	0,015148	0,000815535	0,076923	0,005917	0,000318568
	SOMA	0,005425973		SOMA	0,00970554
	d+	0,073661203		d-	0,0985167
				PROX	
				RELATIVA	0,572179694

## SOLUÇÃO 3

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
0	0	0	0,146154	0,021361	0,001229
-0,06154	0,003787	0,000203	0	0	0
-0,12308	0,015148	0,000817	0	0	0
-0,06923	0,004793	0,000265	0,023077	0,000533	2,94E-05
0	0	0	0,130769	0,017101	0,000938
0	0	0	0,153846	0,023669	0,001348
0	0	0	0,169231	0,028639	0,001551
0	0	0	0,184615	0,034083	0,001921
0	0	0	0,092308	0,008521	0,000481
0	0	0	0,153846	0,023669	0,001248
-0,01538	0,000237	1,28E-05	0	0	0
0	0	0	0,223077	0,049763	0,002911
0	0	0	0,230769	0,053254	0,003066
0	0	0	0,030769	0,000947	5,37E-05
0	0	0	0,130769	0,017101	0,000961
0	0	0	0,246154	0,060592	0,003226
0	0	0	0,238462	0,056864	0,003298
0	0	0	0,2	0,04	0,002154
	SOMA	0,001297		SOMA	0,024415
	d+	0,036019		d-	0,156252
				PROX	
				RELATIVA	0,812665

## SOLUÇÃO 1

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
-0,14615	0,021361	0,001689	0	0	0
0	0	0	0,061538	0,003787	0,000218
0	0	0	0,123077	0,015148	0,000923
0	0	0	0,092308	0,008521	0,000697
-0,13077	0,017101	0,001001	0	0	0
-0,15385	0,023669	0,002221	0	0	0
-0,16923	0,028639	0,000883	0	0	0
-0,18462	0,034083	0,002871	0	0	0
-0,09231	0,008521	0,000527	0	0	0
-0,15385	0,023669	0,000338	0	0	0
0	0	0	0,015385	0,000237	1,16E-05
-0,22308	0,049763	0,002833	0	0	0
-0,23077	0,053254	0,002549	0	0	0
0	0	0	0,030769	0,000947	7,19E-05
-0,13077	0,017101	0,000608	0	0	0
-0,24615	0,060592	0,002356	0	0	0
-0,23846	0,056864	0,003368	0	0	0
-0,2	0,04	0,000544	0	0	0
	SOMA	0,021787		SOMA	0,001922
	d+	0,147604		d-	0,043839
				PROX RELATIVA	0,228991

## SOLUÇÃO 2

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
-0,03077	0,000947	7,48453E-05	0,115385	0,013314	0,001052512
-0,03846	0,001479	8,52521E-05	0,023077	0,000533	3,06907E-05
-0,05385	0,002899	0,000176623	0,069231	0,004793	0,000291969
-0,09231	0,008521	0,000697342	0	0	0

-0,02308	0,000533	3,11833E-05	0,107692	0,011598	0,000679103
-0,06154	0,003787	0,000355432	0,092308	0,008521	0,000799722
-0,06923	0,004793	0,000147721	0,1	0,01	0,000308209
-0,07692	0,005917	0,000498442	0,107692	0,011598	0,000976946
-0,05385	0,002899	0,000179439	0,038462	0,001479	9,15504E-05
-0,11538	0,013314	0,000190137	0,038462	0,001479	2,11263E-05
-0,01538	0,000237	1,15942E-05	0	0	0
-0,03077	0,000947	5,38904E-05	0,192308	0,036982	0,002105092
-0,12308	0,015148	0,000724953	0,107692	0,011598	0,000555042
-0,03077	0,000947	7,18745E-05	0	0	0
-0,08462	0,00716	0,000254411	0,046154	0,00213	7,56925E-05
-0,06923	0,004793	0,000186343	0,176923	0,031302	0,001216979
-0,09231	0,008521	0,000504645	0,146154	0,021361	0,001265117
-0,12308	0,015148	0,000205964	0,076923	0,005917	8,04545E-05
	SOMA	0,004450091		SOMA	0,009550207
	d+	0,066709005		d-	0,09772516
				PROX RELATIVA	0,594311773

## SOLUÇÃO 3

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
0	0	0	0,146154	0,021361	0,001689
-0,06154	0,003787	0,000218	0	0	0
-0,12308	0,015148	0,000923	0	0	0
-0,06923	0,004793	0,000392	0,023077	0,000533	4,36E-05
0	0	0	0,130769	0,017101	0,001001
0	0	0	0,153846	0,023669	0,002221
0	0	0	0,169231	0,028639	0,000883
0	0	0	0,184615	0,034083	0,002871
0	0	0	0,092308	0,008521	0,000527
0	0	0	0,153846	0,023669	0,000338

-0,01538	0,000237	1,16E-05	0	0	0
0	0	0	0,223077	0,049763	0,002833
0	0	0	0,230769	0,053254	0,002549
0	0	0	0,030769	0,000947	7,19E-05
0	0	0	0,130769	0,017101	0,000608
0	0	0	0,246154	0,060592	0,002356
0	0	0	0,238462	0,056864	0,003368
0	0	0	0,2	0,04	0,000544
	SOMA	0,001545		SOMA	0,021902
	d+	0,039305		d-	0,147994
				PROX RELATIVA	0,79015

### CONJUNTO DAS RESPOSTAS

CRITÉRIOS	AVALIAÇÃO NORMALIZADA TRANSPOSTA			MÍNIMO	MÁXIMO	Ej	dj	PESO
	SOL 1	SOL 2	SOL 3					
PROD ECON	0,5875	0,68125	0,7	0,5875	0,7	0,274544	0,725456	0,057201
RISCO DE DEM	0,64375	0,575	0,54375	0,54375	0,64375	0,311007	0,688993	0,054326
CUSTO OP E GE	0,675	0,5625	0,4875	0,4875	0,675	0,313066	0,686934	0,054164
TARIFA	0,70625	0,5625	0,56875	0,5625	0,70625	0,29674	0,70326	0,055451
INTERAÇÃO	0,55	0,60625	0,64375	0,55	0,64375	0,305251	0,694749	0,05478
SEGURANÇA	0,5625	0,61875	0,69375	0,5625	0,69375	0,291447	0,708553	0,055868
COMUNICAÇÃO	0,525	0,5875	0,65	0,525	0,65	0,310258	0,689742	0,054385
INCLUSÃO	0,5625	0,6375	0,725	0,5625	0,725	0,281265	0,718735	0,056671
PART SOCIAL	0,60625	0,6125	0,66875	0,60625	0,66875	0,290908	0,709092	0,055911
RISCOS REG	0,5375	0,525	0,60625	0,525	0,60625	0,325129	0,674871	0,053212
CAPAC DE GESTÃO	0,65	0,58125	0,5625	0,5625	0,65	0,306341	0,693659	0,054694
QUALID DO SERV	0,575	0,71875	0,74375	0,575	0,74375	0,258582	0,741418	0,058459
SEG NO USO	0,54375	0,625	0,73125	0,54375	0,73125	0,284641	0,715359	0,056405

OPERAÇÃO	0,675	0,6375	0,65625	0,6375	0,675	0,276243	0,723757	0,057067
EM GASES E PART	0,54375	0,61875	0,71875	0,54375	0,71875	0,288561	0,711439	0,056096
EF ENERGÉTICA	0,40625	0,575	0,65	0,40625	0,65	0,321383	0,678617	0,053508
USO DO SOLO	0,54375	0,66875	0,775	0,54375	0,775	0,265966	0,734034	0,057877
POLUIÇÃO SONORA	0,4625	0,55625	0,675	0,4625	0,675	0,316068	0,683932	0,053927

### Análise 1

#### SOLUÇÃO 1

d1j+	(dij) <sup>2</sup>	wj.(dij) <sup>2</sup>	d1j-	(dij) <sup>2</sup>	wj.(dij) <sup>2</sup>
-0,1125	0,012656	0,000724	0	0	0
0	0	0	0,1	0,01	0,000543
0	0	0	0,1875	0,035156	0,001904
0	0	0	0,14375	0,020664	0,001146
-0,09375	0,008789	0,000481	0	0	0
-0,13125	0,017227	0,000962	0	0	0
-0,125	0,015625	0,00085	0	0	0
-0,1625	0,026406	0,001496	0	0	0
-0,0625	0,003906	0,000218	0	0	0
-0,06875	0,004727	0,000252	0,0125	0,000156	8,31E-06
0	0	0	0,0875	0,007656	0,000419
-0,16875	0,028477	0,001665	0	0	0
-0,1875	0,035156	0,001983	0	0	0
0	0	0	0,0375	0,001406	8,03E-05
-0,175	0,030625	0,001718	0	0	0
-0,24375	0,059414	0,003179	0	0	0
-0,23125	0,053477	0,003095	0	0	0
-0,2125	0,045156	0,002435	0	0	0
	SOMA	0,019059		SOMA	0,004101
	d+	0,138054		d-	0,064036

PROX	
RELATIVA	0,316868

## SOLUÇÃO 2

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
-0,01875	0,000352	2,01097E-05	0,09375	0,008789	0,000502742
-0,06875	0,004727	0,000256774	0,03125	0,000977	5,30526E-05
-0,1125	0,012656	0,000685507	0,075	0,005625	0,00030467
-0,14375	0,020664	0,001145838	0	0	0
-0,0375	0,001406	7,7034E-05	0,05625	0,003164	0,000173326
-0,075	0,005625	0,000314258	0,05625	0,003164	0,00017677
-0,0625	0,003906	0,000212441	0,0625	0,003906	0,000212441
-0,0875	0,007656	0,000433887	0,075	0,005625	0,000318774
-0,05625	0,003164	0,000176905	0,00625	3,91E-05	2,18401E-06
-0,08125	0,006602	0,000351285	0	0	0
-0,06875	0,004727	0,000258513	0,01875	0,000352	1,92283E-05
-0,025	0,000625	3,65372E-05	0,14375	0,020664	0,00120801
-0,10625	0,011289	0,000636757	0,08125	0,006602	0,00037236
-0,0375	0,001406	8,02504E-05	0	0	0
-0,1	0,01	0,000560957	0,075	0,005625	0,000315538
-0,075	0,005625	0,000300981	0,16875	0,028477	0,001523715
-0,10625	0,011289	0,00065338	0,125	0,015625	0,000904332
-0,11875	0,014102	0,000760452	0,09375	0,008789	0,000473966
	SOMA	0,006961867		SOMA	0,00656111
	d+	0,083437801		d-	0,081000679
				PROX	
				RELATIVA	0,492589561

## SOLUÇÃO 3

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
0	0	0	0,1125	0,012656	0,000724

-0,1	0,01	0,000543	0	0	0
-0,1875	0,035156	0,001904	0	0	0
-0,1375	0,018906	0,001048	0,00625	3,91E-05	2,17E-06
0	0	0	0,09375	0,008789	0,000481
0	0	0	0,13125	0,017227	0,000962
0	0	0	0,125	0,015625	0,00085
0	0	0	0,1625	0,026406	0,001496
0	0	0	0,0625	0,003906	0,000218
0	0	0	0,08125	0,006602	0,000351
-0,0875	0,007656	0,000419	0	0	0
0	0	0	0,16875	0,028477	0,001665
0	0	0	0,1875	0,035156	0,001983
-0,01875	0,000352	2,01E-05	0,01875	0,000352	2,01E-05
0	0	0	0,175	0,030625	0,001718
0	0	0	0,24375	0,059414	0,003179
0	0	0	0,23125	0,053477	0,003095
0	0	0	0,2125	0,045156	0,002435
SOMA		0,003935		SOMA	0,019181
d+		0,062727		d-	0,138495
				PROX RELATIVA	0,688272

## Análise 2

### SOLUÇÃO 1

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
-0,1125	0,012656	0,001009	0	0	0
0	0	0	0,1	0,01	0,000545
0	0	0	0,1875	0,035156	0,002539
0	0	0	0,14375	0,020664	0,001737
-0,09375	0,008789	0,000518	0	0	0
-0,13125	0,017227	0,001367	0	0	0

-0,125	0,015625	0,000508	0	0	0
-0,1625	0,026406	0,001844	0	0	0
-0,0625	0,003906	0,000217	0	0	0
-0,06875	0,004727	7,5E-05	0,0125	0,000156	2,48E-06
0	0	0	0,0875	0,007656	0,000401
-0,16875	0,028477	0,00161	0	0	0
-0,1875	0,035156	0,001762	0	0	0
0	0	0	0,0375	0,001406	0,000116
-0,175	0,030625	0,001186	0	0	0
-0,24375	0,059414	0,002238	0	0	0
-0,23125	0,053477	0,003255	0	0	0
-0,2125	0,045156	0,000849	0	0	0
	SOMA	0,016439		SOMA	0,00534
	d+	0,128215		d-	0,073077
				PROX RELATIVA	0,36304

## SOLUÇÃO 2

d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
-0,01875	0,000352	2,8021E-05	0,09375	0,008789	0,000700525
-0,06875	0,004727	0,000257635	0,03125	0,000977	5,32303E-05
-0,1125	0,012656	0,000914023	0,075	0,005625	0,000406232
-0,14375	0,020664	0,001737245	0	0	0
-0,0375	0,001406	8,2888E-05	0,05625	0,003164	0,000186498
-0,075	0,005625	0,00044623	0,05625	0,003164	0,000251004
-0,0625	0,003906	0,000127017	0,0625	0,003906	0,000127017
-0,0875	0,007656	0,000534665	0,075	0,005625	0,000392815
-0,05625	0,003164	0,000175933	0,00625	3,91E-05	2,17201E-06
-0,08125	0,006602	0,000104804	0	0	0
-0,06875	0,004727	0,000247396	0,01875	0,000352	1,84014E-05
-0,025	0,000625	3,53324E-05	0,14375	0,020664	0,001168176

-0,10625	0,011289	0,000565923	0,08125	0,006602	0,000330937
-0,0375	0,001406	0,000115736	0	0	0
-0,1	0,01	0,000387409	0,075	0,005625	0,000217918
-0,075	0,005625	0,000211909	0,16875	0,028477	0,001072787
-0,10625	0,011289	0,00068713	0,125	0,015625	0,000951045
-0,11875	0,014102	0,000265264	0,09375	0,008789	0,00016533
	SOMA	0,00692456		SOMA	0,006044089
	d+	0,083213941		d-	0,077743742
				PROX RELATIVA	0,483007338

## SOLUÇÃO 3

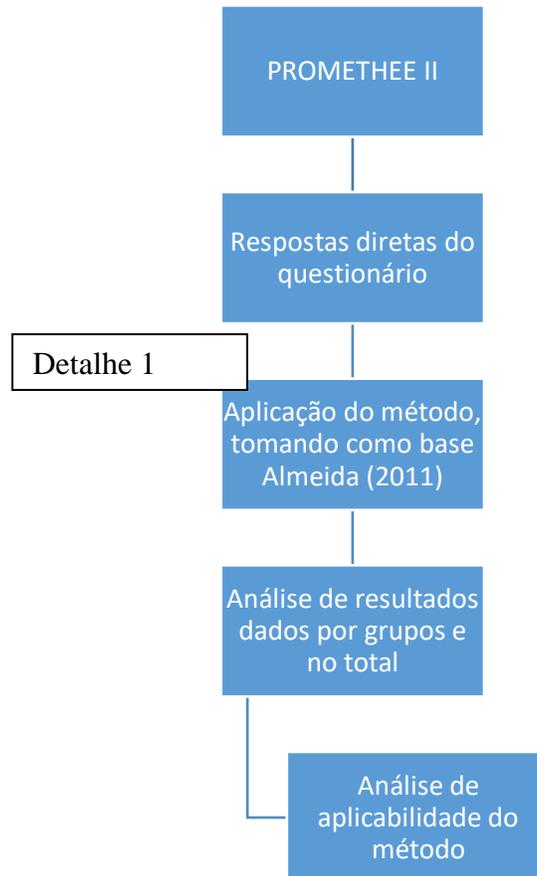
d1j+	(dij+) <sup>2</sup>	wj.(dij+) <sup>2</sup>	d1j-	(dij-) <sup>2</sup>	wj.(dij-) <sup>2</sup>
0	0	0	0,1125	0,012656	0,001009
-0,1	0,01	0,000545	0	0	0
-0,1875	0,035156	0,002539	0	0	0
-0,1375	0,018906	0,001589	0,00625	3,91E-05	3,28E-06
0	0	0	0,09375	0,008789	0,000518
0	0	0	0,13125	0,017227	0,001367
0	0	0	0,125	0,015625	0,000508
0	0	0	0,1625	0,026406	0,001844
0	0	0	0,0625	0,003906	0,000217
0	0	0	0,08125	0,006602	0,000105
-0,0875	0,007656	0,000401	0	0	0
0	0	0	0,16875	0,028477	0,00161
0	0	0	0,1875	0,035156	0,001762
-0,01875	0,000352	2,89E-05	0,01875	0,000352	2,89E-05
0	0	0	0,175	0,030625	0,001186
0	0	0	0,24375	0,059414	0,002238
0	0	0	0,23125	0,053477	0,003255
0	0	0	0,2125	0,045156	0,000849

SOMA	0,005103
d+	0,071436

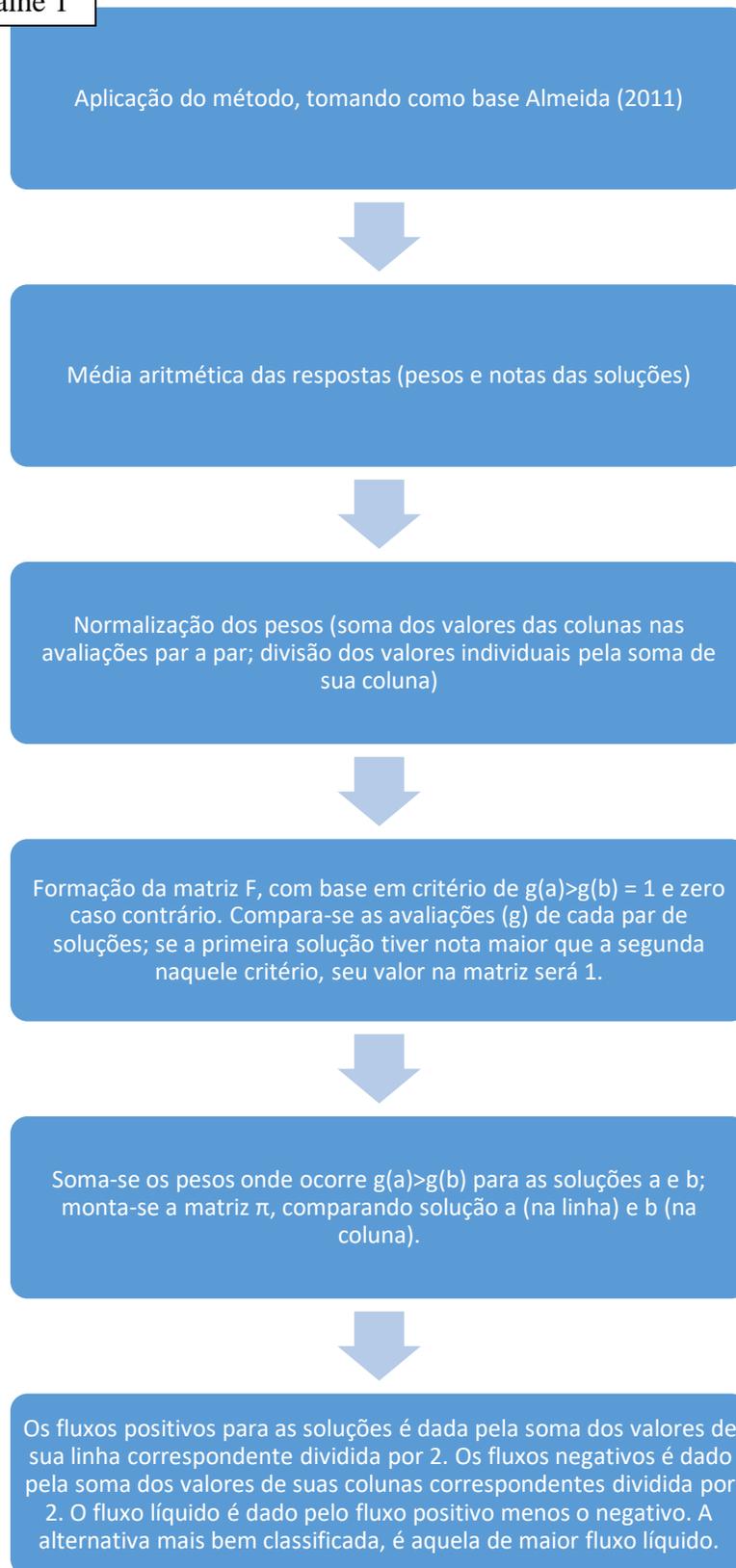
SOMA	0,016501
d-	0,128456
PROX RELATIVA	0,642626

## APÊNDICE G - CÁLCULOS PROMETHEE II

Para os cálculos do método, foi usado método descrito no fluxograma abaixo:

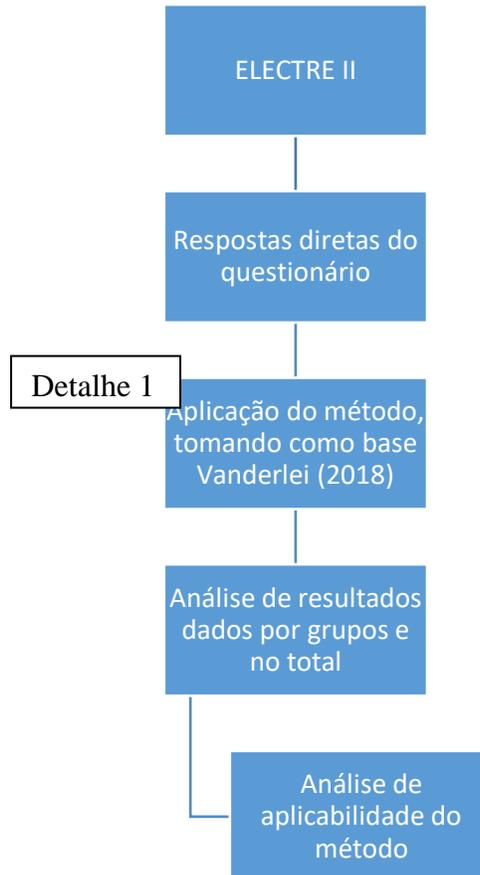


## Detalhe 1

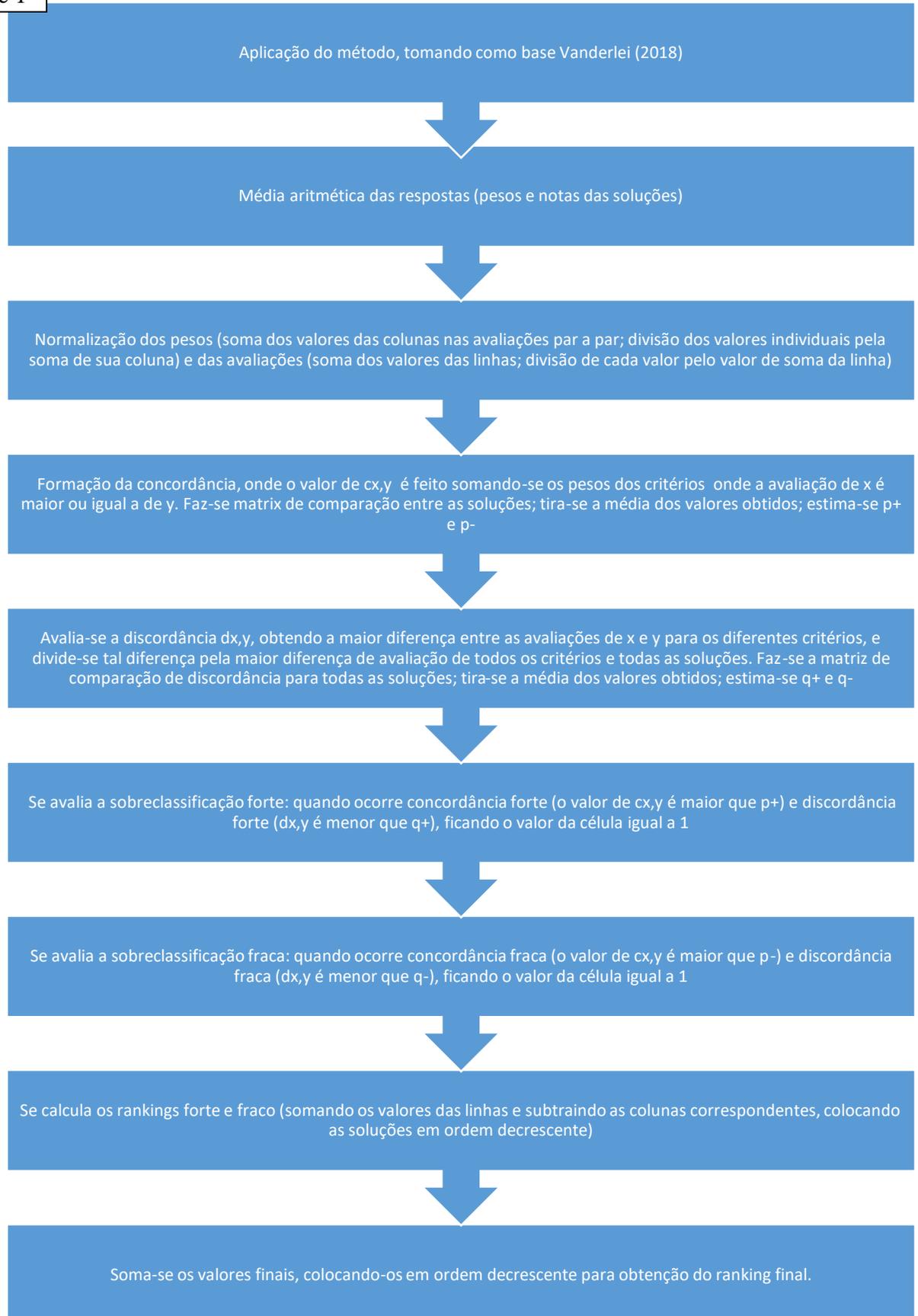


## APÊNDICE H - CÁLCULOS ELECTRE II

Para os cálculos do método, foi usado método descrito no fluxograma abaixo:

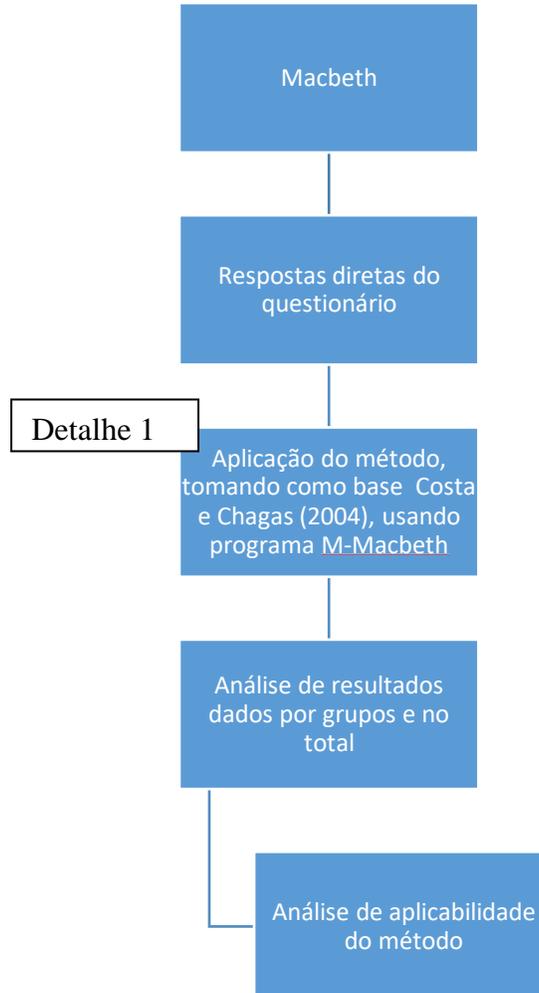


Detalhe 1



## APÊNDICE I - MATRIZES DE APOIO AO CÁLCULO DO MACBETH

Os cálculos para o método seguiram o fluxograma abaixo:



## Detalhe 1

Aplicação do método, tomando como base Costa e Chagas (2004), usando programa M-Macbeth



Média aritmética das respostas (pesos e notas das soluções)



Normalização dos pesos (soma dos valores das colunas nas avaliações par a par; divisão dos valores individuais pela soma de sua coluna)



Criação de 7 intervalos numéricos para consequente avaliação qualitativa par a par (subtrai-se aproximadamente a menor e a maior avaliação, e divide-se a diferença por 7; cada intervalo dado por esse valor terá uma avaliação qualitativa crescente)



Criação de 7 intervalos numéricos para consequente avaliação qualitativa par a par (subtrai-se aproximadamente a menor e a maior avaliação paritária entre critérios, e divide-se a diferença por 7; cada intervalo dado por esse valor terá uma avaliação qualitativa crescente)



Introduz-se as avaliações qualitativas no sistema de árvore inserido no programa M-Macbeth. O programa recria avaliações quantitativas (que podem ser modificadas a gosto do avaliador). O programa avalia as soluções finais.

**GESTORES****Resultados médios adotados para as avaliações:**

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURA L	AMBIENTA L
ECONÔMICO	1	4,875	5,875	4,28125	4,53125
SOCIAL	0,646825	1	2,1125	0,958333	2,660714
INSTITUCIONAL	0,599206	2,535714	1	0,3625	1,291667
INFRAESTRUTURA L	2,133333	3,583333	3,25	1	2,25
AMBIENTAL	2,150298	2,35	2,0625	1,133333	1

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	4,666667	1,75	2,444444
RISCO DE DEM	0,233333	1	0,288889	1,233333
CUSTO OP E GE	1,611111	3,666667	1	2,555556
TARIFA	1,194444	2,444444	2,047619	1

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	2,555556	3,733333	4
SEGURANÇA	2,047619	1	3,4	4,047619
COMUNICAÇÃO	1,788889	1,825397	1	3,416667
INCLUSÃO	0,261111	2,447619	1,466667	1

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	2,145833	0,877381
RISCOS REG	1,883333	1	0,264881
CAPAC DE GESTÃO	4,583333	4,25	1

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	1	2,3625	0,666667
SEG NO USO	2,375	1	0,910714
OPERAÇÃO	3,875	3,833333	1

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	3	1,849206	3,05
EF ENERGÉTICA	0,5	1	1,363492	1,875
USO DO SOLO	5,785714	5,3	1	4,8
POLUIÇÃO SONORA	1,475	2,395833	1,396825	1

Máximo considerado	5,875	Mínimo considerado	1
MÁX ADOTADO	5,5		
Tamanho do intervalo	0,642857		

ESCALA QUALITATIVA (limites máx)

EXTREMO	MTO FORTE	FORT	MOD	FRACA	MTO FRACA	NULA
5,5	4,857143	4,214286	3,571429	2,928571	2,285714	1,642857

	PESO	ORDEM
ECONÔMICO	0,368697	1
SOCIAL	0,13343	4
INSTITUCIONAL	0,099084	5
INFRAESTRUTURAL	0,224966	2

AMBIENTAL	0,173822	3
-----------	----------	---

	PESO	ORDEM
PROD ECON	0,331452	1
RISCO DE DEM	0,092495	4
CUSTO OP E GE	0,31503	2
TARIFA	0,261023	3

	PESO	ORDEM
INTERAÇÃO	0,308104	1
SEGURANÇA	0,302081	2
COMUNICAÇÃO	0,240595	3
INCLUSÃO	0,14922	4

	PESO	ORDEM
PART SOCIAL	0,277876	2
RISCOS REG	0,170363	3
CAPAC DE GESTÃO	0,551761	1

	PESO	ORDEM
QUALID DO SERV	0,241636	3
SEG NO USO	0,273301	2
OPERAÇÃO	0,485063	1

	PESO	ORDEM
EM GASES E PART	0,246171	2
EF ENERGÉTICA	0,140117	4
USO DO SOLO	0,434847	1
POLUIÇÃO SONORA	0,178865	3

### TABELAS DE COMPARAÇÃO COM BASE EM ESCALA

Obs.: x = critério da linha é considerado inferior ao da coluna.

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURA L	AMBIENTAL
ECONÔMICO	Nulo	extremo	extremo	mto forte	mto forte
SOCIAL	X	Nulo	mto fraca	x	Fraca
INSTITUCIONAL	X	fraca	nulo	x	Nulo
INFRAESTRUTURA L	mto fraca	forte	mod	nulo	mto fraca
AMBIENTAL	mto fraca	fraca	mto fraca	nulo	Nulo

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	nulo	mto forte	mto fraca	fraca
RISCO DE DEM	x	Nulo	X	nulo
CUSTO OP E GE	nulo	forte	nulo	fraca
TARIFA	nulo	fraca	mto fraca	nulo

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	nulo	fraca	forte	forte
SEGURANÇA	mto fraca	Nulo	mod	forte
COMUNICAÇÃO	mto fraca	mto fraca	nulo	mod
INCLUSÃO	x	fraca	nulo	nulo

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO	
PART SOCIAL	nulo	mto fraca	X	
RISCOS REG	mto fraca	Nulo	X	
CAPAC DE GESTÃO	mto forte	mto forte	nulo	

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	nulo	fraca	X
SEG NO USO	fraca	Nulo	X

OPERAÇÃO	forte	forte	nulo
----------	-------	-------	------

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	nulo	Mod	mto fraca	mod
EF ENERGÉTICA	x	Nulo	nulo	mto fraca
USO DO SOLO	extremo	Extremo	nulo	mto forte
POLUIÇÃO SONORA	nulo	Fraca	nulo	Nulo

**Para análise das avaliações das soluções:**

**ADOTADOS:**

bom	8	neutro	5				
extrem	mto fort	fort	Mod	fraca	mto fraca	Nula	
3	2,571429	2,142857	1,714286	1,285714	0,857143	0,428571	0
Intervalo adotado	0,428571						
8	7,571429	7,142857	6,714286	6,285714	5,857143	5,428571	5

**AVALIAÇÃO MÉDIA CONSIDERADA:**

AVALIAÇÃO	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3
PROD ECON	5	5,5	6
RISCO DE DEM	6,25	5,25	5,5
CUSTO OP E GE	6,25	4	4,25
TARIFA	6,75	5	5
INTERAÇÃO	5,25	5	6,75
SEGURANÇA	4,25	4,5	6,5

COMUNICAÇÃO	5,25	5,5	6,75
INCLUSÃO	5,25	6,25	7,75
PART SOCIAL	5	5,5	6,5
RISCOS REG	6,25	5,25	5
CAPAC DE GESTÃO	6,75	6	5,5
QUALID DO SERV	5,75	6,75	7,25
SEG NO USO	4,25	5,5	6,25
OPERAÇÃO	5,75	6,75	7
EM GASES E PART	3	6,75	8
EF ENERGÉTICA	3,25	6,5	7,25
USO DO SOLO	4,25	6,75	8
POLUIÇÃO SONORA	3	5,5	6,75

AVALIAÇÃO SUPERIOR (BOM) - AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO		
SOL 1	SOL 2	SOL 3
3	2,5	2
1,75	2,75	2,5
1,75	4	3,75
1,25	3	3
2,75	3	1,25
3,75	3,5	1,5
2,75	2,5	1,25
2,75	1,75	0,25
3	2,5	1,5
1,75	2,75	3
1,25	2	2,5

AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO - AVALIAÇÃO INFERIOR (NEUTRO)		
SOL 1	SOL 2	SOL 3
0	0,5	1
1,25	0,25	0,5
1,25	-1	-0,75
1,75	0	0
0,25	0	1,75
-0,75	-0,5	1,5
0,25	0,5	1,75
0,25	1,25	2,75
0	0,5	1,5
1,25	0,25	0
1,75	1	0,5

2,25	1,25	0,75
3,75	2,5	1,75
2,25	1,25	1
5	1,25	0
4,75	1,5	0,75
3,75	1,25	0
5	2,5	1,25

0,75	1,75	2,25
-0,75	0,5	1,25
0,75	1,75	2
-2	1,75	3
-1,75	1,5	2,25
-0,75	1,75	3
-2	0,5	1,75

#### DIFERENÇA ENTRE SOLUÇÕES

sol1-sol2	sol1-sol3	sol2-sol3
-0,5	-1	-0,5
1	0,75	-0,25
2,25	2	-0,25
1,75	1,75	0
0,25	-1,5	-1,75
-0,25	-2,25	-2
-0,25	-1,5	-1,25
-1	-2,5	-1,5
-0,5	-1,5	-1
1	1,25	0,25
0,75	1,25	0,5
-1	-1,5	-0,5
-1,25	-2	-0,75
-1	-1,25	-0,25
-3,75	-5	-1,25
-3,25	-4	-0,75
-2,5	-3,75	-1,25
-2,5	-3,75	-1,25

**Com base nas diferenças calculadas, são estabelecidas as escalas qualitativas (células verdes indicam valor positivo, vermelho negativo)**

AVALIAÇÃO SUPERIOR (BOM) -  
AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

Sol 1	Sol2	Sol 3
Extrem	mtto fort	fort
Fort	extrem	mtto fort
Fort	extrem	extrem
Fraca	extrem	extrem
extrem	extrem	fraca
extrem	extrem	mod
extrem	mtto fort	fraca
extrem	fort	nula
extrem	mtto fort	mod
fort	extrem	extrem
fraca	fort	mtto fort
mtto fort	fraca	fraca
extrem	mtto fort	fort
mtto fort	fraca	fraca
extrem	fraca	nula
extrem	mod	fraca

AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO -  
AVALIAÇÃO INFERIOR  
(NEUTRO)

Sol 1	Sol 2	Sol3
nula	mtto fraca	fraca
fraca	Nula	mtto fraca
fraca	Fraca	mtto fraca
fort	Nula	nula
nula	Nula	Fort
mtto fraca	mtto fraca	mod
nula	mtto fraca	Fort
nula	Fraca	extrem
nula	mtto fraca	mod
fraca	Nula	nula
fort	Fraca	mtto fraca
mtto fraca	Fort	mtto fort
mtto fraca	mtto fraca	fraca
mtto fraca	Fort	Fort
fort	Fort	extrem
fort	Mod	mtto fort

extrem	frac	nula
extrem	mt fort	frac

mt	Fort	extrem
fort	frac	Fort

#### DIFERENÇA ENTRE SOLUÇÕES

sol1-sol2	sol1-sol3	sol2-sol3
mt frac	frac	mt frac
Frac	mt frac	Nula
mt fort	fort	Nula
Fort	fort	Nula
Nula	mod	Fort
Nula	mt fort	Fort
Nula	mod	Frac
Frac	mt fort	Mod
mt frac	mod	Frac
Frac	frac	Nula
mt frac	frac	mt frac
Frac	mod	mt frac
Frac	fort	mt frac
Frac	frac	Nula
Extrem	extrem	Frac
Extrem	extrem	mt frac
mt fort	extrem	Frac
mt fort	extrem	Frac

**PESQUISADORES****Resultados médios adotados para as avaliações:**

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURA L	AMBIENTA L
ECONÔMICO	1	3,367613	4,826923	3,975092	3,713034
SOCIAL	2,778205	1	5,121795	4,006716	4,269231
INSTITUCIONAL	1,238095	0,726343	1	1,974969	2,642705
INFRAESTRUTURA L	1,381807	1,771642	3,789194	1	3,145604
AMBIENTAL	2,260226	0,487271	2,898168	2,353602	1

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	3,241117	2,764194	3,377137
RISCO DE DEM	2,217186	1	2,105128	1,871184
CUSTO OP E GE	2,559188	2,432692	1	1,73779
TARIFA	2,027869	4,151374	3,960897	1

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	2,404151	4,264957	0,965904
SEGURANÇA	4,075214	1	5,282051	3,255952
COMUNICAÇÃO	1,185531	0,831593	1	1,015354
INCLUSÃO	4,203297	2,77091	4,569231	1

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	5,4	3,068681
RISCOS REG	0,628297	1	0,295696
CAPAC DE GESTÃO	1,77851	4,692308	1

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
-----------	-------------------	------------	----------

QUALID DO SERV	1	2,304029	1,38547
SEG NO USO	1,982906	1	0,954029
OPERAÇÃO	2,573077	3,275641	1

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	2,046795	1,280311	4,194872
EF ENERGÉTICA	2,794231	1	1,390598	4,419231
USO DO SOLO	4,825092	3,487179	1	5,948718
POLUIÇÃO SONORA	0,806502	0,893254	0,404731	1

Máximo considerado	5,948718	Mínimo considerado	1
MÁX ADOTADO	5,5		
Tamanho do Intervalo	0,642857		

ESCALA (limites máx)

EXTREMO	MTO FORTE	FORT	MOD	FRACA	MTO FRACA	NULA
5,5	4,857143	4,214286	3,571429	2,928571	2,285714	1,642857

	PESO	ORDEM
ECONÔMICO	0,279444	1
SOCIAL	0,267469	2
INSTITUCIONAL	0,125155	5
INFRAESTRUTURAL	0,180697	3
AMBIENTAL	0,147235	4

	PESO	ORDEM
PROD ECON	0,282903	2

RISCO DE DEM	0,206233	4
CUSTO OP E GE	0,217994	3
TARIFA	0,292871	1

	PESO	ORDEM
INTERAÇÃO	0,218924	3
SEGURANÇA	0,350905	1
COMUNICAÇÃO	0,115231	4
INCLUSÃO	0,31494	2

	PESO	ORDEM
PART SOCIAL	0,494491	1
RISCOS REG	0,11411	3
CAPAC DE GESTÃO	0,391399	2

	PESO	ORDEM
QUALID DO SERV	0,315011	2
SEG NO USO	0,264853	3
OPERAÇÃO	0,420136	1

	PESO	ORDEM
EM GASES E PART	0,241338	3
EF ENERGÉTICA	0,264061	2
USO DO SOLO	0,402253	1
POLUIÇÃO SONORA	0,092348	4

### TABELAS DE COMPARAÇÃO COM BASE EM ESCALA

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURA	AMBIENTA
ECONÔMICO	nulo	mod	mtto forte	forte	Forte

SOCIAL	fraca	nulo	extremo	forte	mtto forte
INSTITUCIONAL	nulo	x	nulo	mtto fraca	Fraca
INFRAESTRUTURA					
L	nulo	mtto fraca	forte	nulo	Mod
AMBIENTAL	mtto fraca	x	fraca	fraca	Nulo

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	nulo	mod	fraca	mod
RISCO DE DEM	mtto fraca	nulo	mtto fraca	mtto fraca
CUSTO OP E GE	fraca	fraca	nulo	mtto fraca
TARIFA	mtto fraca	forte	forte	nulo

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	nulo	fraca	mtto forte	x
SEGURANÇA	forte	nulo	extremo	mod
COMUNICAÇÃO	nulo	x	nulo	nulo
INCLUSÃO	forte	fraca	mtto forte	nulo

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	nulo	extremo	mod
RISCOS REG	x	nulo	x
CAPAC DE GESTÃO	mtto fraca	mtto forte	nulo

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	nulo	fraca	nulo
SEG NO USO	mtto fraca	nulo	x
OPERAÇÃO	fraca	mod	nulo

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	nulo	mto fraca	nulo	forte
EF ENERGÉTICA	fraca	nulo	nulo	mto forte
USO DO SOLO	mto forte	mod	nulo	extremo
POLUIÇÃO SONORA	X	x	X	nulo

**Para os critérios secundários:**

**ADOTADOS:**

bom	8	neutro	5				
extrem	mto fort	fort	mod	fraca	mto fraca	nula	
3	2,571429	2,142857	1,714286	1,285714	0,857143	0,428571	0
Intervalo adotado	0,428571						
8	7,571429	7,142857	6,714286	6,285714	5,857143	5,428571	5

**AVALIAÇÃO MÉDIA CONSIDERADA:**

AVALIAÇÃO	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3
PROD ECON	5,846154	7	7,307692
RISCO DE DEM	6,153846	5,769231	5,538462
CUSTO OP E GE	6,461538	5,923077	5,230769
TARIFA	6,769231	5,846154	6,076923
INTERAÇÃO	5,307692	6,384615	6,615385
SEGURANÇA	5,769231	6,692308	7,307692
COMUNICAÇÃO	5	6	6,692308
INCLUSÃO	5,461538	6,538462	7,307692
PART SOCIAL	6,076923	6,461538	7

RISCOS REG	4,846154	5,230769	6,384615
CAPAC DE GESTÃO	6,076923	5,923077	5,923077
QUALID DO SERV	5,461538	7,384615	7,692308
SEG NO USO	5,538462	6,615385	7,846154
OPERAÇÃO	6,692308	6,384615	6,692308
EM GASES E PART	5,846154	6,307692	7,153846
EF ENERGÉTICA	4,076923	5,846154	6,538462
USO DO SOLO	5,461538	6,923077	7,846154
POLUIÇÃO SONORA	4,846154	5,615385	6,846154

AVALIAÇÃO SUPERIOR (BOM) - AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO		
SOL 1	SOL 2	SOL 3
2,153846	1	0,692308
1,846154	2,230769	2,461538
1,538462	2,076923	2,769231
1,230769	2,153846	1,923077
2,692308	1,615385	1,384615
2,230769	1,307692	0,692308
3	2	1,307692
2,538462	1,461538	0,692308
1,923077	1,538462	1
3,153846	2,769231	1,615385
1,923077	2,076923	2,076923
2,538462	0,615385	0,307692
2,461538	1,384615	0,153846
1,307692	1,615385	1,307692

AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO - AVALIAÇÃO DA INFERIOR (NEUTRO)		
SOL 1	SOL 2	SOL 3
0,846154	2	2,307692
1,153846	0,769231	0,538462
1,461538	0,923077	0,230769
1,769231	0,846154	1,076923
0,307692	1,384615	1,615385
0,769231	1,692308	2,307692
0	1	1,692308
0,461538	1,538462	2,307692
1,076923	1,461538	2
-0,15385	0,230769	1,384615
1,076923	0,923077	0,923077
0,461538	2,384615	2,692308
0,538462	1,615385	2,846154
1,692308	1,384615	1,692308

2,153846	1,692308	0,846154
3,923077	2,153846	1,461538
2,538462	1,076923	0,153846
3,153846	2,384615	1,153846

0,846154	1,307692	2,153846
-0,92308	0,846154	1,538462
0,461538	1,923077	2,846154
-0,15385	0,615385	1,846154

#### DIFERENÇA ENTRE SOLUÇÕES

sol1-sol2	sol1-sol3	sol2-sol3
-1,15385	-1,46154	-0,30769
0,384615	0,615385	0,230769
0,538462	1,230769	0,692308
0,923077	0,692308	-0,23077
-1,07692	-1,30769	-0,23077
-0,92308	-1,53846	-0,61538
-1	-1,69231	-0,69231
-1,07692	-1,84615	-0,76923
-0,38462	-0,92308	-0,53846
-0,38462	-1,53846	-1,15385
0,153846	0,153846	0
-1,92308	-2,23077	-0,30769
-1,07692	-2,30769	-1,23077
0,307692	0	-0,30769
-0,46154	-1,30769	-0,84615
-1,76923	-2,46154	-0,69231
-1,46154	-2,38462	-0,92308
-0,76923	-2	-1,23077

**Com base nas diferenças calculadas, são estabelecidas as escalas qualitativas (células verdes indicam valor positivo, vermelho negativo):**

AVALIAÇÃO SUPERIOR (BOM)  
- AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

SOL 1	SOL 2	SOL3
		mt0
mt0 fort	frac0	frac0
fort	mt0 fort	mt0 fort
mod	fort	Extrem
frac0	mt0 fort	Fort
extrem	mod	Mod
mt0 fort	mod	frac0
extrem	fort	Mod
mt0 fort	mod	frac0
fort	mod	Frac0
extrem	extrem	Mod
fort	fort	Fort
mt0 fort	mt0 frac0	Nula
mt0 fort	mod	Nula
mod	mod	Mod
mt0 fort	mod	frac0
extrem	mt0 fort	Mod
mt0 fort	frac0	Nula

AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO -  
AVALIAÇÃO DA INFERIOR  
(NEUTRO)

SOL 1	SOL 2	SOL 3
mt0		
frac0	fort	mt0 fort
Frac0	mt0	mt0
	frac0	frac0
Mod	frac0	Nula
	mt0	
Fort	frac0	frac0
Nula	mod	mod
mt0		
frac0	mod	mt0 fort
Nula	frac0	mod
mt0		
frac0	mod	mt0 fort
Frac0	mod	Fort
Nula	nula	mod
Frac0	frac0	frac0
mt0		
frac0	mt0 fort	extrem
mt0		
frac0	mod	extrem
Mod	mod	mod
mt0		
frac0	mod	mt0 fort
	mt0	
Frac0	frac0	mod
mt0		
frac0	fort	extrem

extrem	mtto fort	Fraca
--------	-----------	-------

Nula	mtto fraca	fort
------	---------------	------

## DIFERENÇA ENTRE SOLUÇÕES

sol1-sol2	sol1-sol3	sol2-sol3
fraca	mod	Nula
nula	mtto fraca	Nula
mtto fraca	fraca	mtto fraca
fraca	mtto fraca	Nula
fraca	mod	Nula
fraca	mod	mtto fraca
fraca	mod	mtto fraca
fraca	fort	mtto fraca
nula	fraca	mtto fraca
nula	mod	Fraca
nula	nula	Nula
fort	mtto fort	Nula
fraca	mtto fort	Fraca
nula	nula	Nula
mtto fraca	mod	mtto fraca
fort	mtto fort	mtto fraca
mod	mtto fort	Fraca

mt0		
frac0	fort	Frac0

## CONJUNTO DAS RESPOSTAS

**Resultados médios adotados para as avaliações:**

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURA L	AMBIENTA L
ECONÔMICO	1	3,722292	5,073529	4,047129	3,905556
SOCIAL	2,276704	1	4,413725	3,289449	3,890756
INSTITUCIONAL	1,087768	1,152077	1	1,595565	2,324813
INFRAESTRUTURA L	1,558637	2,197923	3,662325	1	2,934874
AMBIENTAL	2,23436	0,92556	2,701541	2,06648	1

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	1	3,316737	2,431022	3,022292
RISCO DE DEM	1,971965	1	1,670588	1,660317
CUSTO OP E GE	2,653105	2,860294	1	2,191643
TARIFA	2,173273	3,90007	3,398669	1

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	1	2,701214	4,037908	1,503338
SEGURANÇA	3,486088	1	4,756863	3,223739
COMUNICAÇÃO	1,251681	0,987465	1	1,398996
INCLUSÃO	3,319188	2,727334	3,929412	1

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	1	4,634314	2,553081
RISCOS REG	0,923599	1	0,288445
CAPAC DE GESTÃO	2,438469	4,588235	1

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	1	2,317787	1,21634
SEG NO USO	2,075163	1	0,943838
OPERAÇÃO	2,879412	3,406863	1

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	1	2,288021	1,49561	4,045833
EF ENERGÉTICA	2,364063	1	1,46379	3,871875
USO DO SOLO	4,804315	3,595833	1	5,470833
POLUIÇÃO SONORA	0,992783	1,303894	0,671106	1

Máximo considerado	5,470833	Mínimo considerado	1
MÁXIMO ADOTADO	5,5		
Tamanho do Intervalo	0,642857		

ESCALA (limites máx)

EXTREMO	MTO FORTE	FORT	MOD	FRACA	MTO FRACA	NULA
5,5	4,857143	4,214286	3,571429	2,928571	2,285714	1,642857

	PESO	ORDEM
ECONÔMICO	0,290502	1
SOCIAL	0,240623	2
INSTITUCIONAL	0,123821	5
INFRAESTRUTURAL	0,188963	3
AMBIENTAL	0,156091	4

	PESO	ORDEM
PROD ECON	0,274367	2
RISCO DE DEM	0,187633	4
CUSTO OP E GE	0,248601	3
TARIFA	0,289399	1

	PESO	ORDEM
INTERAÇÃO	0,244959	3
SEGURANÇA	0,329685	1
COMUNICAÇÃO	0,135135	4
INCLUSÃO	0,290221	2

	PESO	ORDEM
PART SOCIAL	0,449064	1
RISCOS REG	0,128214	3
CAPAC DE GESTÃO	0,422722	2

	PESO	ORDEM
QUALID DO SERV	0,299168	2
SEG NO USO	0,265291	3
OPERAÇÃO	0,435541	1

	PESO	ORDEM
EM GASES E PART	0,248194	3
EF ENERGÉTICA	0,24135	2
USO DO SOLO	0,389944	1
POLUIÇÃO SONORA	0,120512	4

### **TABELAS DE COMPARAÇÃO COM BASE EM ESCALA**

Critérios	ECONÔMICO	SOCIAL	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUTURA L	AMBIENTAL
ECONÔMICO	Nulo	Forte	extremo	forte	Forte
SOCIAL	mto fraca	Nulo	mto forte	mod	Forte
INSTITUCIONAL	Nulo	Nulo	nulo	nulo	Fraca
INFRAESTRUTURA L	Nulo	mto fraca	forte	nulo	Mod
AMBIENTAL	mto fraca	X	fraca	mto fraca	Nulo

Critérios	PROD ECON	RISCO DE DEM	CUSTO OP E GE	TARIFA
PROD ECON	Nulo	Mod	fraca	mod
RISCO DE DEM	mto fraca	Nulo	mto fraca	mto fraca
CUSTO OP E GE	Fraca	Fraca	nulo	mto fraca
TARIFA	mto fraca	Forte	mod	nulo

Critérios	INTERAÇÃO	SEGURANÇA	COMUNICAÇÃO	INCLUSÃO
INTERAÇÃO	Nulo	Fraca	forte	nulo
SEGURANÇA	Mod	Nulo	mto forte	mod
COMUNICAÇÃO	Nulo	X	nulo	nulo
INCLUSÃO	Mod	Fraca	forte	nulo

Critérios	PART SOCIAL	RISCOS REG	CAPAC DE GESTÃO
PART SOCIAL	Nulo	mto forte	fraca
RISCOS REG	X	Nulo	X
CAPAC DE GESTÃO	Fraca	mto forte	nulo

Critérios	QUALID DO SERV	SEG NO USO	OPERAÇÃO
QUALID DO SERV	Nulo	Fraca	nulo
SEG NO USO	mto fraca	Nulo	X

OPERAÇÃO	Fraca	Mod	nulo
----------	-------	-----	------

Critérios	EM GASES E PART	EF ENERGÉTICA	USO DO SOLO	POLUIÇÃO SONORA
EM GASES E PART	Nulo	Fraca	nulo	forte
EF ENERGÉTICA	Fraca	Nulo	nulo	forte
USO DO SOLO	mto forte	Forte	nulo	extremo
POLUIÇÃO SONORA	X	Nulo	X	nulo

**Para os critérios secundários:**

**ADOTADOS:**

bom	8	Neutro	5				
extrem	mto fort	Fort	mod	Fraca	mto fraca	nula	
3	2,571429	2,142857	1,714286	1,285714	0,857143	0,428571	0
intervalo	0,428571						
8	7,571429	7,142857	6,714286	6,285714	5,857143	5,428571	5

**AVALIAÇÃO MÉDIA CONSIDERADA:**

AVALIAÇÃO	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3
PROD ECON	5,875	6,8125	7
RISCO DE DEM	6,4375	5,75	5,4375
CUSTO OP E GE	6,75	5,625	4,875
TARIFA	7,0625	5,625	5,6875
INTERAÇÃO	5,5	6,0625	6,4375
SEGURANÇA	5,625	6,1875	6,9375
COMUNICAÇÃO	5,25	5,875	6,5
INCLUSÃO	5,625	6,375	7,25
PART SOCIAL	6,0625	6,125	6,6875

RISCOS REG	5,375	5,25	6,0625
CAPAC DE GESTÃO	6,5	5,8125	5,625
QUALID DO SERV	5,75	7,1875	7,4375
SEG NO USO	5,4375	6,25	7,3125
OPERAÇÃO	6,75	6,375	6,5625
EM GASES E PART	5,4375	6,1875	7,1875
EF ENERGÉTICA	4,0625	5,75	6,5
USO DO SOLO	5,4375	6,6875	7,75
POLUIÇÃO SONORA	4,625	5,5625	6,75

AVALIAÇÃO SUPERIOR (BOM) -  
AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

SOL 1	SOL 2	SOL 3
2,125	1,1875	1
1,5625	2,25	2,5625
1,25	2,375	3,125
0,9375	2,375	2,3125
2,5	1,9375	1,5625
2,375	1,8125	1,0625
2,75	2,125	1,5
2,375	1,625	0,75
1,9375	1,875	1,3125
2,625	2,75	1,9375
1,5	2,1875	2,375
2,25	0,8125	0,5625
2,5625	1,75	0,6875
1,25	1,625	1,4375
2,5625	1,8125	0,8125
3,9375	2,25	1,5

AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO -  
AVALIAÇÃO INFERIOR (NEUTRO)

SOL 1	SOL 2	SOL 3
0,875	1,8125	2
1,4375	0,75	0,4375
1,75	0,625	-0,125
2,0625	0,625	0,6875
0,5	1,0625	1,4375
0,625	1,1875	1,9375
0,25	0,875	1,5
0,625	1,375	2,25
1,0625	1,125	1,6875
0,375	0,25	1,0625
1,5	0,8125	0,625
0,75	2,1875	2,4375
0,4375	1,25	2,3125
1,75	1,375	1,5625
0,4375	1,1875	2,1875
-0,9375	0,75	1,5

2,5625	1,3125	0,25
3,375	2,4375	1,25

0,4375	1,6875	2,75
-0,375	0,5625	1,75

#### DIFERENÇA ENTRE SOLUÇÕES

sol1-sol2	sol1-sol3	sol2-sol3
-0,9375	-1,125	-0,1875
0,6875	1	0,3125
1,125	1,875	0,75
1,4375	1,375	-0,0625
-0,5625	-0,9375	-0,375
-0,5625	-1,3125	-0,75
-0,625	-1,25	-0,625
-0,75	-1,625	-0,875
-0,0625	-0,625	-0,5625
0,125	-0,6875	-0,8125
0,6875	0,875	0,1875
-1,4375	-1,6875	-0,25
-0,8125	-1,875	-1,0625
0,375	0,1875	-0,1875
-0,75	-1,75	-1
-1,6875	-2,4375	-0,75
-1,25	-2,3125	-1,0625
-0,9375	-2,125	-1,1875

**Com base nas diferenças calculadas, são estabelecidas as escalas qualitativas (células verdes indicam valor positivo, vermelho negativo):**

AVALIAÇÃO SUPERIOR (BOM)  
- AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

SOL 1	SOL 2	SOL 3
-------	-------	-------

AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO -  
AVALIAÇÃO INFERIOR  
(NEUTRO)

SOL 1	SOL 2	SOL 3
-------	-------	-------

fort	frac	Frac
mod	mto fort	mto fort
frac	mto fort	Extrem
frac	mto fort	mto fort
mto fort	fort	Mod
mto fort	fort	Frac
extrem	fort	Mod
mto fort	mod	mto frac
fort	fort	Mod
extrem	extrem	Fort
mod	mto fort	mto fort
mto fort	mto frac	frac
mto fort	fort	mto frac
frac	mod	Mod
mto fort	fort	mto frac
extrem	mto fort	Mod
mto fort	mod	Nula
extrem	mto fort	Frac

frac	fort	Fort
mod	mto frac	mto frac
fort	mto frac	Nula
fort	mto frac	mto frac
mto frac	frac	Mod
mto frac	frac	Fort
nula	frac	Mod
mto frac	mod	mto fort
frac	frac	Mod
nula	nula	Frac
mod	mto frac	mto frac
mto frac	mto fort	mto fort
mto frac	frac	mto fort
fort	mod	Mod
mto frac	frac	mto fort
frac	mto frac	Mod
mto frac	mod	extrem
nula	mto frac	Fort

## DIFERENÇA ENTRE SOLUÇÕES

sol1-sol2	sol1-sol3	sol2-sol3
frac	frac	Nula
mt	frac	Nula
frac	fort	mt
mod	mod	Nula
mt	frac	Nula
mt	mod	mt
frac	mod	frac
mt	frac	mt
frac	frac	frac
mt	mod	frac
nula	mt	mt
nula	frac	frac
mt	frac	nula
mod	mod	nula
mt	fort	frac
frac	fort	frac
nula	nula	nula
mt	fort	frac
frac	fort	frac

mod	mto fort	mto frac
frac	mto fort	frac
frac	fort	frac