

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO  
MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE SELEÇÃO DE PROJETOS EM  
UMA EMPRESA NACIONAL**

**MARCOS LIEBEL JÚNIOR**

Porto Alegre, outubro de 2023

Marcos Liebel Júnior

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE SELEÇÃO DE PROJETOS EM  
UMA EMPRESA NACIONAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Administração da Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Ferreira

Porto Alegre, outubro de 2023

#### CIP - Catalogação na Publicação

Liebel Junior, Marcos  
DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE SELEÇÃO DE PROJETOS  
EM UMA EMPRESA NACIONAL / Marcos Liebel Junior. --  
2023.  
94 f.  
Orientador: Luciano Ferreira.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Escola de Administração, Programa  
de Pós-Graduação em Administração, Porto Alegre,  
BR-RS, 2023.

1. Seleção de Projetos. 2. ELECTRE. 3. Problema da  
Mochila. 4. Project Selection. 5. Knapsack Problem. I.  
Ferreira, Luciano, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Marcos Liebel Júnior

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE SELEÇÃO DE PROJETOS EM  
UMA EMPRESA NACIONAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Administração da Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Ferreira

**Aprovado em:** Porto Alegre, 30 de outubro de 2023.

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Luciano Ferreira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Denis Borenstein

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Pablo Cristini Guedes

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Renan Felinto de Farias Aires

Universidade Federal da Paraíba

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho de dissertação. O desenvolvimento deste trabalho não teria sido possível sem o apoio e orientação de diversas pessoas.

Ao meu orientador, Luciano Ferreira, pela sua paciência e dedicação ao longo deste estudo. Sua orientação constante e suas ideias foram fundamentais para moldar esta dissertação.

Aos meus colegas de empresa, e, em especial, ao Brandão, pelo auxílio na busca de informações e pelas sugestões para correção de eixos no desenvolvimento do trabalho.

Aos meus pais, Odivéte (*in memorian*) e Marcos (*in memorian*), que sempre incentivaram e me possibilitaram o crescimento pessoal e educacional que me permitiu finalizar esta etapa.

Aos meus filhos, Vitor, Giana e Vinicius, que sempre me estimularam a perseguir esse objetivo. Seu encorajamento me ajudou a superar obstáculos, físicos e emocionais, para concluir este processo. Ao meu enteado Igor, pelo incentivo e pelo auxílio no aprendizado de Python.

Ao meu irmão, Marlon, pelo constante apoio pessoal, pelas sugestões e críticas ao trabalho, motivando-me a perseverar frente aos desafios encontrados neste caminho.

À minha esposa, Alessia, pela ajuda nas revisões, pela presença e incentivo durante o desenvolvimento deste estudo, mesmo diante das dificuldades cotidianas do seu trabalho.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta dissertação. Este é um momento de conclusão de um objetivo de vida, e estou profundamente grato pela colaboração e apoio que recebi.

## RESUMO

A análise e seleção de projetos pode ser realizada pela avaliação de dados e informações técnicas que possibilitam discernir aqueles que mais contribuem para determinado objetivo. A empresa estudada nesse trabalho conta com mais de 12.000 pontos de atendimento presentes em todo o território brasileiro dos quais 6.439 são lojas próprias. Os números demonstram a complexidade de selecionar as unidades nas quais deverão ser investidos recursos para sua reforma, atualização ou construção. A organização utiliza um sistema de seleção dos projetos categorizando suas unidades favorecendo aquelas que estão presentes nas maiores cidades ou que auferem as maiores receitas. Entretanto uma das atribuições da empresa é atuar como agente de ação social do governo e o desafio é atender as cidades com menor índice de desenvolvimento humano - IDH. O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo que seja capaz de priorizar projetos, levando em consideração diferentes aspectos, que permita ao tomador de decisões realizar a seleção dos projetos de determinado período alterando os pesos dos critérios escolhidos para determinar sua priorização. Um modelo foi construído utilizando como variáveis principais a Receita e o IDH. Para a ordenação dos projetos foi escolhido o método ELECTRE II, e para sua seleção foi utilizado o problema da mochila (com aplicação de AMPL) em razão da restrição de recursos para investimentos. As restrições de recursos físicos e financeiros possibilitaram a elaboração de seis cenários desdobrados em 81 experimentos, que demonstraram que o modelo apresentado permite aos decisores adequar o modo de seleção de acordo com a estratégia (financeira x social) definida para determinado ciclo do planejamento, além de proporcionar uma priorização objetiva dos projetos disponíveis.

**Palavras-chave:** Seleção de projetos; ELECTRE; Problema da Mochila; Gestão de Projetos.

## ABSTRACT

Project analysis and selection can be made by evaluating data and technical information that make it possible to discern which ones contribute the most to a given objective. The analyzed company has more than 12,000 service points throughout Brazil, 6,439 owned by the company itself. The numbers demonstrate the complexity of selecting which units should receive resources for renovation, updating, or construction. The organization uses a project selection system based on unit categorization that favors those in the largest cities or those with highest revenue. However, one of its duties is to act as a government agency that must service cities with a lower human development index — HDI. This work aims to develop a model capable of prioritizing projects based on different aspects, and allowing the decision-maker to select projects of a given period by altering the weights of the chosen criteria to determine their prioritization. A model was developed using revenue and HDI as main variables. The ELECTRE II method was selected to order the projects, and the knapsack problem (with AMPL) was used for selection due to the lack of investments. Despite physical and financial resource constraints, six scenarios were developed and deployed in 81 experiments. This demonstrated that the presented model allows decision-makers to adapt the selection mode according to their strategy for a given planning cycle and provides objective prioritization of the available projects.

**Keywords:** Project selection; ELECTRE; Knapsack Problem; Project Management.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Distribuição da categoria das lojas por faixa populacional .....	20
<b>Tabela 2</b> - Correlação de Spearman para os critérios levantados .....	42
<b>Tabela 3</b> - Correlação de Spearman para os critérios selecionados.....	43
<b>Tabela 4</b> - Matriz de decisão.....	47
<b>Tabela 5</b> – Solução da empresa .....	50
<b>Tabela 6</b> - Quantidade de unidades atendidas – experimentos de Receita .....	50
<b>Tabela 7</b> – Quantidade de projetos coincidentes – experimentos de Receita.....	51
<b>Tabela 8</b> – Receita prevista – experimentos de Receita – valores em R\$ milhões.....	51
<b>Tabela 9</b> – IDH Médio – experimentos de Receita.....	52
<b>Tabela 10</b> – Quantidade de unidades atendidas – experimentos de IDH .....	53
<b>Tabela 11</b> – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de IDH.....	54
<b>Tabela 12</b> – Receita prevista – experimentos de IDH – valores em R\$ milhões.....	54
<b>Tabela 13</b> - IDH Médio – experimentos de IDH .....	55
<b>Tabela 14</b> - Matriz de decisão experimento Receita A6.....	55
<b>Tabela 15</b> - Matriz de decisão experimento IDH A5.....	55
<b>Tabela 16</b> – Unidades com menor número de projetos coincidentes – experimentos de Receita e IDH – custos e receitas em R\$ milhões.....	56
<b>Tabela 17</b> – Unidades com maior número de projetos coincidentes – experimentos de Receita e IDH – custos e receitas em R\$ milhões.....	57
<b>Tabela 18</b> – Quantidade de unidades atendidas – experimentos de Receita e IDH.....	57
<b>Tabela 19</b> – Receita das unidades (em R\$ milhões) – experimentos de Receita e IDH .....	58
<b>Tabela 20</b> – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita e IDH	58
<b>Tabela 21</b> – Quantidade de unidades atendidas – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões.....	60
<b>Tabela 22</b> - Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões.....	60
<b>Tabela 23</b> – Receita prevista – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões– valores em R\$ milhões .....	61
<b>Tabela 24</b> - IDH Médio - experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões .....	61



<b>Tabela 25</b> - Quantidade de unidades atendidas – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões.....	62
<b>Tabela 26</b> - Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões.....	62
<b>Tabela 27</b> - Receita prevista – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões– valores em R\$ milhões .....	62
<b>Tabela 28</b> – IDH Médio – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões– valores em R\$ milhões .....	63
<b>Tabela 29</b> - Matriz de decisão experimento Receita B6.....	63
<b>Tabela 30</b> - Matriz de decisão experimento IDH B4.....	64
<b>Tabela 31</b> - Quantidade de unidades atendidas – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 60 milhões.....	65
<b>Tabela 32</b> - Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 60 milhões.....	65
<b>Tabela 33</b> - Receita prevista – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 60 milhões– valores em R\$ milhões .....	65
<b>Tabela 34</b> – IDH Médio – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 60 milhões– valores em R\$ milhões .....	66
<b>Tabela 35</b> - Quantidade de unidades atendidas – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 60 milhões.....	66
<b>Tabela 36</b> - Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 60 milhões.....	67
<b>Tabela 37</b> - Receita prevista – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 60 milhões– valores em R\$ milhões .....	67
<b>Tabela 38</b> – IDH Médio – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 60 milhões– valores em R\$ milhões .....	67
<b>Tabela 39</b> - Matriz de decisão experimento Receita C6.....	68
<b>Tabela 40</b> - Matriz de decisão experimento IDH C4.....	68
<b>Tabela 41</b> – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de 745 projetos.....	69
<b>Tabela 42</b> – Receita prevista – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões .....	69

<b>Tabela 43</b> – IDH médio – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões .....	70
<b>Tabela 44</b> – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de 745 projetos .....	70
<b>Tabela 45</b> – Receita prevista – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões .....	70
<b>Tabela 46</b> – IDH médio – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões .....	71
<b>Tabela 47</b> - Matriz de decisão experimento Receita D6.....	71
<b>Tabela 48</b> - Matriz de decisão experimento IDH D5.....	72
<b>Tabela 49</b> – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões com limite de 745 projetos .....	72
<b>Tabela 50</b> – Receita prevista – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões .....	73
<b>Tabela 51</b> – IDH médio – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões .....	73
<b>Tabela 52</b> – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões com limite de 745 projetos .....	74
<b>Tabela 53</b> – Receita prevista – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões .....	74
<b>Tabela 54</b> – IDH médio – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões .....	74
<b>Tabela 55</b> - Matriz de decisão experimento Receita E6 .....	75
<b>Tabela 56</b> - Matriz de decisão experimento IDH E3 .....	75
<b>Tabela 57</b> – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de capacidade de execução .....	77
<b>Tabela 58</b> – Receita prevista – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de capacidade de execução– valores em R\$ milhões.....	77
<b>Tabela 59</b> – IDH médio – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de capacidade de execução – valores em R\$ milhões.....	77
<b>Tabela 60</b> – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de capacidade de execução .....	78

<b>Tabela 61</b> – Receita prevista – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de capacidade de execução – valores em R\$ milhões.....	78
<b>Tabela 62</b> – IDH médio – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de capacidade de execução – valores em R\$ milhões.....	79
<b>Tabela 63</b> - Matriz de decisão experimento Receita F6 .....	79
<b>Tabela 64</b> - Matriz de decisão experimento IDH F5 .....	80

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Efetivo da área de engenharia por cargo e localização .....	18
<b>Quadro 2</b> - Priorização para escolha de projetos.....	19
<b>Quadro 3</b> – Principais áreas de estudo/categorias encontradas nas bases de pesquisa	24
<b>Quadro 4</b> – Artigos sobre seleção de projetos e análise de decisão multicritério .....	25
<b>Quadro 5</b> – As quatro problemáticas de referência .....	28
<b>Quadro 6</b> – Métodos de sobreclassificação .....	31
<b>Quadro 7</b> – Família ELECTRE e seus problemas de decisão.....	34
<b>Quadro 8</b> – Critérios de Seleção.....	40
<b>Quadro 9</b> – Critérios de Seleção e variáveis associadas.....	41
<b>Quadro 10</b> – Descrição dos critérios selecionados .....	43
<b>Quadro 11</b> – Cenários de experimentos computacionais .....	48
<b>Quadro 12</b> – Restrições dos cenários .....	48
<b>Quadro 13</b> – Resumo das informações de pessoal .....	76

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fluxo do processo de elaborar o plano de obras.....	18
<b>Figura 2</b> – Classificação das técnicas de tomada de decisão.....	27
<b>Figura 3</b> – Fases do estudo da pesquisa operacional .....	38
<b>Figura 4</b> – Fluxo do processo .....	45
<b>Figura 5</b> - Fluxo do Modelo Proposto .....	46

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>PROBLEMA DE PESQUISA.....</b>	<b>17</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	21
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
3.1	TOMADA DE DECISÃO.....	22
3.2	SELEÇÃO DE PORTFOLIO DE PROJETOS .....	23
3.2.1	<i>Revisão de Literatura de Seleção de Portfolio de Projetos .....</i>	<i>25</i>
3.3	MODELOS MULTICRITÉRIOS DE APOIO À DECISÃO.....	27
3.4	MÉTODOS DE SOBRECLASSIFICAÇÃO.....	30
3.5	FAMÍLIA DE MÉTODOS ELECTRE .....	32
3.6	PROBLEMA DA MOCHILA ( <i>KNAPSACK PROBLEM</i> ).....	37
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>38</b>
4.1	FASE 1 – DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	38
4.2	FASE 2 – CONSTRUÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO.....	40
4.3	FASE 3 – ANÁLISE DE CENÁRIOS .....	46
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
5.1	CENÁRIO A – LIMITAÇÃO DE ORÇAMENTO PARA INVESTIMENTO R\$ 117 MILHÕES... 50	50
5.2	CENÁRIO B – LIMITAÇÃO DE ORÇAMENTO PARA INVESTIMENTO EM R\$ 90 MILHÕES 59	59
5.3	CENÁRIO C – LIMITAÇÃO DE ORÇAMENTO PARA INVESTIMENTO EM R\$ 60 MILHÕES 64	64
5.4	CENÁRIO D – LIMITAÇÃO DE ORÇAMENTO PARA INVESTIMENTO EM R\$ 117 MILHÕES E NÚMERO DE PROJETOS EM 745.....	69
5.5	CENÁRIO E – LIMITAÇÃO DE ORÇAMENTO PARA INVESTIMENTO EM R\$ 90 MILHÕES E NÚMERO DE PROJETOS EM 745.....	72
5.6	CENÁRIO F – LIMITAÇÃO DA CAPACIDADE DE EXECUÇÃO DA EQUIPE DE ENGENHARIA DA EMPRESA .....	76
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>81</b>
6.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	81
6.2	LIMITAÇÕES DO TRABALHO E PROPOSTA PARA ESTUDOS FUTUROS.....	84
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

*“Você é livre para fazer suas escolhas, mas é prisioneiro das consequências.”*

*Pablo Neruda*

A frase, atribuída ao poeta chileno, vale tanto para os indivíduos quanto para as organizações. O cotidiano organizacional exige frequentes tomadas de decisão envolvendo recursos humanos e materiais, e nem sempre o gestor dispõe de tempo para analisar todas as alternativas e minimizar as incertezas e os riscos a elas associados. Mas estes riscos e incertezas existem, e, como diz o poeta, as escolhas geram consequências. Para minimizar a probabilidade de ocorrência de uma decisão equivocada, as organizações vêm, cada vez mais, trabalhando com métodos de planejamento, de controle e acompanhamento, padronização de processos, qualificação e treinamento de profissionais, entre outras ações. Problemas complexos, que outrora comprometeriam recursos por anos para serem solucionados, podem ter suas respostas obtidas em minutos – senão em segundos – devido à evolução cada vez mais rápida da tecnologia.

A administração, como ciência social aplicada diretamente envolvida no processo de tomada de decisão, vem contribuindo com a melhoria da gestão não apenas com a estruturação dos problemas para sua análise (Porté, Regev, e Wegmann 2021; Abuabara 2018; Grunnan e Fridheim 2017), vinculando-os ao processo de elaboração de estratégias, mas também com a solução de problemas que buscam o atingimento de vários objetivos, muitas vezes conflitantes entre si (como maximizar a qualidade e minimizar o custo simultaneamente), e que se utilizam de vários critérios para ampliar, ou restringir, o espectro viável de decisões (Yang e Chen 2023; Yücenur 2023; Iseppi, Rosa e Bassi 2022).

A gestão de uma grande empresa possui uma complexidade e um volume de situações tal que exigem decisões de seus administradores em tempo cada vez menor e com maior grau de certeza, ainda que os objetivos desejados sejam conflitantes entre si, pois as necessidades são cada vez maiores e os recursos escassos. Um exemplo desses desafios é a necessidade de realizar a seleção de projetos de obras e reformas de suas unidades. Quando uma empresa, além de gerar lucro em suas unidades, necessita também atender uma finalidade social, a seleção desses projetos para aproveitamento adequado dos recursos disponíveis pode se tornar ainda mais difícil.

Presente em todo o país, a empresa alvo desse estudo atua como importante agente da ação social do Governo, através do pagamento de pensões e aposentadorias; da distribuição de livros escolares; do transporte de doações em casos de calamidade; em campanhas de aleitamento materno; no treinamento de jovens carentes e em inúmeras outras situações.

Além de unidades administrativas, centros de transporte, de tratamento de cargas e de distribuição de encomendas e correspondências, a empresa possuía, à época da coleta dos dados desse trabalho, mais de 12.000 pontos de atendimento instalados em 5.557 municípios brasileiros, responsáveis pela geração das receitas necessárias para manter suas operações. Desses pontos de atendimento destacam-se suas lojas próprias que totalizam 6.439. A presente dissertação foca na seleção de projetos de obras e reformas para as lojas próprias dessa organização, de responsabilidade de sua área de operações, em conjunto com a área de engenharia, através do Departamento de Engenharia.



## 2 PROBLEMA DE PESQUISA

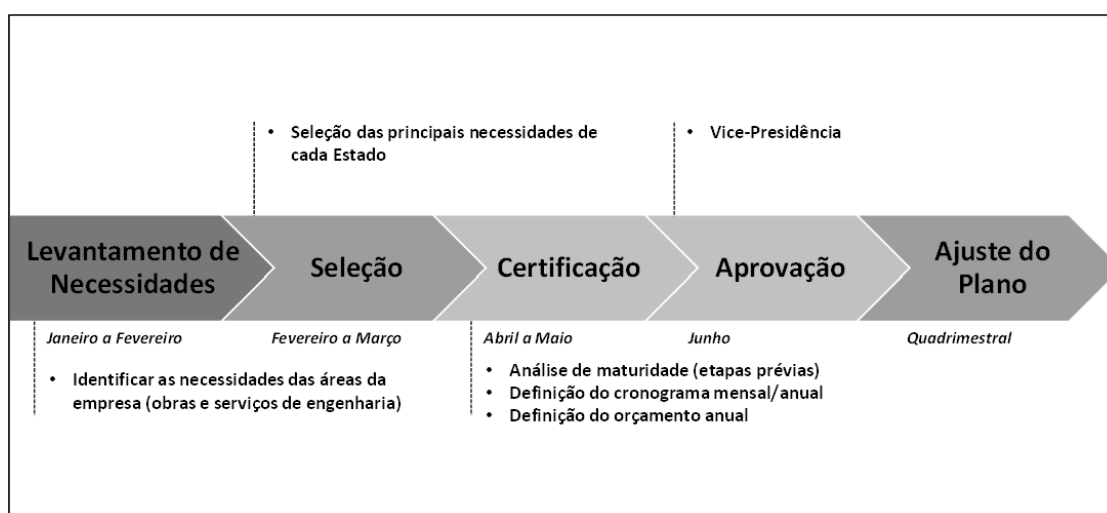
O Departamento de Engenharia da empresa estudada neste trabalho é parte integrante da Diretoria de Administração e, de acordo com o Manual de Organização, Módulo 7, Capítulo 3 da empresa, fazem parte das suas atribuições:

- a) elaborar o plano de investimentos em infraestrutura;
- b) elaborar planejamento de trabalho e estudos preliminares de engenharia;
- c) planejar e executar a conservação predial;
- d) executar manutenção de equipamentos convencionais;
- e) desenvolver soluções tecnológicas;
- f) elaborar, revisar e publicar especificações técnicas;
- g) avaliar bens (obras, imóveis e serviços de engenharia, mobiliário operacional e administrativo e demais equipamentos); e
- h) realizar a gestão de risco dos processos de engenharia da empresa.

O tema deste trabalho está vinculado à primeira das atribuições do Departamento de Engenharia, que é a elaboração do plano de investimentos em infraestrutura, denominado plano de obras e investimentos. Este documento consolida e apresenta os investimentos em obras, instalações e serviços de engenharia em unidades prediais ocupadas pela empresa, em sintonia com o Planejamento Estratégico

Para fazer frente a este desafio, a área de engenharia da empresa, conforme pode ser observado no Quadro 1, contava com 1.161 profissionais, mais da metade deles engenheiros e arquitetos, 118 dos quais alocados em sua sede. As atribuições deste profissionais vão desde a elaboração de projetos básicos e executivos, sua orçamentação, controle e fiscalização. Esta última decorrente dos processos licitatórios que demandam, além de acompanhamento técnico, o controle administrativo e legal dos processos em andamento. O fluxo anual do processo está apresentado na Figura 1.

**Figura 1** - Fluxo do processo de elaborar o plano de obras



Fonte: o autor.

**Quadro 1** – Efetivo da área de engenharia por cargo e localização

CARGO	SEDE	AL	AM	BA	BBB	CE	ES	GO	M/A	M/G	M/S	M/T	PA	PB	PE	PI	PR	RI	RN	RO	RS	SC	SE	SP	SPM	TO	TOTAL
ADMINISTRADOR	16		2		1	3	1		1		1			2		2	3	3	1			2			2	4	44
ANALISTA DE SISTEMAS	1							1											2			1					5
ARQUITETO	15		1	5	2	3		2	1	9	2	1	3		2		4	5			5	1			3	14	78
ECONOMISTA																				1							1
ENGENHEIRO (CIVIL)	25	4	3	15	7	6	2	7	1	19	1	2	9	3	9	4	13	9	4		11	7	2	17	30	2	212
ENGENHEIRO (ELETRICO)	20	2	1	6	5	2	1	3	1	7		3	1		1		3	8		1	9	7		6	13		100
ENGENHEIRO (ELETRONICO)	7					1		2		5				1	3		4	3				1	1	7	9		44
ENGENHEIRO (ELETROTECNICO)	1							1								2											4
ENGENHEIRO (MECANICO)	15		1	1	1	1		1		5				2		2		4	2	1		4			9	11	60
ENGENHEIRO (PRODUCAO)	4																	1				2			1	2	10
ENGENHEIRO (REDES E COMUNICACAO)	2													1				1									4
ENGENHEIRO (TELECOMUNICACOES)	2				1						1						2								2		8
ESTATISTICO																									1		1
SUPORTE (ASSISTENTE ADMINISTRATIVO)	4			1	2		3		1	2					1		2	1	1	1	2	2	2	8	5	1	39
SUPORTE (AUXILIAR ADMINISTRATIVO)	1		2	4	2	1	3		1	4	1	1	1	1	1	4	4	13	4	1	10	1	1	7	19		87
SUPORTE (AUXILIAR DE MANUTENCAO)		1	3	3		1				3	1		1	2		3	1	15	2			4	2	3	2		47
SUPORTE (DESENHISTA PROJ ARQUITETURA)				1														1						1	1		4
SUPORTE (DESENHISTA)				1	1	1			1	1	1	1	2			1	1	2			1						14
SUPORTE (OPER. ELETROMECHANICO)				2	2	1	1			4			2		3	1	1	5			4	1		4	18		49
SUPORTE (PROG. DE COMPUTADOR)										1																	1
SUPORTE (TECNICO CONTABILIDADE)					1						1			1	1			3				1		1			9
SUPORTE (TECNICO DE EDIFICACOES)				1	1				1	1	1	1	2	2						1	1			5	2		19
SUPORTE (TECNICO DE TELECOM.)	1			2	1	1	1	1	1	4	1	1			1	1	2	8			5			1	2		34
SUPORTE (TECNICO ELETRONICO)	1					1				6	1				4		6	13			11			8	51		102
SUPORTE (TECNICO ELETROTECNICO)										2						1					1			2			6
SUPORTE (TECNICO EM ADMIN.)	2			3			2			2	1				1	1		1	1		2				1		17
SUPORTE (TECNICO GRAFICO)																		2									2
SUPORTE (TECNICO MECANICO)	1					2				2					4		5	5			1	2		5	31		58
SUPORTE (MANUT. EDIFICAC.)		1	2	6	5	2	3		2	7		3	2	3	6	2	7	12	2	1	12		2	2	20		102
<b>TOTAL</b>	<b>118</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>51</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>83</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>43</b>	<b>21</b>	<b>65</b>	<b>112</b>	<b>15</b>	<b>5</b>	<b>81</b>	<b>31</b>	<b>10</b>	<b>95</b>	<b>235</b>	<b>3</b>	<b>1161</b>

Fonte: Relatório de pessoal permanente da organização (2013).

Entretanto, durante a etapa de certificação do Plano de Obras ocorriam muitas interferências de cunho não técnico que, além de prejudicar a elaboração de um plano adequado, muitas vezes extrapolavam os prazos definidos, forçando análises de projetos em prazos exíguos. A este respeito os órgãos de controle chegaram a apontar a

“inexistência de critérios formais para priorização das demandas apresentadas pelos órgão solicitantes”. Este apontamento não incluía as obras corporativas.

Além dessas interferências, o modelo de priorização da seleção de projetos dificulta a escolha de unidades de atendimento (lojas) localizadas em municípios menores, ainda que parte de suas atribuições seja de cunho social, conforme já destacado anteriormente. Isso ocorre porque a tabela de ordenamento das demandas de investimento não privilegia as unidades de atendimento, conforme apresenta o Quadro 2. Ele demonstra que quase todas as unidades de tratamento (CTE, TECA, CTO, CTCE, CTCI), de distribuição (CEE, CDD, CDIP) e de logística (CLI) têm preferência sobre as unidades de atendimento, que apenas supera as administrativas.

**Quadro 2** - Priorização para escolha de projetos

Ordenamento Preferencial	Unidades											Unidades de Atendimento	Unidades Administrativas
	CTE	TECA	CEE	CTO	CTC	CTCE	CTCI	CDD	CDIP	CLI			
1°	III	IV			IV				IV				
2°	II	III			III	III			III				
3°	I	II			II	II			II				
4°		I			I	I	I		I				
5°										V			
6°										IV			
7°			III							III			
8°			II					III		II	I		
9°			I					II		I	II		
10°								I			III		
11°				III							IV		
12°				II							V		
13°				I							VI		
14°												I	

**Fonte:** Manual de Engenharia da empresa, Módulo 2, Capítulo 1.

O Quadro 2 mostra ainda que entre as unidades de atendimento a que tem a preferência é a de categoria I (em oitava posição) seguida das demais categorias, em ordem crescente. Essa classificação das unidades de atendimento é reavaliada periodicamente e está vinculada, principalmente, à receita de cada loja.

A Tabela 1 apresenta a distribuição das lojas por categoria e faixa de população. Sua análise as lojas de categoria 5 e 6 estão concentradas nos menores municípios.

**Tabela 1** - Distribuição da categoria das lojas por faixa populacional

Categoria	Menos que 50.000 hab	Entre 50.001 e 100.000 hab	Entre 100.001 e 200.000 hab	Entre 200.001 e 500.000 hab	Entre 500.001 e 1.000.000 hab	Mais que 1.000.000 hab	Total
I	1	6	25	59	22	105	220
II	56	82	79	42	26	125	410
III	354	145	50	88	49	167	853
IV	439	63	21	34	31	47	635
V	2.447	72	36	53	29	34	2.671
VI	1.556	22	13	27	16	16	1.650
<b>Total</b>	<b>4.855</b>	<b>390</b>	<b>224</b>	<b>303</b>	<b>173</b>	<b>494</b>	<b>6.439</b>

**Fonte:** Cadastro de unidades de atendimento da empresa

Diante dessas informações é possível concluir que os municípios de menor população, onde estão concentradas as unidades de categoria V e VI, são aqueles de menor prioridade para escolha de projetos de investimento. Porém são justamente essas localidades as maiores demandadores de ação social do Governo. A falta de investimento nessas lojas pode precarizar e, até mesmo inviabilizar o bom atendimento ao cidadão que necessita dos serviços da empresa.

A questão que se apresenta neste caso específico é: **Como possibilitar a seleção de projetos para atender a demanda das diferentes necessidades da empresa, permitindo uma melhor distribuição orçamentária entre as unidades que atendem diferentes portes de cidades?** A presente proposta de pesquisa pretende responder esta pergunta através da apresentação de um método capaz de classificar e selecionar os projetos que melhor atendam os objetivos propostos, utilizando os critérios construídos para a escolha da priorização em razão da estratégia adotada para o período.

## **2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver um modelo que seja capaz de priorizar projetos, levando em consideração diferentes aspectos, entre os quais indicadores para ações sociais, melhorias nas receitas e aumento da cobertura de atendimento.

## **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir um conjunto de critérios a partir da literatura para priorizar projetos no contexto empresa;
- Definir um modelo de portfólio para selecionar projetos a partir de restrições relacionadas com o contexto do problema; e
- Realizar análises comparativas considerando o método atualmente utilizado.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Tomada de Decisão**

Embora a introdução do conceito de tomada de decisão seja creditada a Chester Barnard, distinguindo a tomada de decisão pessoal da organizacional (Sobral & Peci, 2008), o fato é que as escolhas, racionais ou não, acontecem desde que o homem existe. E provavelmente desde a racionalização da sua existência ele busca apoio para realizar essas escolhas. Nas estrelas, no fogo, nas divindades da antiguidade, nas cartas e na própria religião, o ser humano sempre buscou orientação para suas ações. Com as organizações não é diferente, a necessidade de sobrevivência e desenvolvimento em um mundo cada vez mais complexo exige o conhecimento e a implementação de métodos que permitam selecionar o conjunto de ações mais adequadas a cada momento. Porém, o apoio à decisão não pode ser entendido como uma ação que levará à solução perfeita a partir do conhecimento completo de todas as variáveis do ambiente. Auxílio à decisão pode ser definido como a atividade da pessoa que, por meio do uso de modelos explícitos, mas não necessariamente formalizados, ajuda a obter elementos de resposta às perguntas feitas por uma parte interessada em um processo de decisão (Figueira, Greco, & Ehrigott, 2005).

A questão que se apresenta então é: como escolher o caminho mais adequado, ou como coordenar os melhores caminhos de forma a obter a melhor solução e, ainda, quais bases, quais critérios devem ser utilizados para estruturar adequadamente o problema que será enfrentado? Não há uma resposta única para esta pergunta, pois o ambiente em que a situação está inserida, as informações disponíveis, a complexidade do tema e até mesmo o perfil e os interesses dos tomadores de decisão podem interferir na modelagem do problema. Aliás, para que se possa dar início à busca pelas respostas à estas indagações, é necessário, antes, ter claro o objetivo, ou os objetivos que se deseja atingir. Objetivos mal definidos podem levar à escolha de critérios inadequados que conduzirão a decisões equivocadas. A complexidade desta definição aumenta quando sabemos que muitos dos nossos objetivos são contraditórios ou conflitantes. Deseja-se a carteira de ações com a maior rentabilidade, mas com o menor risco, deseja-se adquirir um veículo com a melhor tecnologia embutida, mas ao menor preço. Estes são apenas

alguns exemplos de desejos e escolhas que ocorrem cotidianamente. Na introdução de seu livro *Multiobjective Linear Programming An Introduction*, Luc, DT afirma:

... mesmo nas situações mais simples descritas acima, pode não ser encontrada alternativa alguma que satisfaça simultaneamente todos os critérios, o que significa que os conceitos conhecidos de otimização não se aplicam e há uma necessidade real de desenvolver novas noções de otimalidade para problemas envolvendo múltiplas funções objetivo (Luc, DT, 2016, p. 2).

Os exemplos citados anteriormente mostraram que objetivos conflitantes como minimizar o risco e, concomitantemente, aumentar a rentabilidade, dificilmente conterão alternativas viáveis que podem ser melhoradas em relação a todos os seus critérios. Entretanto, como apontado em *Multi-criteria Analysis: a manual* (2009),

... as técnicas de análise multicritério (MCA) podem ser usadas para identificar uma única opção mais preferida, para classificar opções, para listar um número limitado de opções para avaliação detalhada subsequente ou simplesmente para distinguir possibilidades aceitáveis de inaceitáveis (DEPARTMENT FOR THE ENVIRONMENT, TRANSPORT AND THE REGIONS, 2009, p. 19).

### **3.2 Seleção de Portfolio de Projetos**

Um portfólio é uma coleção de projetos, programas, portfólios subsidiários e operações gerenciadas como um grupo para atingir os objetivos estratégicos (PMI, 2017). A seleção de um portfólio de projetos para compor o plano de ações para um determinado período é sempre uma decisão difícil para o gestor. Afinal, em qualquer organização há objetivos, metas e resultados dependentes das escolhas realizadas durante a etapa de planejamento, e a maior parte destes organismos tem recursos limitados.

A literatura sobre a seleção de portfólio de projetos abrange um leque bastante amplo de temas, como comprova a consulta do termo “*project portfolio selection*” nas bases Scopus e Web of Science (WoS), para artigos e artigos de revisão sistemática, que

encontrou 277 resultados na primeira base e 244 na segunda, em 20 e 50 diferentes áreas de estudo/categorias, respectivamente. O quadro 3 destaca as cinco principais áreas de estudo/categorias encontradas em cada uma das bases e o % de citações de cada uma delas (um artigo pode constar em mais de uma área de estudo/categoria). Considerando que o número de categorias da WoS é maior do que as áreas de estudo da Scopus, para fins de comparação foram somados os totais de todas as citações das seguintes categorias da WoS: *Computer Science, Engineering e Mathematics*.

**Quadro 3** – Principais áreas de estudo/categorias encontradas nas bases de pesquisa

Scopus		WoS	
Área de Estudo	%	Categorias	%
<i>Computer Science</i>	20,8	<i>Computer Science</i>	20,1
<i>Engineering</i>	17,6	<i>Operations Research &amp; Management Science</i>	19,9
<i>Decision Sciences</i>	14,6	<i>Engineering</i>	19,7
<i>Business, Management and Accounting</i>	14,3	<i>Business, Management and Economics</i>	18,6
<i>Mathematics</i>	11,2	<i>Mathematics</i>	4,6

Fonte: Scopus e Web of Science (ago/2023).

Esse quadro confirma a citação de Iamratanakul, Patanakul e Milosevic (2008) de que apesar de muitas pesquisas terem sido feitas, a natureza do tema é muito ampla, de tal forma que existem sempre oportunidades para pesquisas futuras, e a pesquisa sobre seleção de portfólio de projetos pode ser aplicada a outras áreas além de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e também de Al-Sobai, Pokharel, e Abdella (2022), que entendem que priorizar e selecionar projetos é uma tarefa desafiadora em cada organização que se concentra em vários projetos estratégicos abrangendo diferentes setores ou indústrias.

Com relação à metodologia utilizada para seleção de projetos, Miranda, Tereso e Teixeira (2021), apresentam uma análise crítica sobre as abordagens tradicionais, apontando direções para que governos e outras entidades tomem decisões melhores sobre os projetos a serem implementados. Acrescentam que o crescente interesse em parâmetros intangíveis e não monetizados, abriu as portas para outras ferramentas mais adequadas, como a Análise de Decisão Multicritério (MCDA).



### 3.2.1 Revisão de Literatura de Seleção de Portfolio de Projetos

Os textos apresentados demonstram o impacto e a importância que a decisão sobre a seleção do portfólio de projetos a serem implementados tem sobre os resultados das iniciativas da organização. Também é possível verificar que a Análise de Decisão Multicritério está sendo utilizada em diversos procedimentos formais dos mais variados temas. Estas observações motivaram nova busca às bases de pesquisa, envolvendo artigos desta metodologia e a seleção de projetos mais recentes (de 2018 até os dias atuais), cujos resultados constam do Quadro 4.

**Quadro 4** – Artigos sobre seleção de projetos e análise de decisão multicritério

Base	Autor(es)	Título
Scopus e WoS	Leão H.A.T.; Costa P.H.T.; Dos Santos F.E.; Canedo E.D.; Reis A.C.B. (2018)	<i>Research project selection and classification using MCDA methods</i>
	Promentilla M.A.B.; Aviso K.B.; Lucas R.I.G.; Razon L.F.; Tan R.R. (2018)	<i>Teaching Analytic Hierarchy Process (AHP) in undergraduate chemical engineering courses</i>
	Sperling E.; Ross C. (2018)	<i>Strategically Aligning Capital Improvement Prioritization to Performance Goals</i>
	Acco Tives Leão H.; Canedo E.D.; Costa P.H.T.; Okimoto M.V.; Santos G.A. (2019)	<i>Use of AHP and Promethee for Research Project Portfolio Selection</i>
	Di Matteo M.; Maier H.R.; Dandy G.C. (2019)	<i>Many-objective portfolio optimization approach for stormwater management project selection encouraging decision maker buy-in</i>
	Vivas V.; Oliveira M.D. (2019)	<i>Which tools are needed to assist audit managers in project portfolio selection when divergent views emerge?</i>
	Zou A.; Duan S.X.; Deng H. (2019)	<i>Multicriteria decision making for evaluating and selecting information systems projects: A sustainability perspective</i>
	Kreuzer T.; Röglinger M.; Rupprecht L. (2020)	<i>Customer-centric prioritization of process improvement projects</i>
	Aragão F.V.; Gomes P.F.D.O.; Chiroli D.D.G.; Zola F.C.; Rocha Loures E.D.F.; Santos E.A.P.; Colmenero J.C. (2021)	<i>Projects aimed at smart cities: a hybrid MCDA evaluation approach</i>
	Delouyi F.L.; Ghodsypour S.H.; Ashrafi M. (2021)	<i>Dynamic portfolio selection in gas transmission projects considering sustainable strategic alignment and project interdependencies through value analysis</i>
	Martins C.L.; Zaraté P.; de Almeida A.T.; de Almeida J.A.; Morais D.C. (2021)	<i>Web-based DSS for resource allocation in higher education</i>
	Miranda J.; Tereso A.; Teixeira J.C. (2021)	<i>Multicriteria analysis as a better tool for the selection of public projects alternatives</i>
	Al-Sobai K.M.; Pokharel S.; Abdella G.M. (2022)	<i>A Framework for Prioritization and Selection of Strategic Projects</i>
	Zdravkovic J.; Bogdanovic D. (2022)	<i>Developing an MCDA model for choosing criteria used in project ranking</i>
	Gomes L.S.; Santos S.P.; Coelho L.S.; Rebelo E.L. (2023)	<i>Using MCDA to assist an Intermunicipal community develop a resilience strategy in face of the pandemic caused by the SARS-CoV-2</i>
Xidonas P.; Lekkos I.; Giannakidis C.; Staikouras C. (2023)	<i>Multicriteria security evaluation: does it cost to be traditional?</i>	

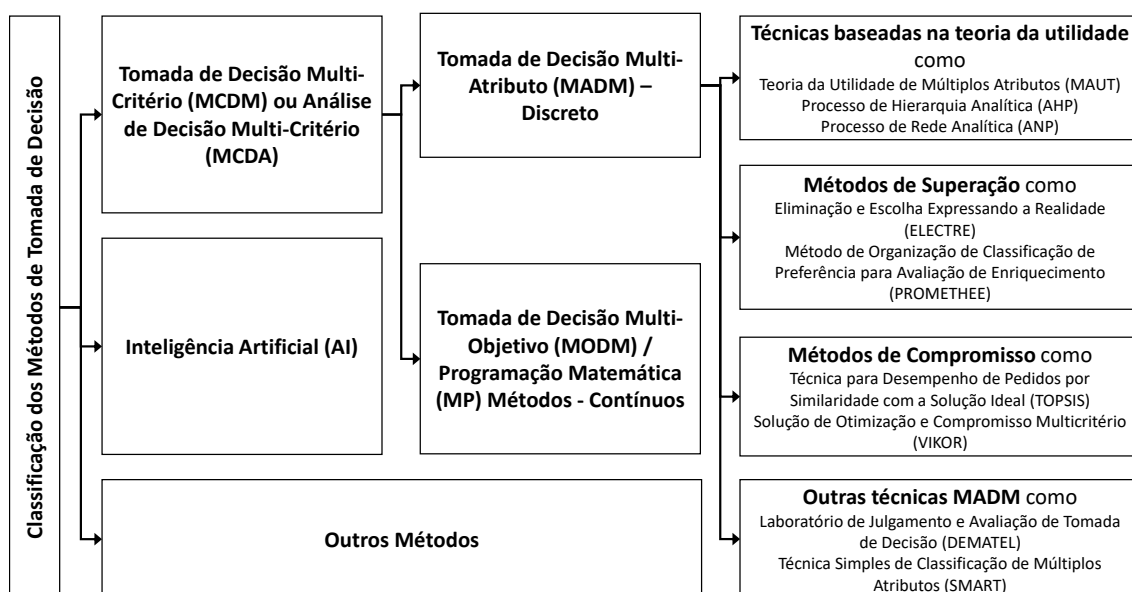
**Quadro 4 – Artigos sobre seleção de projetos e análise de decisão multicritério –  
continuação**

<b>Base</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Título</b>
<b>Scopus</b>	Duan S.X.; Deng H. (2018)	<i>A multi-criteria analysis approach for the evaluation and selection of IS projects - A sustainability perspective</i>
	Michnik J. (2018)	<i>The WINGS method with multiple networks and its application to innovation projects selection</i>
	Peng Z.; Luo W.; Deng A. (2018)	<i>A hybrid fuzzy outranking approach for group decision-making under uncertainty</i>
	Vryzidis I.; Spyridakos A.; Tsotsolas N. (2018)	<i>Projects Portfolio Selection Framework Combining MCDA UTASTAR Method with 0–1 Multi-Objective Programming</i>
	Gupta S.; Bandyopadhyay G.; Bhattacharjee M.; Biswas S. (2019)	<i>Portfolio selection using DEA-COPRAS at risk–return interface based on NSE (India)</i>
	Amos K.; Abbasi A. (2020)	<i>A selection and prioritization framework for public projects</i>
	Elbok G.; Berrado A. (2020)	<i>Project prioritization for portfolio selection using MCDA</i>
	Zhang Z.; Balakrishnan S. (2021)	<i>Multi-Criteria Decision Analysis</i>
	Mavrotas G.; Makryvelios E. (2023)	<i>R&amp;D project portfolio selection using the Iterative Trichotomic Approach in order to study how subjectivity of the weights is reflected in the selected projects of the final portfolio</i>
	Panaro S.; Poli G.; Botte M.; Sacco S.; Cerreta M. (2023)	<i>Assessing the sustainability of the city-port transformations: Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) for Alternatives Portfolio Selection;</i>
<b>WoS</b>	Vilkkumaa, E.; Liesio, J.; Salo, A.; Ilmola-Sheppard, L. (2018)	<i>Scenario-based portfolio model for building robust and proactive strategies</i>
	Paul, M.; Negahban-Azar, M.; Shirmohammadi, A.; Montas, H. (2020)	<i>Assessment of agricultural land suitability for irrigation with reclaimed water using geospatial multi-criteria decision analysis</i>
	Aghamohagheghi, M.; Hashemi, S.M.; Tavakkoli-Moghaddam, R. (2021)	<i>An advanced decision support framework to assess sustainable transport projects using a new uncertainty modeling tool: Interval-valued Pythagorean trapezoidal fuzzy numbers</i>
	de Souza, D.G.B.; dos Santos, E.A.; Soma, N.Y.; da Silva, C.E.S. (2021)	<i>MCDM-Based R&amp;D Project Selection: A Systematic Literature Review</i>
	Mavrotas, G.; Makryvelios, E. (2021)	<i>Combining multiple criteria analysis, mathematical programming and Monte Carlo simulation to tackle uncertainty in Research and Development project portfolio selection: A case study from Greece</i>
	Urosevic, B.G.; Marinovic, B. (2021)	<i>Ranking construction of small hydro power plants using multi-criteria decision analysis</i>
	Casado, R.S.G.R.; Alencar, M.H.; de Almeida, A.T. (2022)	<i>Combining a multidimensional risk evaluation with an implicit enumeration algorithm to tackle the portfolio selection problem of a natural gas pipeline</i>
	Mavrotas, G.; Makryvelios, E. (2023)	<i>R &amp; D project portfolio selection using the Iterative Trichotomic Approach in order to study how subjectivity of the weights is reflected in the selected projects of the final portfolio</i>

**Fonte:** Scopus e Web of Science (ago/2023).

Nesta mesma linha, Danesh, Ryan e Abbasi (2017) realizaram uma revisão de literatura envolvendo as aplicações dos métodos de tomada de decisão multicritério (MCDM) ao gerenciamento de portfólio de projetos (PPM), cuja estrutura proposta para classificar os métodos de tomada de decisão é apresentada na Figura 2.

**Figura 2** – Classificação das técnicas de tomada de decisão



Fonte: Adaptado de Danesh, Ryan e Abbasi (2018)

Os autores apresentam uma nova estrutura para classificar métodos relacionados ao PPM–MCDM, além de identificar que os métodos MCDM são os mais adequados para lidar com questões de PPM e os classifica em dois grupos, técnicas de tomada de decisão multiobjetivo (MODM) e técnicas de tomada de decisão multiatributo (MADM). Em seguida, os MADM são agrupados nos três conjuntos de: técnicas baseadas na teoria da utilidade; métodos de superação; e métodos de compromisso.

### 3.3 Modelos Multicritérios de Apoio à Decisão

Segundo Colson e De Bruyn (1989), a tomada de decisão multicritério - MCDM é um mundo de conceitos, abordagens, modelos e métodos para ajudar os tomadores de decisão a descrever, avaliar, classificar, ranquear, selecionar ou rejeitar objetos (candidatos, produtos, projetos e assim por diante) com base em uma avaliação (expressa por pontuações, valores, intensidades de preferência) de acordo com vários critérios. Esses critérios podem representar diferentes aspectos da teleologia: objetivos, metas, valores de referência, níveis de aspiração, utilidade. Nesta mesma linha Vincke (1982) diz que o Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA), também definido como Multiple Criteria Decision Making (MCDM) ou Multiple Attribute Decision

Making (MADM), é um processo que avalia alternativas identificando os critérios de avaliação, incluindo as preferências das partes interessadas e usando as informações de preferência para construir um modelo que agregue as avaliações de múltiplos critérios de alternativas; Este modelo permite a comparação de alternativas de forma abrangente (como um ranking ou uma classificação) e leva a uma recomendação de decisão.

De acordo com Roy e Bouyssou (1993) são quatro as referências de problemas que surgem no contexto da tomada de decisão multicritério: o problema de escolha (seleção), o problema de ordenação (classificação), o problema de ordenação (ranking) e o problema de descrição. Ajudar na tomada de decisão significa levar em consideração os valores e preferências de um ou mais atores em um processo de tomada de decisão. O Quadro 5 detalha as referências citadas pelos autores.

**Quadro 5** – As quatro problemáticas de referência

<b>Problemática</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Resultado</b>
<b>P.α</b>	Apoiar a decisão escolhendo um subconjunto o mais restrito possível com vistas a uma escolha final de uma única ação, subconjunto contendo as "melhores" ações (ótimas) ou, na sua falta, ações "satisfatórias" (satisfeitas)	Uma escolha ou procedimento de seleção
<b>P.β</b>	Apoiar a decisão com a ordenação resultante da atribuição de cada ação a uma categoria, sendo as categorias definidas a priori de acordo com as normas relativas ao acompanhamento a dar às ações que se pretendem receber.	Um procedimento de classificação ou atribuição
<b>P.γ</b>	Apoiar a decisão por um ranking obtido agrupando todas as ações, ou parte delas (as "mais satisfatórias") em classes de equivalência, sendo essas classes ordenadas, total ou parcialmente, de acordo com as preferências.	Um ranking ou procedimento de classificação
<b>P.δ</b>	Apoiar a decisão com uma descrição, em linguagem apropriada, das ações e suas consequências.	Uma descrição ou procedimento cognitivo

**Fonte:** Adaptado de Roy e Bouyssou, 1993.

Ainda segundo Roy (1996), há quatro níveis no processo de tomada de decisão:

- Nível I: Definição do objeto da decisão e espírito de recomendação ou participação, bem como determinação da problemática de referência;
- Nível II: Análise de consequências e desenvolvimento de critérios;

- Nível III: Modelagem de preferências abrangentes e agregando operacionalmente desempenhos; e
- Nível IV: Investigação e desenvolvimento da recomendação.

No nível I será determinada a problemática de referência entre aquelas constantes do Quadro 5, enquanto no nível IV deverá ser selecionado o método MCDA que será utilizado. Entretanto, as informações obtidas podem ser apresentadas das mais diversas formas, pois os dados podem ser contínuos ou discretos, qualitativos ou quantitativos, determinísticos ou incertos, apresentados em diferentes escalas que, ao final, irão afetar a escolha da metodologia a ser utilizada. Esta diversidade também está refletida na literatura, que fornece uma gama de trabalhos sobre várias classificações de problemas multicritério.

Wątróbski *et al.* (2019), analisaram 56 métodos MCDA e apresentaram uma estrutura metodológica e prática para a seleção de métodos. Considerando que o decisor (DM) nem sempre detém o conhecimento completo do problema com o qual se depara, os autores propõem uma estrutura hierárquica de descritores e características, contendo nove propriedades descritivas de métodos MCDA organizados de forma hierárquica, em três níveis.

Guitouni e Martel (1998) também apresentaram uma proposta com diretrizes para ajudar a escolher um método MCDA apropriado. Considerando que cada método usa uma abordagem específica para modelar as preferências do DM e a dificuldade em identificar todos os aspectos importantes a serem considerados, os autores apresentam sete diretrizes provisórias gerais para a escolha de um método adequado. Com essas diretrizes, e tomando por base o trabalho de Laaribi *et al.*, (1996) os autores propõem árvore tipológica de MCAP discreta, também em três níveis. Apresentam ainda resultados sobre a comparação de 29 diferentes MCAP.

Já Cinelli *et al.* (2020) apresentaram uma taxonomia das características do processo MCDA com uma estrutura hierárquica; composta por três fases e incluindo dez características principais, com detalhamento de frequência e participação de cada característica em relação aos 56 estudos revisados. Além da estrutura da taxonomia das características do processo MCDA, o artigo também analisa 23 sistemas de apoio à decisão (DSSs) para recomendar um método relevante ou um subconjunto de métodos.

A literatura ainda fornece vários estudos sobre a classificação dos métodos de apoio à decisão multicritério. Roy e Slowinski (2013) formularam algumas questões

que podem ajudar um analista a escolher um método multicritério adaptado ao contexto decisório; Yalcin *et al* (2022) elaboraram uma revisão de literatura estudando os métodos de MCDA e a conexão das técnicas multicritério com a análise de negócios; Hosseinzadeh *et al.* (2020) mostram que técnicas de tomada de decisão multicritério têm sido amplamente aplicadas para ajudar um tomador de decisão a determinar o peso de cada fator de qualidade do serviço, e fornecem uma extensa investigação do estado da arte dos esquemas de seleção de serviços baseados em tomada de decisão multicritério propostos na literatura.

### **3.4 Métodos de Sobreclassificação**

Os métodos de sobreclassificação (também chamados métodos de superação) estabelecem uma relação de preferência entre as alternativas avaliadas em vários critérios. Os fundamentos dessa teoria foram estabelecidos por Bernard Roy no final da década de 1960. Uma relação de superação é definida como uma relação binária usada para estimar a força da preferência por uma alternativa  $x$  sobre uma alternativa  $x'$ . Esta força é definida com base em: (1) as indicações existentes que apoiam a preferência de  $x$  sobre  $x'$  (concordância de critérios), (2) as indicações existentes contra a preferência de  $x$  sobre  $x'$  (discordância de critérios) (Doumpos e Zopounidis, 2002). Da mesma forma Aspen *et al.* (2015) mostram que os métodos de superação tentam avaliar a afirmação de que uma alternativa supera outra com base em provas construídas a partir da combinação de desempenho entre critérios e importância dos critérios. Para qualquer relação, os critérios podem ser divididos em uma coalizão concordante que apoia a afirmação e uma coalizão discordante que se opõe a ela. A principal diferença entre os métodos de superação é como a concordância e a discordância são medidas e agregadas para produzir uma classificação final. O Quadro 6 reproduz parte da tabela apresentada pelos autores em seu artigo, destacando os métodos de sobreclassificação.

**Quadro 6 – Métodos de sobreclassificação**

<b>Método</b>	<b>Descrição</b>	<b>Autor</b>
ORESTE	A classificação ordinal de alternativas e critérios é usada para construir uma classificação completa no conjunto de alternativas antes que a análise de indiferença e conflito seja conduzida para produzir uma classificação final de alternativas	Roubens (1982)
Regime	Comparações pareadas de alternativas são usadas para construir uma matriz de regime com indicadores de dominância, equivalência e não dominância entre os critérios. Uma ordem prévia total é obtida pela agregação dessas pontuações ponderadas	Hinloopen <i>et al.</i> (1983)
ELECTRE II	Os índices de concordância e discordância são calculados para todos os pares de ações e usados junto com os limites para construir relações de superação fortes e fracas. Estes são ainda mais explorados para fornecer uma pré-encomenda parcial (semi-ordem).	Roy e Bertier (1971)
ELECTRE III	Concordância e discordância para uma relação de superação são determinadas com pseudocritérios e usadas para construir um índice de credibilidade que oferece uma interpretação difusa das relações de superação. O índice é ainda explorado para fornecer uma pré-ordem parcial (semi-ordem) de alternativas.	Roy (1978)
MELCHIOR	A importância dos critérios é determinada por uma relação binária antes que os índices de concordância e discordância sejam construídos e explorados para fornecer uma pré-ordem parcial (semi-ordem)	Leclercq (1984)
PROMETHEE I e II	Uma função de preferência é definida em cada critério refletindo a intensidade de preferência sobre os desvios dos valores dos critérios. O algoritmo de superação compara comparativamente as alternativas em cada critério de decisão e estabelece sua ordem de classificação geral por meio de sua dominância relativa ponderada sobre outras alternativas em todos os critérios	Brans e Vincke (1985)

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

Conforme Almeida (2013), uma característica importante nesses métodos é que eles apresentam avaliações não compensatórias, enquanto os métodos de agregação por meio de critério único de síntese são compensatórios. Nesses métodos, a avaliação

intercritério pode ser representada pelos pesos dos critérios, que assumem a noção de grau de importância. Visto que não há uma transformação de escalas de avaliações intracritérios para uma escala de avaliação global, em que cada alternativa recebe um score global, nos métodos de sobreclassificação não existe o problema de uso dessa noção para os pesos, como ocorre com os métodos de agregação por meio de critério único de síntese. Ainda segundo o autor, as famílias de métodos ELECTRE e PROMETHEE são as mais utilizadas.

Considerando que este trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo que seja capaz de priorizar projetos, levando em consideração diferentes aspectos, as metodologias de seleção avaliadas classificam como adequados para esta abordagem os métodos de sobreclassificação (outranking), uma vez que os critérios não são compensatórios. A seleção de projetos exigirá sua ordenação e, visando minimizar áreas de indiferença, o uso de critério verdadeiro. Para atender essas necessidades foi escolhido o método ELECTRE II para o presente estudo.

### **3.5 Família de métodos ELECTRE**

ELECTRE é um acrônimo de *ELimination Et Choix Traduisant la REalité* (Eliminação e escolha traduzindo a realidade) e suas origens remontam a 1965 na empresa de consultoria europeia SEMA, que ainda está ativa hoje. Naquela época, uma equipe de pesquisa da SEMA trabalhava em um problema concreto, de múltiplos critérios, do mundo real, sobre decisões relacionadas ao desenvolvimento de novas atividades nas empresas. Para “resolver” este problema foi construído um método geral de critérios múltiplos, MARSAN (*Méthode d’Analyse, de Recherche, et de Sélection d’Activités Nouvelles*). Os analistas usaram uma técnica baseada em soma ponderada incluída no método MARSAN para a seleção das novas atividades. Ao utilizar o método os engenheiros da SEMA notaram sérias desvantagens na aplicação de tal técnica. B. Roy foi assim consultado e logo tentou encontrar um novo método para superar as limitações do MARSAN. O método ELECTRE para escolher a(s) melhor(es) ação(ões) de um determinado conjunto de ações foi assim concebido em 1965, e mais tarde foi referido como ELECTRE I (Electre um) (Figueira, Mousseau e Roy, 2016).



Para esses autores, os métodos ELECTRE são relevantes ao enfrentar situações de decisão com as seguintes características.

1: O decisor (DM) deseja incluir no modelo pelo menos três critérios. No entanto, os procedimentos de agregação são particularmente adequados em situações em que os modelos de decisão incluem mais de cinco critérios (até 12 ou 13). Seja  $g_j, j = 1, \dots, n$  denota uma família coerente de critérios e seja  $A$  o conjunto de ações potenciais;  $g_j(a)$  representa o desempenho da ação  $a$  no critério  $g_j$ .

E pelo menos uma das seguintes situações deve ser verificada.

2: As ações são avaliadas (para pelo menos um critério) em uma escala ordinal ou em uma escala de intervalo fraca. Estas escalas não são adequadas para a comparação de diferenças. Portanto, é difícil e/ou artificial definir uma codificação que faça sentido em termos de diferenças de preferência das razões  $\frac{g_j(a)-g_j(b)}{g_j(c)-g_j(d)}$ , onde  $a, b, c$  e  $d$  são quatro ações diferentes.

3: Existe uma forte heterogeneidade relacionada com a natureza das escalas associadas aos critérios (por exemplo, impacto ambiental, custo, estética, duração, ruído, distância, segurança...). Isso dificulta a definição de uma escala única e comum que possa substituir as originais.

4: A compensação da perda em um determinado critério por um ganho em outro pode não ser aceitável para o DM. Portanto, tais situações exigem o uso de procedimentos de agregação não compensatória.

5: Para pelo menos um critério vale o seguinte: pequenas diferenças de preferências não devem ser consideradas significativas. Isso requer a introdução de limiares discriminatórios (indiferença e preferência).

Os métodos ELECTRE podem ser classificados de acordo com o tipo de problema que cada um trata: escolha (para selecionar a melhor alternativa, ou um conjunto de melhores alternativas), ordenação (para atribuir cada alternativa a classes ordenadas pré-definidas) e classificação (para estabelecer uma pré-encomenda parcial ou completa das alternativas). (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Conforme Ishizaka e Nemery (2013), o ELECTRE I deu início a uma longa série de melhorias, pesquisas e desenvolvimentos dos métodos ELECTRE para enfrentar novos problemas de decisão. Eles podem ser subdivididos de acordo com o tipo de problema que resolvem (Quadro 7).

**Quadro 7** – Família ELECTRE e seus problemas de decisão

<b>Problema de Decisão</b>	<b>Método</b>
Escolha	ELECTRE I ELECTRE Iv ELECTRE Is
Ordenação	ELECTRE II ELECTRE III ELECTRE IV
Classificação	ELECTRE-Tri-B ELECTRE-Tri-C
Descrição	Elicitação dos pesos em ELECTRE Elicitação para ELECTRE-Tri: - método IRIS - outros métodos de elicitación

**Fonte:** Adaptado de Ishizaka e Nemery (2013).

O primeiro método ELECTRE, ELECTRE I, e suas variantes ELECTRE Iv e ELECTRE Is foram desenvolvidos para resolver problemas de escolha. Em um problema de escolha, o tomador de decisão selecionará, dentre um determinado conjunto de opções, o menor subconjunto contendo as melhores opções. A única diferença entre ELECTRE I e ELECTRE Iv é a introdução do conceito de veto: se uma opção tiver um desempenho ruim em um único critério em comparação com outra opção, a opção será considerada superada, independentemente de seu desempenho nos outros critérios. A novidade do ELECTRE Is é a utilização de pseudocritérios. Pseudocritérios são introduzidos para modelar o fato de que um tomador de decisão pode não ter preferência entre duas opções de um critério, se a diferença em seu desempenho for menor que o limiar de indiferença.

ELECTRE II, ELECTRE III e ELECTRE IV são métodos de classificação, que podem levar a uma ordenação parcial de um conjunto de opções (ou seja, a classificação aceita que duas opções são incomparáveis), mas sem atribuir uma pontuação às alternativas. A ordem de preferência entre as opções é a saída dos métodos. O ELECTRE III distingue-se do ELECTRE II pelo uso de pseudocritérios e graus de superação (em vez de relações binárias de superação). O ELECTRE IV, por outro lado, não exige a importância relativa dos critérios (ou seja, os pesos).

ELECTRE-Tri-B (mais comumente conhecido como ELECTRE-Tri) e ELECTRE-Tri-C são métodos de classificação que permitem a atribuição independente

de um conjunto de opções a uma ou várias categorias predefinidas. Estes métodos são assim métodos de classificação supervisionados, mas com a particularidade de uma relação de preferência entre as categorias, ou seja, podem ser ordenados da melhor para a pior. A diferença entre os dois métodos está na definição das categorias: seja por perfis limitantes ou fronteiras (daí ELECTRE-Tri-B), seja por perfis típicos ou centrais (ELECTRE-Tri-C).

De acordo com Chatterjee, Athawale e Chakraborty (2009) as etapas para a implementação do método ELECTRE são descritas da seguinte forma:

Considerando uma matriz de decisão  $M$  contendo os atributos de cada alternativa  $A_i$  ( $i= 1,2, \dots, n$ ) em relação a cada critério  $C_j$  ( $j= 1,2, \dots, m$ ):

$$M = \begin{matrix} & C_1 & \cdots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Etapa 1: Normalizar a matriz de decisão.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}}$$

Etapa 2: Ponderar a matriz de decisão normalizada.

$$Y = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & \cdots & w_n x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 x_{m1} & \cdots & w_n x_{mn} \end{bmatrix}$$

onde  $w_n$  são os atributos da matriz de pesos referentes aos critérios  $n$ . São chamados benéficos quando os critérios ou características das alternativas são desejáveis de serem maximizadas ou otimizadas.

Etapa 3: Construir as relações de superação seguindo as definições de concordância e discordância e desenvolver um gráfico que represente as relações de dominância entre as alternativas. Neste gráfico, se a alternativa  $A_j$  ultrapassar a alternativa  $A_k$ , então existe um arco direcionado de  $A_j$  a  $A_k$ .

$$W = [w_1 \quad \dots \quad w_n]$$

$$c(j, k) = \sum_{g_i(j) \geq g_i(k)} w_i \quad (j, k = 1, 2, \dots, n : j \neq k)$$

$$d(j, k) = \begin{cases} 0, & \text{se } g_i(j) \geq g_i(k) \quad (i = 1, 2, \dots, m) \\ \frac{\max_{g_i(k) > g_i(j)} (g_i(k) - g_i(j))}{\max_{i=1, \dots, m} (|g_i(k) - g_i(j)|)}, & \text{caso contrário } (j, k = 1, 2, \dots, n : j \neq k) \end{cases}$$

Etapa 4: Obter um subconjunto mínimo dominante usando os índices de concordância mínima e de discordância máxima.

Etapa 5: se o subconjunto tiver um único elemento ou for pequeno o suficiente para aplicar o julgamento de valor, selecionar a decisão final. Caso contrário, as etapas 3 e 4 são repetidas até que exista um único elemento ou um pequeno subconjunto.

Etapa 6: Para o método ELECTRE II, devem ser calculados outros dois índices da seguinte forma:

$$\text{Índice de Concordância Pura } (C_j) = \sum_{k=1}^n c(j, k) - \sum_{k=1}^n c(k, j) \quad j \neq k$$

$$\text{Índice de Discordância Pura } (D_j) = \sum_{k=1}^n d(j, k) - \sum_{k=1}^n d(k, j) \quad j \neq k$$

(a) uma vez que esses dois índices sejam estimados, obter duas classificações separadas das alternativas com base nesses índices.

(b) determinar uma classificação média das classificações obtidas na Etapa 6.

(c) selecionar a alternativa que possui a melhor classificação média.

Uma definida a ordenação dos projetos através desse método, a abordagem de otimização combinatória utilizada para sua seleção foi o Problema da Mochila.

### 3.6 Problema da Mochila (*knapsack problem*)

Uma vez definida a classificação das alternativas, ainda restará a necessidade de elencar aquelas que comporão a escolha final, já que o recurso é limitado e não comporta a realização de todas elas. Uma abordagem de otimização combinatória para solucionar esta questão é chamada de Knapsack Problem (Problema da Mochila).

*"O problema da mochila (KP) pode ser formalmente definido como segue: Temos uma instância do problema da mochila com o conjunto de itens  $N$ , que consiste em  $n$  itens  $j$  com lucro  $P_j$  e peso  $W_j$ , e o valor da capacidade  $c$ . (Normalmente, todos esses valores são retirados dos números inteiros positivos.) Então, o objetivo é selecionar um subconjunto de  $N$  de modo que o lucro total dos itens selecionados seja maximizado e o peso total não exceder  $c$ ."*

*Kellerer et al., Knapsack Problems (2004).*

Segundo Martello e Toth (1990), o problema da mochila pode ser formulado matematicamente numerando os objetos de 1 a  $n$  e introduzindo um vetor de variáveis binárias  $x_j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) com o seguinte significado

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{se o objeto } j \text{ for escolhido} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Então, se  $p_j$  é uma medida do conforto dado pelo objeto  $j$ ,  $w_j$  seu tamanho e  $c$  o tamanho da mochila, nosso problema será selecionar, dentre todos os vetores binários  $x$  que satisfaçam a restrição

$$\sum_{j=1}^n w_j x_j \leq c,$$

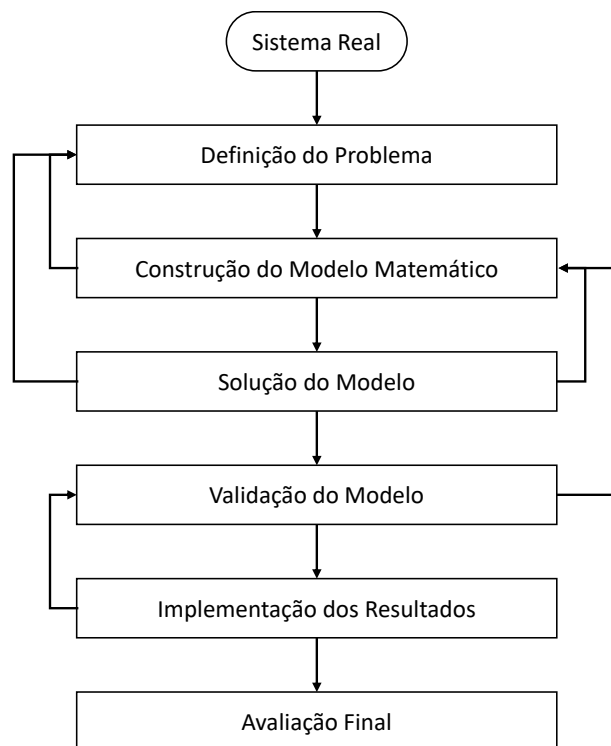
aquele que maximiza a função objetivo

$$\sum_{j=1}^n p_j x_j.$$

## 4 METODOLOGIA

De acordo com Arenales *et al.* (2007), a abordagem de solução de um problema por meio de Pesquisa Operacional envolve várias fases: definição do problema; construção do modelo; solução do modelo; validação do modelo; e implementação da solução. De maneira similar Belton e Stewart (2002) e Belfiore e Fávero (2013) apresentam as etapas para estruturação e resolução de problemas. Estes últimos apresentaram um gráfico (Figura 3) que ilustra a metodologia que deverá ser parcialmente utilizada na elaboração deste trabalho:

**Figura 3** – Fases do estudo da pesquisa operacional



**Fonte:** Belfiore e Fávero (2013)

### 4.1 Fase 1 – Definição do Problema

O problema desta pesquisa é classificar e selecionar os projetos que melhor atendam os objetivos propostos pela empresa em razão da estratégia adotada para o período de investimento (ação social, aumento de receitas, atendimento ao maior nº de

pessoas, entre outras). O uso de um único critério para a seleção e classificação dos projetos pode impossibilitar o atendimento de objetivos estratégicos definidos pela empresa para o período. O Plano Estratégico 2020, em vigor na empresa à época do levantamento de dados, era dividido em três ciclos. Seus objetivos, segundo o sítio da empresa em estudo, continuam mantidos para o período 2023/2027 e são:

- 1. Ser conglomerado empresarial, com negócios diversificados e sustentáveis, compatível com empresas de classe mundial.*
- 2. Manter a relevância para a sociedade elevando a participação da Empresa na geração de riquezas do País convergente à média de empresas de alto desempenho.*
- 3. Gerar valor econômico agregado positivo e crescente.*
- 4. Universalizar os serviços básicos.*
- 5. Ser a instituição pública com a melhor avaliação de confiança.*

Embora a expansão e manutenção da rede de atendimento esteja associada a todos os objetivos apresentados, a universalização de serviços básicos é o objetivo que se contrapõe ao critério atualmente utilizado para a seleção de projetos da área em análise, uma vez que pressupõe a presença em todos os municípios, com unidades adequadas aos serviços a serem desempenhados. Por outro lado, não é possível focar em apenas uma das estratégias propostas, deixando de lado, por exemplo, a necessidade de geração de valor agregado (EVA) positivo e crescente. Considerando que o EVA pode ser definido como a diferença entre o lucro operacional líquido depois de impostos e o custo do capital investido na empresa (Santos e Watanabe, 2005), as receitas das lojas e o valor do investimento proposto, e não apenas a necessidade de estar presente até mesmo nos menores e mais carentes municípios, devem ser consideradas. Esse é o âmago do problema apresentado, o estabelecimento de um modelo que permita aos decisores alterar o modo de seleção de acordo com a estratégia definida para determinado ciclo do planejamento ou até mesmo alterá-la de um ano para outro, privilegiando os resultados ou o atendimento de regiões carentes. Assim, para a definição do modelo matemático, é necessário avaliar as variáveis existentes que possibilitarão o estabelecimento de critérios para a seleção dos projetos.

## 4.2 Fase 2 – Construção do Modelo Matemático

Para a construção de um modelo que responda às necessidades da empresa é necessário que haja uma definição clara dos critérios que serão utilizados. Um conjunto adequado de critérios permitirá que a seleção de projetos atenda melhor aos objetivos da organização. Os requisitos essenciais antes que o projeto passe pelo estágio de avaliação devem incluir uma análise de viabilidade e estimativas dos parâmetros necessários para avaliar cada projeto, bem como um defensor do projeto que será uma fonte de informações adicionais (Archer e Ghasemzadeh, 2007). Para Meade e Presley (2002) os três principais temas relativos à seleção de projetos são: a necessidade de relacionar os critérios de seleção às estratégias corporativas; a necessidade de considerar os benefícios e riscos qualitativos dos projetos candidatos; e a necessidade de conciliar e integrar as necessidades e desejos das diferentes partes interessadas.

De acordo com Dutra, Ribeiro e Carvalho (2014), o primeiro passo para selecionar e priorizar os projetos a serem incluídos no portfólio é definir os critérios que devem ser usados para sua avaliação. Nesta etapa é importante garantir que o conjunto de critérios esteja completo, mas para evitar problemas de superposição ou hierarquia. Para isso, os autores realizaram uma revisão sistemática dos critérios de seleção de projetos, selecionando 73 estudos, que utilizaram 35 diferentes critérios para seleção de projetos. O Quadro 8 apresenta um resumo adaptado desse estudo, que serviu de base para a seleção dos critérios a serem utilizados neste trabalho.

**Quadro 8 – Critérios de Seleção**

<b>Ênfase da Seleção</b>	<b>Critério de Seleção *</b>
Benefícios Estratégicos	Melhoria da competitividade, Alinhamento estratégico, Benefícios intangíveis, Benefícios sociais, Relacionamento com outros projetos, Atendimento das necessidades dos funcionários, Benefícios ambientais, Benefícios políticos, Redução no uso de recursos naturais, Aprendizagem e conhecimento, Benefícios estendidos em outros projetos, Geração de emprego Reutilização de peças, Benefícios para a comunidade, Motivação da equipe e Reciclagem de materiais



**Quadro 8** – Critérios de Seleção - continuação

<b>Ênfase da Seleção</b>	<b>Critério de Seleção *</b>
Benefícios Comerciais	Potencial de mercado / Receita, Benefícios gerais, Satisfação das necessidades dos clientes, Competição na área do projeto e Potencial para replicabilidade ou expansão
Dificuldade Técnica	Complexidade do projeto, Tempo envolvido, Facilidade de implementação e manutenção, Grau de inovação, Conformidade com os aspectos regulatórios, Escopo do projeto e Patenteabilidade
Custos Financeiros	Investimento total, Incertezas envolvidas Investimento em RH, Investimento em infraestrutura, Investimento em fornecedores, Investimento em tecnologia e Investimento em marketing

**Fonte:** Adaptado de Dutra, Ribeiro e Carvalho (2014).

\* Um tipo critério em cada artigo.

O trabalho inicial de preparação para a avaliação de um projeto é fundamental para sua aceitabilidade, assim, as ênfases em benefícios estratégicos (com os critérios de melhoria da competitividade, benefícios sociais e benefícios para a comunidade), em benefícios comerciais (com o critério de receita), e em custos financeiros (com o critério de investimento em infraestrutura) têm um forte vínculo com o objetivo de desenvolver um método capaz de classificar e selecionar os projetos que melhor atendam os objetivos propostos pela empresa em razão da estratégia adotada para o período de investimento.

A limitação de variáveis associadas a esses critérios nas bases de dados fornecidas pela empresa exigiu também sua busca em bases externas, cujas informações pudessem ser associadas a um índice comum com a base interna, como é o caso do município onde a loja está instalada. O Quadro 9 resume essas informações.

**Quadro 9** – Critérios de Seleção e variáveis associadas

<b>Critério</b>	<b>Variável Interna</b>	<b>Variável Externa</b>
Melhoria de Competitividade	Carga de trabalho, efetivo, receita, produtividade	
Benefícios para a comunidade / sociais		População e IDH do município
Benefícios Comerciais	Receita, carga de trabalho	
Custos Financeiros	Valor do projeto, efetivo, produtividade	

**Fonte:** Bases da empresa e Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013.

As informações constantes na empresa permitem detalhar a variável carga de trabalho em atividades de guichê, atividades internas, atividades financeiras e atividades administrativas, além de seu total. Com o intuito de avaliar da melhor forma possível o impacto dessas variáveis na seleção de projetos, foram mantidos os detalhamentos. Da mesma forma o Índice de Desenvolvimento Humanos (IDH) dos municípios brasileiros permite utilizar um valor único, responsável pelo ranking do município, ou seu detalhamento por renda, educação e longevidade.

Para identificar potenciais redundâncias nos aspectos avaliados, foi aplicado teste estatístico não-paramétrico através do software SPSS, de modo a apurar o coeficiente de correlação de Spearman para cada par de critérios. Os resultados constam da Tabela 2.

**Tabela 2** - Correlação de Spearman para os critérios levantados

Variável	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	CT Total	Efetivo	Produtividade	Receita	Categoria	Faixa População	IDHM 2010	IDHM Renda 2010	IDHM Longevida de 2010	IDHM Educação 2010
CT Guiche	1,000	,652	,807	-,234	,914	,750	,054	,861	-,819	,745	,310	,333	,266	,273
CT Interno		1,000	,480	-,093	,874	,541	,302	,495	-,538	,422	,226	,246	,227	,185
CT Financ			1,000	-,099	,745	,700	-,057	,742	-,682	,601	,320	,336	,271	,290
CT Admin				1,000	-,183	-,301	,224	-,411	,465	-,209	-,335	-,328	-,297	-,328
CT Total					1,000	,716	,187	,756	-,744	,652	,293	,316	,267	,252
Efetivo						1,000	-,494	,793	-,747	,642	,517	,520	,422	,492
Produtividade							1,000	-,189	,137	-,109	-,367	-,341	-,259	-,383
Receita								1,000	-,884	,700	,495	,510	,425	,457
Categoria									1,000	-,670	-,470	-,483	-,394	-,438
Faixa População										1,000	,278	,302	,199	,253
IDH 2010											1,000	,957	,874	,966
IDH Renda 2010												1,000	,861	,865
IDH Longev. 2010													1,000	,768
IDH Educação 2010														1,000

**Fonte:** Bases da empresa e Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013.

A análise das informações da Tabela 2 mostra que a correlação entre as variáveis total e detalhadas do IDH é muito forte, o que motiva a manutenção apenas da variável consolidada (IDHM 2010). Por outro lado, embora o indicador de carga de trabalho total tenha boa ou forte correlação com os de carga de trabalho de guichê, interno e financeiro, o mesmo não ocorre com as variáveis detalhadas entre si, motivando a permanência das detalhadas e retirando o totalizador, diminuindo eventuais redundâncias.

Dessa maneira, o conjunto de critérios selecionados para utilização no método proposto é o constante da Tabela 3 e sua descrição consta do Quadro 10. A matriz contendo os atributos desses critérios para cada projeto existente é a matriz de decisão M. Seguindo a metodologia de Chatterjee, Athawale e Chakraborty (2009) para a

implementação do método ELECTRE, as próximas etapas são a normalização da matriz de decisão e a ponderação da matriz normalizada com os atributos da matriz de pesos referentes aos critérios selecionados.

**Tabela 3** - Correlação de Spearman para os critérios selecionados

Variável	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Produtividade	Receita	Categoria	Faixa População	IDHM 2010
CT Guiche	1,000	,652	,807	-,234	,750	,054	,861	-,819	,745	,310
CT Interno		1,000	,480	-,093	,541	,302	,495	-,538	,422	,226
CT Financ			1,000	-,099	,700	-,057	,742	-,682	,601	,320
CT Admin				1,000	-,301	,224	-,411	,465	-,209	-,335
Efetivo					1,000	-,494	,793	-,747	,642	,517
Produtividade						1,000	-,189	,137	-,109	-,367
Receita							1,000	-,884	,700	,495
Categoria								1,000	-,670	-,470
Faixa População									1,000	,278
IDH 2010										1,000

**Fonte:** Bases da empresa e Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013

**Quadro 10** – Descrição dos critérios selecionados

Variável	Descrição	Critério
Carga de trabalho interna	Número de horas mensais de serviços internos	Benefício
Carga de trabalho guichê	Número de horas mensais de trabalhos de guichê	Benefício
Carga de trabalho financeira	Número de horas de serviços financeiros	Benefício
Carga de trabalho administrativa	Número de horas mensais de serviços administrativos	Benefício
Efetivo	Número de funcionários da unidade	Benefício
Faixa População	Faixa População do município	Benefício
Receita	Total das vendas anuais da unidade	Benefício
Categoria	Classificação da empresa para a unidade	Benefício
IDH	Índice de desenvolvimento humano	Benefício/Custo
Produtividade	Resultado gerado por empregado na unidade	Benefício

**Fonte:** Bases da empresa e Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013.

A possibilidade de estabelecimento de ponderação diferenciada, de acordo com os objetivos da empresa, a partir de um único conjunto de critérios, é justamente o que permitirá apresentar soluções para o problema proposto nesse trabalho. Assim se em determinado período, por exemplo, for mais importante para a empresa a universalização dos serviços básicos, os critérios associados a esse objetivo deverão ter pesos maiores. De outra forma, se o crescimento de receitas for mais importante, o mesmo ocorrerá com os critérios a ela associados. Dessa maneira a cada ciclo de

planejamento os recursos poderão ser aplicados aos projetos mais identificados com os interesses da organização para aquele período.

Para avaliar a viabilidade do modelo proposto os critérios serão divididos em duas classes: técnica e social, e, em cada uma delas serão definidos diferentes pesos para cada critério, considerando que os objetivos 3 e 4 citados no item 4.1 também tenham diferentes graus de importância para a empresa. Assim, usando os exemplos apresentados no parágrafo anterior, caso a priorização seja para a universalização dos serviços básicos, o critério de menor IDH será testado com pesos crescentes a ele associados, sendo retirada essa variável da matriz de atributos. Caso a priorização seja a geração de valor agregado positivo e crescente, o critério Receita é que deverá ter pesos maiores, sendo mantidas todas as variáveis na matriz de atributos.

Para essa dissertação foram elaboradas tabelas com pesos variando 50 a 100% para ambos os casos, de modo a poder comparar os projetos selecionados em cada experimento, além de compará-los com o atualmente utilizado pela empresa.

Após a definição das matrizes ponderadas normalizadas, foram construídas as matrizes de concordância e discordância, e, conforme prevê o método ELECTRE II, calculados os índices de concordância pura e discordância pura para cada projeto.

Desta forma, foi determinada uma classificação média das duas classificações citadas no parágrafo anterior. Essa média determina a ordem do projeto e a partir dela será determinado o peso que será atribuído ao projeto quando da aplicação do algoritmo do Problema da Mochila. Considerando que o total de projetos em análise é de 1669, e que ao primeiro classificado pela metodologia ELECTRE II deverá ser alocado o maior valor, o peso de cada projeto foi determinado subtraindo 1670 da sua respectiva classificação. Desse modo, para o primeiro classificado foi definido o peso de 1669 ( $1670-1$ ), para o segundo o peso de 1668 ( $1670-2$ ) e assim sucessivamente até que o último classificado terá o peso 1 ( $1670-1669$ ).

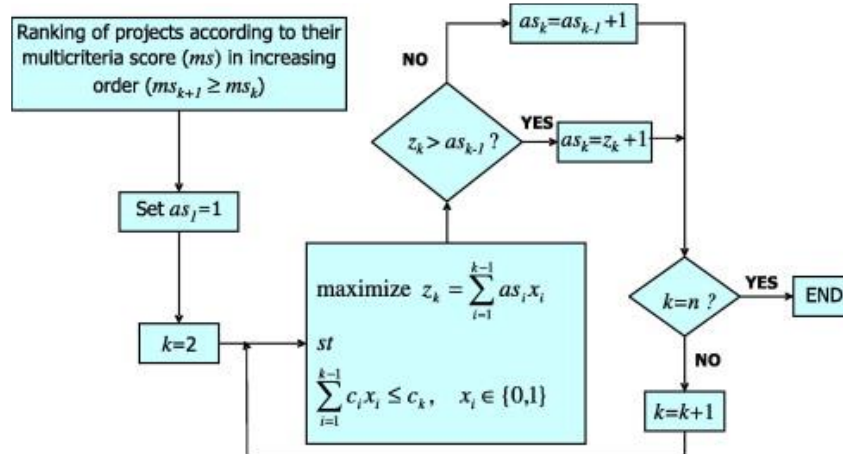
Mavrotas *et al.* (2008) propõem um método para seleção de projetos sob uma situação de decisão específica, na qual a seleção final é guiada por dois aspectos: (i) a satisfação de certa segmentação – política ou restrições lógicas – e (ii) a garantia de que a avaliação individual dos projetos é respeitada ao máximo. Os autores afirmam que em problemas de otimização de portfólio busca-se a melhor combinação de projetos que atendam às restrições impostas. Contudo, não se observa a preservação das preferências relativas entre os projetos. No caso apresentado, tais preferências são relevantes, visto

que a principal preocupação é que a seleção final reflita, o máximo possível, a avaliação individual dos projetos.

Para manter as características individuais de cada projeto dentro do modelo IP (Integer Programming), Mavrotas *et al.* (2008) substituem as pontuações multicritério originais por pontuações aumentadas na função objetivo. Tal abordagem, argumentam os autores, evita que bons projetos – ainda que de custo comparativamente mais alto – sejam subestimados.

A Figura 4 apresenta o fluxo do método utilizado.

**Figura 4**– Fluxo do processo



Fonte: Mavrotas *et al.* (2008)

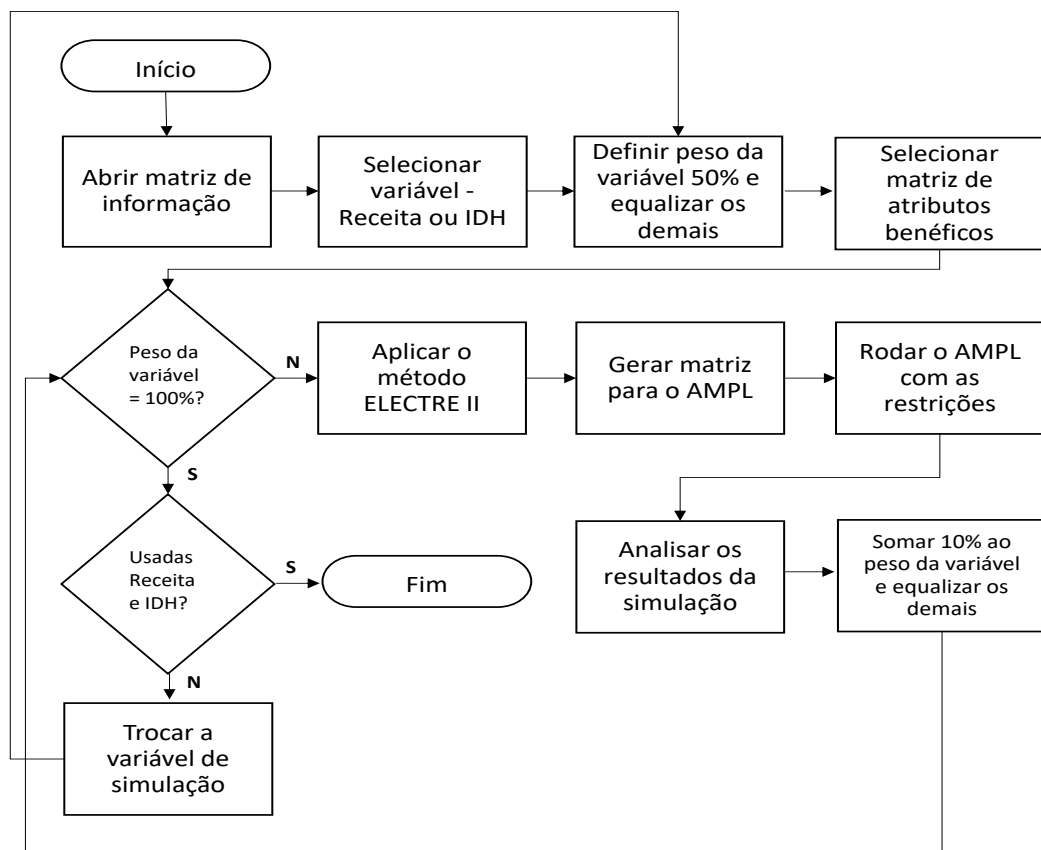
Considerando-se o objetivo comum do artigo de Mavrotas *et al.* (2008) e desta dissertação, avaliou-se a possibilidade de utilização do método proposto pelos autores para aumentar as pontuações dos projetos. Verificou-se que a partir do projeto 758 o resultado obtido passa a ser o mesmo (3,9114<sup>1075</sup>), demonstrando que o método proposto precisa ser mais bem estudado para o contexto de um grande número de projetos, não sendo possível seu uso no caso estudado neste trabalho.

De posse do valor existente para investimento nessas unidades foi utilizado o software AMPL (*A Mathematical Programming Language*) para solução do problema da mochila.

### 4.3 Fase 3 – Análise de Cenários

O problema desta pesquisa é classificar e selecionar os projetos que melhor atendam os objetivos propostos pela empresa em razão da estratégia adotada para o período de investimento. Conforme proposto no item 4.2, caso a priorização seja para a universalização dos serviços básicos, o critério de menor IDH será testado e, caso a priorização seja a geração de valor agregado será avaliado o critério Receita. Para esses testes foi aplicado o método ELECTRE II com a alteração dos pesos dessas variáveis, responsável pela geração dos experimentos realizados. O modelo prevê que esses pesos variem de 50% a 100% para cada variável. Na sequência a matriz obtida, somada às restrições selecionadas para cada cenários é aplicada ao AMPL que gera a seleção final. A Figura 5 apresenta o fluxo desse processo para cada experimento.

**Figura 5 - Fluxo do Modelo Proposto**



A Matriz de Decisão, que utiliza os critérios descritos no Quadro 10, está representada na Tabela 4:

**Tabela 4 - Matriz de decisão**

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348

Essa matriz, base para a aplicação do modelo proposto, está representada de forma reduzida por contar com 1.669 projetos. A tabela completa poderá ser encontrada nos anexos. Destaca-se que o número do projeto é equivalente ao código da unidade, uma vez que a relação entre ambos é de um para um e são tratados como sinônimos no decorrer do texto.

Além do experimento inicial foram elaborados mais cinco cenários. Os cenários seguintes decorrem de uma questão relativa à possível limitação de recursos para execução do resultado encontrado inicialmente e as alternativas propostas para apresentar soluções factíveis.

Para avaliação do modelo foram realizadas, em cada cenário, duas rodadas de seis experimentos, utilizando o método ELECTRE II e alterando o peso das variáveis Receita ou IDH, mantendo as demais com pesos iguais e constantes. Assim, o primeiro dos experimentos computacionais corresponde à solução inicial e utilizou a variável Receita, com peso de 50% mantendo os demais critérios com pesos iguais a 5,55%, e foi denominada Receita A1. A segunda experimento, denominada Receita A2, utilizou o peso de 60% para a variável Receita e de 4,44% para os demais critérios. O procedimento foi o mesmo quando a variável Receita foi substituída pelo IDH, sendo alterada a denominação para IDH A1, IDH A2 etc.

O Quadro 11 descreve os cenários analisados e o respectivo número de experimentos.

**Quadro 11** – Cenários de experimentos computacionais

Cenário	Descrição	Experimentos
A	Limitação de orçamento para investimento em R\$ 117 milhões	21
B	Limitação de orçamento para investimento em R\$ 90 milhões	12
C	Limitação de orçamento para investimento em R\$ 60 milhões	12
D	Limitação de orçamento para investimento em R\$ 117 milhões e número de projetos em 745	12
E	Limitação de orçamento para investimento em R\$ 90 milhões e número de projetos em 745	12
F	Limitação da capacidade de execução da equipe de engenharia da empresa	12

O Cenário A conta com 9 experimentos adicionais em razão da elaboração de comparações para avaliar a influência das demais variáveis nos resultados do modelo, que está apresentada na seção de Resultados. Esses experimentos adicionais foram denominados Rec\_IDH A1, Rec\_IDH A2 etc.

Uma vez obtida a ordenação pelo ELECTRE os modelos aplicados foram os seguintes:

$$Max \sum_{j=1}^n p_j x_j.$$

Onde:  $p_j$  = peso de cada projeto que foi determinado subtraindo 1670 da sua respectiva classificação pelo ELECTRE II

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{se o projeto } j \text{ for escolhido} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Sujeito a:

**Quadro 12** – Restrições dos cenários

Cenário	Restrição
A	$\sum_{j=1}^n \text{Custo}_j x_j \leq R\$ 117 \text{ mi}$
B	$\sum_{j=1}^n \text{Custo}_j x_j \leq R\$ 90 \text{ mi}$
C	$\sum_{j=1}^n \text{Custo}_j x_j \leq R\$ 60 \text{ mi}$



**Quadro 12** – Restrições dos cenários – continuação

Cenário	Restrição
D	$\sum_{j=1}^n \text{Custo}_j x_j \leq R\$ 117 \text{ mi e } \sum_{j=1}^n x_j \leq 745$
E	$\sum_{j=1}^n \text{Custo}_j x_j \leq R\$ 90 \text{ mi e } \sum_{j=1}^n x_j \leq 745$
F	$\sum_{j=1}^n \text{Custo}_j x_j \leq R\$ 117 \text{ mi}$ $\sum_{j=1}^n x_j \leq NEnAr * 2$ $\sum_{j=1}^n x_j \leq NTec * 4$ $\sum_{j=1}^n x_j \leq \text{Min}(NEnAr * 2; \frac{NTec * 4}{2})$ <p>Onde:  <i>NEnAr</i> = N<sup>o</sup> de engenheiros e arquitetos  <i>NTec</i> = N<sup>o</sup> de Técnicos</p>

## 5 RESULTADOS

No período analisado a empresa, fazendo valer a priorização estabelecida em suas normas internas e constante do Quadro 2, apresentou a seguinte proposta de investimento do orçamento dedicado às suas unidades de atendimento, chamada de solução original:

**Tabela 5** – Solução da empresa

	<b>Unidades atendidas</b>	<b>Custo (milhões)</b>	<b>Receita (milhões)</b>	<b>IDH Médio</b>
Solução da empresa	648	117,0	392,2	0,727

Os cenários apresentados a seguir serão, em sua maioria, comparados com essa solução.

### 5.1 Cenário A – Limitação de orçamento para investimento em R\$ 117 milhões

Os experimentos com a variável Receita apresentaram resultados próximos e superando a decisão original da empresa em relação à quantidade de unidades (projetos) atendidos, conforme demonstrado na Tabela 6.

**Tabela 6** - Quantidade de unidades atendidas – experimentos de Receita

<b>Experimento</b>	<b>Unidades experimento</b>	<b>Unidades original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita A1	1.431		783	120,8
Receita A2	1.437		789	121,8
Receita A3	1.438	648	790	121,9
Receita A4	1.435		787	121,5
Receita A5	1.432		784	121,0
Receita A6	1.436		788	121,6

Tal resultado demonstra que a utilização do algoritmo da mochila (AMPL) traz uma eficiência significativamente maior do que a adotada pela empresa, quanto ao

número de projetos selecionados. A Tabela 7 apresenta o número de projetos coincidentes entre os experimentos e aqueles selecionados pela solução original.

**Tabela 7** – Quantidade de projetos coincidentes – experimentos de Receita

<b>Experimento</b>	<b>Unidades coincidentes</b>	<b>% do total</b>
Receita A1	597	92,1
Receita A2	596	92,0
Receita A3	597	92,1
Receita A4	598	92,3
Receita A5	599	92,4
Receita A6	600	92,6

Verifica-se que, apesar do aumento no número de projetos atendidos – entre 120,8% e 121,9% –, há similaridade na quantidade de projetos coincidentes, que varia de 92,1% a 92,6%. Logo, infere-se que há um ganho pelo atendimento de um número maior de projetos com o mesmo limite de investimento, qual seja, R\$ 117,0 milhões. Ou seja, a maioria dos projetos selecionados com a metodologia atual da empresa analisada continuaria sendo atendida, com um alcance maior em relação aos projetos não coincidentes. Como exemplo, a utilização do experimento Receita A3 resultaria no não atendimento de 51 dos projetos originalmente selecionados. Em contrapartida, entrariam em seu lugar outros 790 projetos.

A Tabela 8 repete a comparação realizada na Tabela 6 agora considerando os valores de previsão de receita das unidades selecionadas pela AMPL em relação à seleção realizada pela empresa.

**Tabela 8** – Receita prevista – experimentos de Receita – valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita A1	417,5	392,2	25,2	6,4
Receita A2	418,2		25,9	6,6
Receita A3	418,6		26,4	6,7
Receita A4	418,8		26,5	6,8
Receita A5	419,2		27,0	6,9
Receita A6	419,4		27,2	6,9

O resultado dos experimentos computacionais permite inferir que o aumento no número de projetos selecionados demonstrado anteriormente não afetou negativamente a receita prevista. Pelo contrário, os experimentos apresentaram variação positiva entre R\$ 25,2 milhões e R\$ 27,2 milhões, o que representa um acréscimo nas receitas entre 6,4% e 6,9%.

A Tabela 9 apresenta o IDH médio das unidades selecionadas em cada experimento. Pode-se observar uma queda em relação à seleção original, provavelmente decorrente do significativo aumento de projetos selecionados, uma vez que mais de 92% deles coincidem com a seleção da empresa.

**Tabela 9 – IDH Médio – experimentos de Receita**

<b>Experimento</b>	<b>IDH Médio experimento</b>	<b>IDH Médio original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita A1	0,681		-0,046	-6,4
Receita A2	0,680		-0,047	-6,5
Receita A3	0,680	0,727	-0,047	-6,4
Receita A4	0,680		-0,047	-6,4
Receita A5	0,681		-0,046	-6,4
Receita A6	0,680		-0,047	-6,5

Este resultado, positivo tanto em relação ao número de projetos quanto à receita, e decrescente em relação ao IDH médio, deve-se ao fato de que o algoritmo da AMPL (solução ótima do problema da mochila) busca a otimização do espaço, neste caso, o limite orçamentário, em função da receita. Desta forma, pode-se dizer que o resultado é lógico e seria, de certa forma previsível.

Destaca-se o fato de que todos os experimentos trariam resultados melhores do que a decisão da empresa. O aumento de projetos atendidos seria de pelo menos 783 (120,8% - experimento Receita A1), o aumento de receita prevista para as unidades atendidas seria de pelo menos R\$ 25,2 milhões (6,4%, experimento Receita A1) e o número mínimo de projetos coincidentes com a decisão atual seria de 596 (92,0%, experimento Receita A2). Este último indicador pode ser utilizado no convencimento

de que uma mudança do critério atual de seleção de projetos para o ora apresentado não significa deixar de lado a maioria dos projetos atualmente selecionados.

No caso dos experimentos com a variável IDH constatou-se uma variação semelhante na quantidade de projetos atendidos, porém com menor receita e menor número de unidades coincidentes do que os valores obtidos com os experimentos da variável Receita. Este é um indicativo de que a aplicação destes experimentos pode atender ao objetivo de propor uma divisão de orçamento mais voltada ao aspecto social exigido pela atuação da empresa. As Tabelas 10, 11, 12 e 13 trazem os resultados obtidos pelos experimentos.

**Tabela 10** – Quantidade de unidades atendidas – experimentos de IDH

<b>Experimento</b>	<b>Unidades experimento</b>	<b>Unidades original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
IDH A1	1.441		793	122,4
IDH A2	1.435		787	121,5
IDH A3	1.437	648	789	121,8
IDH A4	1.443		795	122,7
IDH A5	1.440		792	122,2
IDH A6	1.455		807	124,5

Os experimentos de IDH apresentam aumento na quantidade de unidades atendidas que varia de 121,5% a 124,5%, o que representa uma evolução próxima das obtidas pelos experimentos de Receita. Considerando que o número total de unidades que apresentaram projetos foi de 1.669, a aplicação do experimento IDH A6 atenderia 87,2% das unidades, enquanto a metodologia adotada pela empresa atendeu 38,8% de suas unidades.

A Tabela 11 apresenta o número de projetos coincidentes entre os priorizados pelos experimentos feitos e aqueles selecionados pela metodologia atual. Verifica-se que o nível de coincidência de projetos é inferior ao utilizarmos a variável IDH em relação à variável Receita. Este resultado passou a ser esperado quando foi observado o aumento do número de unidades atendidas, implicando a saída de projetos de maior custo para o ingresso de mais projetos de menor custo. O índice de coincidência de projetos com a metodologia em uso pela empresa variou de 86,0% a 87,8%.

**Tabela 11** – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de IDH

<b>Experimento</b>	<b>Unidades coincidentes</b>	<b>% do total</b>
IDH A1	569	87,8
IDH A2	568	87,7
IDH A3	567	87,5
IDH A4	567	87,5
IDH A5	564	87,0
IDH A6	557	86,0

Deve-se ressaltar, ainda, que a Receita estimada variou entre R\$ 395,0 milhões e R\$ 403,8 milhões nos experimentos de IDH (Tabela 12). Comparando-se com o efetivamente realizado pela empresa (R\$ 392,2 milhões), os experimentos da Receita das unidades selecionadas alcançariam resultados variando entre 100,7% e 102,9% do planejado.

**Tabela 12** – Receita prevista – experimentos de IDH – valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
IDH A1	403,8	392,2	11,5	2,9
IDH A2	402,5		10,3	2,6
IDH A3	402,3		10,1	2,6
IDH A4	402,5		10,2	2,6
IDH A5	403,2		10,9	2,8
IDH A6	395,0		2,8	0,7

Os resultados apresentados na Tabela 13, relativos ao IDH médio dos experimentos realizadas, embora ainda menores do que os apresentados quando a variável foi a Receita, também eram esperados, pois a proposta da variável IDH é selecionar unidades de municípios mais carentes.

**Tabela 13 - IDH Médio – experimentos de IDH**

Experimento	IDH Médio experimento	IDH Médio original	Diferença	Ganho/perda (%)
IDH A1	0,674	0,727	-0,053	-7,3
IDH A2	0,673		-0,054	-7,4
IDH A3	0,673		-0,054	-7,4
IDH A4	0,673		-0,054	-7,4
IDH A5	0,673		-0,054	-7,4
IDH D6	0,674		-0,053	-7,3

Para representar as matrizes de decisão do Cenário A foram selecionadas aquelas que contam com a maior receita (Receita A6) e com o menor IDH médio (IDH A5) apresentadas nas Tabelas 14 e 15, de forma reduzida, com os mesmos projetos.

**Tabela 14 - Matriz de decisão experimento Receita A6**

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade	Cenário A Receita
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129	1
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141	2
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282	3
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167	771
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333	772
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889	773
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333	Não Selecionado
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286	Não Selecionado
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348	Não Selecionado

**Tabela 15 - Matriz de decisão experimento IDH A5**

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade	Cenário A IDH
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129	21
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141	142
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282	287
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167	1016
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333	1416
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889	1405
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333	211
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286	Não Selecionado
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348	Não Selecionado

O resultado das duas abordagens de priorização de projetos utilizadas (Receita e IDH) demonstraram pouca variação na quantidade de projetos atendidos. A receita e o número de unidades coincidentes obtidas nas alternativas da variável IDH foram significativamente menores, o que aponta para o atendimento do objetivo de priorizar

projetos levando em consideração diferentes aspectos, entre os quais indicadores para ações sociais, melhorias nas receitas e aumento da cobertura de atendimento.

Em razão das quantidades de projetos semelhantes obtidas nos dois experimentos (Receita e IDH), optou-se por realizar uma validação adicional dessa afirmação pela comparação das unidades selecionadas em cada abordagem. O critério utilizado foi o de confrontar os resultados dos experimentos que obtiveram o maior e o menor número de unidades coincidentes com a seleção realizada pela empresa. Assim foram comparados os experimentos Receita A2 e IDH A6 (menor número de coincidentes) e Receita A6 e IDH A1 (maior número de coincidentes). As Tabelas 14 e 15 demonstram os resultados obtidos.

Comparando os experimentos Receita A2 e IDH A6 verificou-se a existência de 1.324 projetos coincidentes. Entretanto, são aqueles projetos ausentes em cada experimento que demonstram a diferença das abordagens. A Tabela 16 demonstra que, embora com custos muito próximos, os resultados de receita e de IDH Médio das unidades não coincidentes são significativamente diferentes, demonstrando o viés social da escolha pelo IDH e o viés de negócios da escolha pela receita.

**Tabela 16** – Unidades com menor número de projetos coincidentes – experimentos de Receita e IDH – custos e receitas em R\$ milhões

Experimento	Custo			Receita			IDH Médio	
	Total	NC	% NC	Total	NC	% NC	Geral	NC
Receita A2	117,0	18,4	15,7	418,2	27,2	6,5	0,680	0,714
IDH A6	117,0	18,4	15,7	395,0	8,7	2,2	0,674	0,644

Nota: NC – Não coincidentes, %NC – Percentual de não coincidentes.

Ao repetir o procedimento descrito anteriormente com os experimentos Receita A6 e IDH A1 foram encontrados 1.310 projetos coincidentes. De acordo com os dados apresentados na Tabela 17, verificam-se diferenças significativas entre a receita e o IDH Médio de cada abordagem, atestando a possibilidade de obtenção de resultados diferentes através da escolha dos pesos a serem alocados em cada uma dessas variáveis.



**Tabela 17** – Unidades com maior número de projetos coincidentes – experimentos de Receita e IDH – custos e receitas em R\$ milhões

Experimento	Custo			Receita			IDH Médio	
	Total	NC	% NC	Total	NC	% NC	Geral	NC
Receita A6	117,0	17,3	14,8	419,4	22,2	5,3	0,680	0,710
IDH A1	117,0	17,3	14,8	403,8	6,5	1,6	0,674	0,641

Nota: NC – Não coincidentes, %NC – Percentual de não coincidentes.

Por outro lado, a escolha pelas variáveis receita e IDH para teste do modelo apresentado pode deixar dúvida quanto à influência das demais nos resultados do modelo. Para testar esta hipótese foram simulados os resultados considerando os atributos utilizados nos experimentos de IDH, peso zero para as demais variáveis e alterando os pesos de receita e IDH entre 10% e 90% respectivamente. As Tabelas 18, 19 e 20 apresentam os resultados dessa avaliação.

Observa-se que há significativa variação na quantidade de unidades atendidas com a escolha de seus projetos em relação à seleção original (de 783 a 794). A Receita estimada variou entre R\$ 409,3 milhões e R\$ 419,4 milhões nos experimentos (equivalentes a 4,4% a 6,9% a mais que a seleção original da empresa). O resultado de diferença a maior na quantidade de unidades está próximo dos obtidos nos experimentos anteriores, chegando a 794 nos experimentos Rec\_IDH A8 e A9. Por outro lado, a receita obteve resultados melhores do que aquele obtido em todos os experimentos com a variável IDH, onde o máximo foi de R\$403,8 milhões, considerando o viés social avaliado pelo modelo.

**Tabela 18** – Quantidade de unidades atendidas – experimentos de Receita e IDH

Experimento	Peso Receita	Peso IDH	Unidades experimento	Unidades original	Diferença	Ganho/perda (%)
Rec_IDH A1	90,0%	10,0%	1.432		784	121,0
Rec_IDH A2	80,0%	20,0%	1.431		783	120,8
Rec_IDH A3	70,0%	30,0%	1.434		786	121,3
Rec_IDH A4	60,0%	40,0%	1.441		793	122,4
Rec_IDH A5	50,0%	50,0%	1.433	648	785	121,1
Rec_IDH A6	40,0%	60,0%	1.434		786	121,3
Rec_IDH A7	30,0%	70,0%	1.439		791	122,1
Rec_IDH A8	20,0%	80,0%	1.442		794	122,5
Rec_IDH A9	10,0%	90,0%	1.442		794	122,5

**Tabela 19** – Receita das unidades (em R\$ milhões) – experimentos de Receita e IDH

<b>Experimento</b>	<b>Peso Receita</b>	<b>Peso IDH</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/ perda (%)</b>
Rec_IDH A1	90,0%	10,0%	419,4		27,2	6,9
Rec_IDH A2	80,0%	20,0%	415,8		23,5	6,0
Rec_IDH A3	70,0%	30,0%	418,1		25,8	6,6
Rec_IDH A4	60,0%	40,0%	415,4		23,2	5,9
Rec_IDH A5	50,0%	50,0%	414,2	392,2	22,0	5,6
Rec_IDH A6	40,0%	60,0%	413,0		20,7	5,3
Rec_IDH A7	30,0%	70,0%	411,6		19,4	4,9
Rec_IDH A8	20,0%	80,0%	410,5		18,3	4,7
Rec_IDH A9	10,0%	90,0%	409,3		17,1	4,4

**Tabela 20** – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita e IDH

<b>Experimento</b>	<b>Unidades coincidentes</b>	<b>% do total</b>
Rec_IDH A1	600	92,6
Rec_IDH A2	599	92,4
Rec_IDH A3	600	92,6
Rec_IDH A4	598	92,3
Rec_IDH A5	597	92,1
Rec_IDH A6	594	91,7
Rec_IDH A7	593	91,5
Rec_IDH A8	591	91,2
Rec_IDH A9	585	90,3

Os números de unidades coincidentes também estão próximos aos números apresentados na Tabela 7, obtidos nos experimentos com a variável Receita. Essas informações demonstram a importância da inclusão das demais variáveis selecionadas e sua influência nos resultados obtidos.

Os resultados obtidos através da metodologia ELECTRE II para classificação dos projetos e da solução ótima do problema da mochila para sua seleção representam mais do que o dobro dos projetos selecionados originalmente pela empresa - entre 120,8% e 122,5%. Partindo-se da hipótese de que os 794 projetos a mais efetivamente selecionados no caso em tela sejam representativos da média - e, por conseguinte, da capacidade - de planejamento e execução da empresa, uma nova questão se impõe: A organização possui recursos humanos suficientes para a execução dos projetos selecionados com a metodologia proposta? Os recursos materiais não são relevantes para a esta decisão, pois devem constar no orçamento de cada projeto. Para responder tal pergunta seriam necessárias informações que não foram disponibilizadas pela empresa para realização desta pesquisa, como a produtividade das equipes de

engenharia próprias e contratadas e suas respectivas capacidades de execução, apenas para citar dois exemplos.

Para viabilizar uma comparação entre os experimentos que reproduzisse, em alguma medida, as limitações enfrentadas empiricamente, optou-se por rodar novos experimentos com redução do orçamento disponível. Desta forma, pode-se demonstrar o quanto a empresa economizaria, pela redução do investimento necessário na execução dos projetos, mantendo sua quantidade próxima ao inicialmente planejado pela empresa e, portanto, factível.

Destaca-se que somente foi possível chegar ao novo questionamento após a compreensão dos dados recebidos e dos experimentos realizados, demonstrando que a utilização da metodologia proposta apresenta, como subproduto, uma compreensão aprofundada dos cenários e possibilidades de planejamento e execução de projetos pela empresa.

Considerando que os experimentos realizados, tanto com a variável Receita como com a variável IDH apresentaram acréscimo na quantidade de projetos superior a 120% quando comparados ao número apresentado pela seleção original, optou-se por realizar novas avaliações com orçamentos de R\$ 90 milhões (Cenário B) e de R\$ 60 milhões (Cenário C), ou seja, com a inclusão de uma limitação de investimentos, que pode também ser interpretada como uma economia para a empresa.

## **5.2 Cenário B – Limitação de orçamento para investimento em R\$ 90 milhões**

A Tabela 21 apresenta a quantidade de projetos selecionados com os experimentos da variável Receita, para um orçamento de R\$ 90 milhões, ou seja, com uma economia de R\$ 27 milhões em relação ao orçamento original.

Embora com uma redução já significativa de orçamento, pode ser observado que a quantidade de unidades/projetos selecionados continua sendo um número expressivo, superando em mais de 100% a quantidade selecionada na proposta da empresa, em todos os experimentos realizados.

**Tabela 21** – Quantidade de unidades atendidas – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões

<b>Experimento</b>	<b>Unidades experimento</b>	<b>Unidades original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita B1	1.308		660	101,9
Receita B2	1.312		664	102,5
Receita B3	1.312	648	664	102,5
Receita B4	1.315		667	102,9
Receita B5	1.315		667	102,9
Receita B6	1.312		664	102,5

Apesar de haver uma redução na quantidade de unidades/projetos coincidentes com a solução original, quando comparado ao Cenário A, ainda continua sendo um número expressivo, pois mais de 86% dos projetos selecionados fazem parte da proposta da empresa, como pode ser observado na Tabela 22.

**Tabela 22** - Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões

<b>Experimento</b>	<b>Unidades coincidentes</b>	<b>% do total</b>
Receita B1	560	86,4
Receita B2	560	86,4
Receita B3	561	86,6
Receita B4	559	86,3
Receita B5	559	86,3
Receita B6	560	86,4

Verifica-se ainda que, além da manutenção do número de projetos em patamar muito acima do normalmente planejado pela empresa, a receita das respectivas unidades sofre variação pequena, de R\$ 5,2 milhões a R\$ 6,9 milhões, o que representa uma queda de menos de 2%, conforme destaca a Tabela 23.

**Tabela 23** – Receita prevista – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões– valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita B1	385,4		-6,9	-1,8
Receita B2	386,1		-6,1	-1,6
Receita B3	386,2	392,2	-6,1	-1,5
Receita B4	386,2		-6,1	-1,5
Receita B5	386,3		-5,9	-1,5
Receita B6	387,1		-5,2	-1,3

O IDH médio apresenta uma queda, quando comparada com a solução original, superior a 6,1% em todos os experimentos representados na Tabela 24.

**Tabela 24** - IDH Médio – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões

<b>Experimento</b>	<b>IDH Médio experimento</b>	<b>IDH Médio original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita B1	0,682		-0,045	-6,1
Receita B2	0,683		-0,044	-6,1
Receita B3	0,682	0,727	-0,045	-6,1
Receita B4	0,682		-0,045	-6,1
Receita B5	0,682		-0,045	-6,2
Receita B6	0,682		-0,045	-6,2

Quando é utilizada a variável IDH as quantidades de projetos selecionados também são significativamente maiores que a originalmente definida pela empresa (entre 1.305 e 1.324). A Tabela 25 apresenta esse resultado.

Ao analisarmos a Tabela 26, que apresenta a quantidade de unidades coincidentes, verifica-se uma queda acentuada quando comparada ao resultado da solução original. Nenhum dos experimentos chegou a atingir 80% de unidades coincidentes. Esse resultado também já era esperado pois espera-se um distanciamento da quantidade de unidades coincidentes na medida em que são inseridas unidades de municípios com menor IDH.

**Tabela 25** - Quantidade de unidades atendidas – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões

<b>Experimento</b>	<b>Unidades experimento</b>	<b>Unidades original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
IDH B1	1.305		657	101,4
IDH B2	1.305		657	101,4
IDH B3	1.306	648	658	101,5
IDH B4	1.308		660	101,9
IDH B5	1.306		658	101,5
IDH B6	1.324		676	104,3

**Tabela 26** - Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões

<b>Experimento</b>	<b>Unidades coincidentes</b>	<b>% do total</b>
IDH B1	511	78,9
IDH B2	510	78,7
IDH B3	510	78,7
IDH B4	511	78,9
IDH B5	513	79,2
IDH B6	501	77,3

A receita das unidades é ainda menor, chegando a atingir R\$ 358 milhões no experimento IDH B6, conforme apresenta a Tabela 27.

**Tabela 27** - Receita prevista – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões – valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
IDH B1	368,1		-24,2	-6,2
IDH B2	367,5		-24,8	-6,3
IDH B3	367,8	392,2	-24,5	-6,2
IDH B4	368,1		-24,1	-6,1
IDH B5	368,0		-24,2	-6,2
IDH B6	358,5		-33,7	-8,6

Na Tabela 28 observa-se que o IDH médio apresenta valores significativamente menores do que aqueles definidos pela solução original, demonstrando que a mudança de variável e de seus pesos apresenta resultados que podem atender alterações ocorridas no planejamento da empresa em razão do ambiente e de novos objetivos organizacionais.

**Tabela 28** – IDH Médio – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões – valores em R\$ milhões

Experimento	IDH Médio experimento	IDH Médio original	Diferença	Ganho/perda (%)
IDH B1	0,673		-0,054	-7,5
IDH B2	0,672		-0,055	-7,5
IDH B3	0,672	0,727	-0,055	-7,6
IDH B4	0,671		-0,055	-7,6
IDH B5	0,672		-0,055	-7,6
IDH B6	0,674		-0,053	-7,3

Também para o Cenário B foram escolhidas, para representar as matrizes de decisão, os experimentos que contam com a maior receita (Receita B6) e com o menor IDH médio (IDH B4) apresentadas nas Tabelas 29 e 30, de forma reduzida.

**Tabela 29** - Matriz de decisão experimento Receita B6

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade	Cenário B Receita
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129	Não Selecionado
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141	1
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282	2
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167	724
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333	725
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889	726
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333	Não Selecionado
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286	Não Selecionado
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348	Não Selecionado

**Tabela 30 - Matriz de decisão experimento IDH B4**

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade	Cenário B IDH
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129	Não Selecionado
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141	167
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282	300
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167	882
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333	Não Selecionado
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889	1290
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333	195
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286	Não Selecionado
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348	Não Selecionado

Uma vez que o Cenário B, com uma redução do orçamento para R\$ 90 milhões, apresentou apenas uma pequena perda na Receita das unidades (entre 1,3% e 1,8% para a variável Receita) mas manteve ainda uma quantidade alta de projetos selecionados (mais do que 1.305 unidades para ambas as variáveis) optou-se pela avaliação de um novo cenário com uma redução ainda maior de orçamento, limitando-o a R\$ 60 milhões. Esse cenário busca a redução do número de projetos associada à economia na sua execução.

### 5.3 Cenário C – Limitação de orçamento para investimento em R\$ 60 milhões

A Tabela 31 apresenta a quantidade de unidades selecionadas com os experimentos da variável Receita para um cenário com o orçamento limitado a R\$ 60 milhões.

Apesar de uma redução significativa quando comparada aos cenários A e B, que possuem no mínimo 1.435 e 1.305 unidades selecionadas, respectivamente, os números apresentados na Tabela 31 ainda são superiores a 71% em relação à solução adotada pela empresa, em todos os experimentos.

O número de unidades coincidentes com a solução original atinge o máximo de 499, o que representa 77% do total, conforme observa-se na Tabela 32.



**Tabela 31** - Quantidade de unidades atendidas – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 60 milhões

<b>Experimento</b>	<b>Unidades experimento</b>	<b>Unidades original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita C1	1.117		469	72,4
Receita C2	1.113		465	71,8
Receita C3	1.113	648	465	71,8
Receita C4	1.115		467	72,1
Receita C5	1.110		462	71,3
Receita C6	1.115		467	72,1

**Tabela 32** - Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 60 milhões

<b>Experimento</b>	<b>Unidades coincidentes</b>	<b>% do total</b>
Receita C1	497	76,7
Receita C2	498	76,9
Receita C3	498	76,9
Receita C4	498	76,9
Receita C5	499	77,0
Receita C6	498	76,9

Por outro lado, mesmo contando com um acréscimo na quantidade de unidades selecionadas em relação à solução original, a receita das mesmas sofre uma queda significativa, superior a 14% em todos os experimentos, como apresenta a Tabela 33. Deve-se considerar que os custos foram reduzidos em R\$ 67,0 milhões, ou seja, o resultado líquido ainda é favorável para a empresa.

**Tabela 33** - Receita prevista – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 60 milhões – valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita C1	334,7		-57,5	-14,7
Receita C2	335,5		-56,7	-14,5
Receita C3	335,9	392,2	-56,4	-14,4
Receita C4	336,3		-56,0	-14,3
Receita C5	336,4		-55,9	-14,2
Receita C6	336,6		-55,7	-14,2

A Tabela 34 permite visualizar a queda nos números de IDH médio em todos os experimentos de Receita em valores que são praticamente iguais.

**Tabela 34** – IDH Médio – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 60 milhões– valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>IDH Médio experimento</b>	<b>IDH Médio original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita C1	0,686		-0,041	-5,7
Receita C2	0,685		-0,042	-5,8
Receita C3	0,685	0,727	-0,042	-5,8
Receita C4	0,685		-0,042	-5,8
Receita C5	0,686		-0,041	-5,7
Receita C6	0,686		-0,041	-5,7

Quando é utilizada a variável IDH as quantidades de projetos selecionados também são significativamente maiores que a originalmente definida pela empresa (entre 1,118 e 1,128), que representam um acréscimo nunca inferior a 72%, mesmo com uma redução de orçamento próxima de 50% daquele definido inicialmente. A Tabela 35 apresenta os resultados desses experimentos.

**Tabela 35** - Quantidade de unidades atendidas – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 60 milhões

<b>Experimento</b>	<b>Unidades experimento</b>	<b>Unidades original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
IDH C1	1.124		476	73,5
IDH C2	1.122		474	73,1
IDH C3	1.118	648	470	72,5
IDH C4	1.122		474	73,1
IDH C5	1.125		477	73,6
IDH C6	1.128		480	74,1

O número de unidades coincidentes com a solução original fica abaixo de 68% em todos os experimentos realizados com a variável IDH para um orçamento de R\$ 60 milhões. A Tabela 36 apresenta essas informações.

**Tabela 36** - Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 60 milhões

<b>Experimento</b>	<b>Unidades coincidentes</b>	<b>% do total</b>
IDH C1	440	67,9
IDH C2	438	67,6
IDH C3	435	67,1
IDH C4	434	67,0
IDH C5	432	66,7
IDH C6	417	64,4

Já a receita das unidades é ainda menor, chegando a atingir R\$ 296,5 milhões, o que representa uma queda de 24,4%, conforme apresenta a Tabela 37. A Tabela 38 mostra que o IDH médio das unidades selecionadas apresenta uma queda superior a 7,5% em todos os experimentos realizados, quando comparado à solução da empresa.

**Tabela 37** - Receita prevista – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 60 milhões– valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
IDH C1	312,2	392,2	-80,0	-20,4
IDH C2	311,1		-81,2	-20,7
IDH C3	310,0		-82,3	-21,0
IDH C4	309,6		-82,7	-21,1
IDH C5	311,2		-81,0	-20,7
IDH C6	296,5		-95,8	-24,4

**Tabela 38** – IDH Médio – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 60 milhões– valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>IDH Médio experimento</b>	<b>IDH Médio original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
IDH C1	0,672	0,727	-0,055	-7,5
IDH C2	0,671		-0,056	-7,6
IDH C3	0,671		-0,056	-7,8
IDH C4	0,670		-0,057	-7,8
IDH C5	0,671		-0,056	-7,8
IDH C6	0,672		-0,055	-7,6

Para o Cenário C foram selecionados, para representar as matrizes de decisão, os experimentos que contam com a maior receita (Receita C6) e com o menor IDH médio (IDH C4) apresentados nas Tabelas 39 e 40, de forma reduzida.

**Tabela 39 - Matriz de decisão experimento Receita C6**

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade	Cenário C Receita
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129	Não Selecionado
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141	1
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282	2
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167	650
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333	651
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889	652
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333	Não Selecionado
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286	Não Selecionado
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348	Não Selecionado

**Tabela 40 - Matriz de decisão experimento IDH C4**

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade	Cenário C IDH
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129	Não Selecionado
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141	144
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282	258
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167	Não Selecionado
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333	Não Selecionado
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889	1114
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333	170
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286	Não Selecionado
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348	Não Selecionado

Considerando-se que o número de projetos definido nos experimentos com restrição de investimento continua mais do 70% acima do total de projetos selecionados originalmente pela empresa, optou-se por acrescentar uma restrição de quantidade de projetos ao modelo. Considerou-se hipoteticamente viável a execução de até 15% de projetos a mais do que o número definido originalmente, o que resultou em um máximo de 745 projetos. Com isso, foram gerados o Cenário D - com limitação de orçamento para investimento em R\$ 117 milhões e número de projetos em 745 - e o Cenário E - com limitação de orçamento para investimento em R\$ 90 milhões e número de projetos em 745. O objetivo deste último é continuar testando os efeitos da limitação orçamentária, agora em conjunto com a limitação do número de projetos a serem executados.

#### 5.4 Cenário D – Limitação de orçamento para investimento em R\$ 117 milhões e número de projetos em 745

Com o limitador de 745 projetos foram realizados os experimentos para as variáveis Receita e IDH com o orçamento original de R\$ 117 milhões.

As Tabelas 41, 42 e 43 apresentam os resultados para as variações de Receita, lembrando que o número de projetos selecionados é fixo.

Os resultados obtidos apresentam um crescimento da receita das unidades selecionadas equivalente a 2,7% no experimento Receita D6, equivalente a R\$ 402,7 milhões, com a manutenção de praticamente todos os projetos escolhidos pela empresa (98,5% deles são coincidentes).

**Tabela 41** – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de 745 projetos

<b>Experimento</b>	<b>Unidades coincidentes</b>	<b>% do total</b>
Receita D1	624	96,3
Receita D2	632	97,5
Receita D3	639	98,6
Receita D4	638	98,5
Receita D5	638	98,5
Receita D6	638	98,5

**Tabela 42** – Receita prevista – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita D1	401,0		8,7	2,2
Receita D2	401,8		9,6	2,4
Receita D3	402,1	392,2	9,8	2,5
Receita D4	402,6		10,3	2,6
Receita D5	402,7		10,5	2,7
Receita D6	402,7		10,5	2,7

**Tabela 43** – IDH médio – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>IDH Médio experimento</b>	<b>IDH Médio original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita D1	0,716		-0,011	-1,5
Receita D2	0,716		-0,011	-1,5
Receita D3	0,716		-0,011	-1,5
Receita D4	0,717	0,727	-0,010	-1,4
Receita D5	0,717		-0,010	-1,4
Receita D6	0,717		-0,010	-1,4

Ou seja, verificou-se que os experimentos com a variável Receita apresentaram resultados próximos e alinhados com a decisão original da empresa em relação à receita das unidades atendidas, mesmo com a limitação do número de projetos.

As Tabelas 44, 45 e 46 apresentam os resultados para as variações de IDH.

**Tabela 44** – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de 745 projetos

<b>Experimento</b>	<b>Unidades coincidentes</b>	<b>% do total</b>
IDH D1	429	66,2
IDH D2	427	65,9
IDH D3	423	65,3
IDH D4	420	64,8
IDH D5	417	64,4
IDH D6	402	62,0

**Tabela 45** – Receita prevista – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
IDH D1	340,8		-51,4	-13,1
IDH D2	341,2		-51,0	-13,0
IDH D3	335,6		-56,6	-14,4
IDH D4	335,2	392,2	-57,0	-14,5
IDH D5	334,4		-57,9	-14,8
IDH D6	299,4		-92,9	-23,7

**Tabela 46** – IDH médio – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões

Experimento	IDH Médio experimento	IDH Médio original	Diferença	Ganho/perda (%)
IDH D1	0,677		-0,049	-6,8
IDH D2	0,676		-0,051	-7,0
IDH D3	0,676	0,727	-0,051	-7,0
IDH D4	0,675		-0,052	-7,1
IDH D5	0,674		-0,053	-7,2
IDH D6	0,680		-0,047	-6,4

Os resultados para os experimentos com a variável IDH apresentam receitas de 13,0% a 23,7% menores do que o planejamento original, com quedas de R\$ 51,0 milhões a R\$ 92,9 milhões. A quantidade de unidades coincidentes reduziu para o intervalo de 402 a 429, o que representa um percentual de projetos coincidentes entre 62,0% e 66,2%.

Esses números já eram esperados pois o modelo com as variações de peso da variável IDH busca atender justamente as localidades com menor IDH, o que é comprovado pelos números apresentados na Tabela 46.

No Cenário D os experimentos escolhidos para representar as matrizes de decisão, que contam com a maior receita (Receita D6) e com o menor IDH médio (IDH D5), constam das Tabelas 47 e 48, de forma reduzida.

**Tabela 47** - Matriz de decisão experimento Receita D6

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade	Cenário D IDH
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129	43
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141	190
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282	341
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167	Não Selecionado
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333	Não Selecionado
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889	Não Selecionado
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333	219
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286	Não Selecionado
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348	Não Selecionado

**Tabela 48 - Matriz de decisão experimento IDH D5**

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade	Cenário D Receita
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129	1
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141	2
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282	3
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167	Não Selecionado
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333	Não Selecionado
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889	Não Selecionado
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333	Não Selecionado
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286	Não Selecionado
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348	Não Selecionado

A partir desses resultados levantou-se a hipótese de obter economia nos valores de investimento reduzindo-o para R\$ 90 milhões e mantendo a quantidade de projetos selecionados.

### 5.5 Cenário E – Limitação de orçamento para investimento em R\$ 90 milhões e número de projetos em 745

Foram realizados experimentos para um orçamento de R\$ 90 milhões e a seleção de 745 projetos. Os resultados para as variações de receita constam das Tabelas 49, 50 e 51.

**Tabela 49 – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões com limite de 745 projetos**

Experimento	Unidades coincidentes	% do total
Receita E1	604	93,2
Receita E2	611	94,3
Receita E3	611	94,3
Receita E4	612	94,4
Receita E5	612	94,4
Receita E6	611	94,3



**Tabela 50** – Receita prevista – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita E1	383,5		-8,7	-2,2
Receita E2	384,5		-7,7	-2,0
Receita E3	385,0	392,2	-7,2	-1,8
Receita E4	385,3		-7,0	-1,8
Receita E5	385,4		-6,9	-1,8
Receita E6	385,4		-6,8	-1,7

**Tabela 51** – IDH médio – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 90 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>IDH Médio experimento</b>	<b>IDH Médio original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita E1	0,714		-0,013	-1,7
Receita E2	0,715		-0,012	-1,7
Receita E3	0,715	0,727	-0,012	-1,7
Receita E4	0,715		-0,012	-1,6
Receita E5	0,716		-0,011	-1,6
Receita E6	0,716		-0,011	-1,6

Partindo de uma restrição de investimento de 23,1% em relação ao previsto pela proposta original da empresa houve redução de receita entre 1,7% e 2,2%. Em relação às unidades atendidas, no mínimo 93,2% são coincidentes com o planejamento original. Ou seja, a empresa poderia realizar 15% a mais de projetos com economia de custos em relação ao orçamento inicial. Este resultado demonstra que o modelo proposto, além de continuar alinhado aos níveis normais de planejamento de projetos da empresa, permite, caso seja esta a direção desejada pelos gestores, a geração de uma economia de orçamento no valor de R\$ 27 milhões, maior do que a perda de receita apontada nos experimentos da Tabela 50, que atingiu o máximo de R\$ 8,7 milhões no experimento E1.

As Tabelas 52, 53 e 54 apresentam os resultados para as variações de IDH, com orçamento de R\$ 90 milhões e a seleção de 745 projetos.

**Tabela 52** – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões com limite de 745 projetos

<b>Experimento</b>	<b>Unidades coincidentes</b>	<b>% do total</b>
IDH E1	414	63,9
IDH E2	408	63,0
IDH E3	407	62,8
IDH E4	409	63,1
IDH E5	408	63,0
IDH E6	393	60,6

**Tabela 53** – Receita prevista – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
IDH E1	318,2	392,2	-74,0	-18,9
IDH E2	314,8		-77,5	-19,8
IDH E3	313,2		-79,1	-20,2
IDH E4	315,1		-77,2	-19,7
IDH E5	313,7		-78,5	-20,0
IDH E6	282,8		-109,5	-27,9

**Tabela 54** – IDH médio – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 90 milhões com limite de 745 projetos– valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>IDH Médio experimento</b>	<b>IDH Médio original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
IDH E1	0,675	0,727	-0,052	-7,1
IDH E2	0,674		-0,053	-7,3
IDH E3	0,673		-0,054	-7,5
IDH E4	0,674		-0,053	-7,3
IDH E5	0,674		-0,053	-7,3
IDH E6	0,679		-0,048	-6,5

Os resultados para os experimentos com a variável IDH apresentam receitas significativamente menores – entre 18,9% e 27,9%, o que representa quedas de receita entre R\$ 74,0 milhões e R\$ 109,5 milhões. A quantidade de unidades coincidentes reduz

em relação aos experimentos anteriores, variando entre 393 e 414, o que significa um nível de coincidência de 60,6% a 63,9%.

Da mesma forma, esses números já eram esperados pois o modelo busca, com as variações de peso do IDH, atender as localidades com menor IDH, o que é comprovado pelos números apresentados na Tabela 39, cujos valores médios de IDH são menores do que aqueles apresentados para um orçamento de R\$ 117,0 milhões.

A representação das matrizes de decisão do Cenário E é apresentada, de forma reduzida com os mesmos projetos, através das Tabelas 55 e 56, cujos experimentos foram selecionados pela maior receita (Receita E6) e pelo menor IDH médio (IDH E3).

**Tabela 55 - Matriz de decisão experimento Receita E6**

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade	Cenário E Receita
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129	1
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141	2
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282	3
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167	Não Selecionado
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333	Não Selecionado
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889	Não Selecionado
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333	Não Selecionado
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286	Não Selecionado
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348	Não Selecionado

**Tabela 56 - Matriz de decisão experimento IDH E3**

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade	Cenário E IDH
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129	64
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141	201
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282	349
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167	Não Selecionado
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333	Não Selecionado
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889	Não Selecionado
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333	252
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286	Não Selecionado
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348	Não Selecionado

## 5.6 Cenário F – Limitação da capacidade de execução da equipe de engenharia da empresa

As soluções apresentadas anteriormente, conforme já comentado, foram elaboradas em razão de não haver informações como a produtividade das equipes de engenharia próprias e contratadas e suas respectivas capacidades de execução. Porém, para evitar que o modelo não fosse testado com essa restrição, foram estabelecidas algumas premissas, que geraram o Cenário F, mantendo-se a restrição orçamentária original de R\$ 117 milhões: (a) cada profissional de engenharia e arquitetura pode trabalhar com o máximo de dois projetos por ano; (b) cada profissional técnico vinculado à operação pode trabalhar com o máximo de quatro projetos por ano; (c) cada equipe de projeto deve contar com no mínimo um profissional de nível superior (engenheiro ou arquiteto) e dois profissionais de nível técnico; (d) a tecnologia existente permite que profissionais alocados em diferentes regiões do território nacional possam fazer parte da mesma equipe. As premissas (a) e (b) foram obtidas a partir da divisão do número de projetos da seleção original da empresa, pelas informações constantes do Quadro 1, obtendo a capacidade de execução por região. Depois foram calculadas as médias de capacidade de execução para nível superior (2,2) e nível técnico (3,6), arredondadas. A premissa (c) foi obtida em contato com a área de engenharia da empresa. As Tabelas 57, 58 e 59 apresentam os resultados obtidos com base nessas premissas para os experimentos com a variável Receita, e as Tabelas 60, 61 e 62 para os experimentos com a variável IDH. Também são utilizadas as informações constantes do Quadro 1, que foram resumidas no Quadro 13 contando apenas com os cargos capacitados para o trabalho de elaboração de projetos.

**Quadro 13** – Resumo das informações de pessoal

<b>Nível</b>	<b>Cargo</b>	<b>Qtde.</b>
Superior	Arquiteto	78
	Engenheiro	442
Técnico	Técnicos Operacionais	531

**Tabela 57** – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de capacidade de execução

<b>Experimento</b>	<b>Unidades coincidentes</b>	<b>% do total</b>
Receita F1	614	94,8
Receita F2	625	96,5
Receita F3	628	96,9
Receita F4	632	97,5
Receita F5	636	98,1
Receita F6	636	98,1

**Tabela 58** – Receita prevista – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de capacidade de execução – valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita F1	395,4	392,2	3,1	0,8
Receita F2	396,3		4,0	1,0
Receita F3	396,7		4,4	1,1
Receita F4	396,9		4,6	1,2
Receita F5	397,0		4,7	1,2
Receita F6	397,0		4,8	1,2

A restrição proposta pela capacidade de execução das equipes da empresa limitou em 678 o número de projetos a serem realizados pela organização a cada ano, quantidade 4,6% superior ao original. Ao simular variações com a Receita, esse crescimento trouxe consigo um acréscimo da receita das unidades selecionadas entre 0,8% e 1,2%.

**Tabela 59** – IDH médio – experimentos de Receita para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de capacidade de execução – valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>IDH Médio experimento</b>	<b>IDH Médio original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
Receita F1	0,722	0,727	- 0,005	-0,7
Receita F2	0,722		- 0,005	-0,6
Receita F3	0,723		- 0,004	-0,6
Receita F4	0,724		- 0,003	-0,5
Receita F5	0,723		- 0,004	-0,5
Receita F6	0,724		- 0,003	-0,4

Entre essas mesmas unidades no mínimo 94,8% são coincidentes com o planejamento original da organização e o seu IDH médio sofre uma pequena variação para menor, inferior a 1% em todos os experimentos. Este resultado confirma que o modelo proposto continua alinhado ao planejamento de projetos da empresa, e ainda possibilita um acréscimo de 30 projetos no período.

**Tabela 60** – Quantidade de unidades coincidentes – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de capacidade de execução

<b>Experimento</b>	<b>Unidades coincidentes</b>	<b>% do total</b>
IDH F1	405	62,5
IDH F2	404	62,3
IDH F3	401	61,9
IDH F4	401	61,9
IDH F5	392	60,5
IDH F6	366	56,5

Para os experimentos com a variável IDH os resultados apresentam receitas das unidades entre 16,3% e 30,8% menores do que o planejamento original, com quedas de R\$ 64,0 milhões a R\$ 120,8 milhões. A quantidade de unidades coincidentes situa-se na faixa de 366 a 405, o que representa um percentual de projetos coincidentes entre 56,5% e 62,5%. O IDH médio (Tabela 62), de forma semelhante àquela apresentada no cenário anterior (Tabela 54), sofre uma queda significativa, situada entre 6,6% e 7,1%.

**Tabela 61** – Receita prevista – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de capacidade de execução – valores em R\$ milhões

<b>Experimento</b>	<b>Receita experimento</b>	<b>Receita original</b>	<b>Diferença</b>	<b>Ganho/perda (%)</b>
IDH F1	328,3	392,2	-64,0	-16,3
IDH F2	326,9		-65,4	-16,7
IDH F3	325,7		-66,5	-17,0
IDH F4	325,4		-66,8	-17,0
IDH F5	319,6		-72,7	-18,5
IDH F6	271,4		-120,8	-30,8

**Tabela 62** – IDH médio – experimentos de IDH para um orçamento de R\$ 117 milhões com limite de capacidade de execução – valores em R\$ milhões

Experimento	IDH Médio experimento	IDH Médio original	Diferença	Ganho/perda (%)
IDH F1	0,679		- 0,048	- 6,6
IDH F2	0,679		- 0,048	- 6,6
IDH F3	0,678	0,727	- 0,049	- 6,8
IDH F4	0,678		- 0,049	- 6,8
IDH F5	0,676		- 0,051	- 7,1
IDH F6	0,679		- 0,048	- 6,6

A similaridade desses resultados com as soluções apresentadas com limitação de projetos (Cenários D e E), já era esperada pois, da mesma forma que aquele, o modelo com as variações de peso da variável IDH busca atender justamente as localidades com menor IDH, o que é comprovado pelos números apresentados na Tabela 62. Ainda assim, o exercício era necessário para testar o modelo e demonstrar sua versatilidade e poder de explicação, com um cenário baseado em mais um tipo de restrição.

A Tabelas 63 e 64 apresentam as Matrizes de decisão desse cenário, representadas pelos experimentos Receita F6 (maior receita) e IDH F5 (menor IDH médio).

**Tabela 63** - Matriz de decisão experimento Receita F6

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade	Cenário F Receita
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129	1
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141	2
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282	3
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167	Não Selecionado
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333	Não Selecionado
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889	Não Selecionado
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333	Não Selecionado
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286	Não Selecionado
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348	Não Selecionado

**Tabela 64 - Matriz de decisão experimento IDH F5**

Projeto	Custo	CT Guiche	CT Interno	CT Financ	CT Admin	Efetivo	Faixa Pop	Receita	Categoria	IDHM	Produtividade	Cenário F IDH
2993	492600	5145,659	2522,626	611,3025	69,925	31	3	5645976	1	0,759	269,3391129	43
6605	180000	6040,913	3449,768	478,06	85,085	33	2	4767833	1	0,799	304,6614141	190
24420	50000	3094,813	658,8658	271,4833	31,295	13	4	4309845	1	0,805	312,0351282	341
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8572	116000	346,3133	250,7867	116,8592	33,28167	2	1	107831,3	5	0,715	373,6204167	Não Selecionado
6825	29000	188,0942	66,8925	65,20583	20,77417	2	1	107786,5	5	0,668	170,4833333	Não Selecionado
27287	11049,19	296,9317	280,2125	72,445	18,71	3	1	107722,4	5	0,717	222,7663889	Não Selecionado
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
62421	45000	105,4808	596,9033	84,40917	39,8	1	1	5834,48	6	0,699	826,5933333	219
63387	19500	34,68875	42,0075	37,67875	12,58429	2	1	1284,61	6	0,723	63,47964286	Não Selecionado
62997	8500	22,65	31,48	55,63	26,588	1	1	887,21	6	0,728	136,348	Não Selecionado



## 6 CONCLUSÃO

Nos problemas financeiros costuma-se buscar o maior lucro ou a melhor rentabilidade na escolha dos projetos em que serão aplicados os recursos. Neste trabalho demonstrou-se que a aplicação de algoritmos (ELECTRE II, *Knapsack*) pode oferecer ao decisor cenários em que a decisão leve em consideração outros fatores relevantes. A organização em análise está presente em todo o país e, como comentado na introdução, atua como agente social do governo. Assim, dada sua abrangência e quantidade de unidades com apresentação de projetos de investimento, foi possível utilizar o IDH como parâmetro social e a receita anual das unidades como parâmetro técnico nos experimentos realizados para a seleção dos projetos a serem executados.

### 6.1 Considerações finais

O resultado dos experimentos da solução inicial demonstra que o modelo utilizado permitiu – tanto nos experimentos que utilizaram como variável a receita das unidades como naquelas em que a variável escolhida foi o IDH – a ampliação do número de unidades atendidas em seus projetos superior a 120%, além de manter um alto índice de unidades coincidentes com a proposta original da empresa (no mínimo 92% para os experimentos de receita e 86% para os experimentos de IDH). Além disso, a soma da receita das unidades selecionadas cresce nos experimentos das duas variáveis (no mínimo R\$ 417,5 milhões para a receita e R\$ 395,0 milhões para o IDH), quando comparada ao valor projetado originalmente pela empresa R\$ 392,2 milhões), o que demonstra que não há um afastamento dos objetivos iniciais da organização.

A quantidade muito próxima de projetos atendidos nos experimentos de cada uma das variáveis levou ao questionamento se o objetivo de priorizar diferentes aspectos para a sua seleção, entre os quais os indicadores sociais, estava sendo atendido. Essa dúvida levou à realização de uma validação adicional para confrontar os experimentos, comparando os resultados dos experimentos que obtiveram o maior e o menor número de unidades coincidentes com a seleção realizada pela empresa. Os resultados obtidos apontaram para significativas diferenças entre a receita e o IDH médio de cada

abordagem, atestando a possibilidade de obtenção de resultados diferentes através da escolha dos pesos a serem alocados em cada uma dessas variáveis, conforme proposto nos objetivos do modelo.

Em razão da alteração de valores de apenas duas das variáveis entre as dez selecionadas, mantendo constantes os valores das demais poderia deixar dúvida quanto à influência, e conseqüente necessidade, das demais nos resultados do modelo. Essa hipótese foi testada considerando peso zero para as demais variáveis e alterando os pesos de receita e IDH entre 10% e 90% respectivamente, e seus resultados demonstraram a influência das demais variáveis e sua importância para o modelo, destacada no item 4.3.1 ao comentar os resultados dos experimentos de Receita e IDH (Rec\_IDH).

A diferença entre o número de unidades atendidas em seus projetos pela metodologia proposta e o número constante do modelo utilizado pela empresa levou ao questionamento sobre a possibilidade de execução da nova proposta. Para obter uma resposta adequada seriam necessárias informações que não foram disponibilizadas pela empresa para realização desta pesquisa. A alternativa encontrada para reproduzir as limitações enfrentadas empiricamente, foi rodar novos experimentos diminuindo o orçamento disponível e procurando demonstrar a economia por esta redução mantendo a quantidade de projetos próxima àquela inicialmente definida pela empresa. Foram rodados experimentos com o orçamento definido em R\$ 90 milhões (Cenário B) e R\$ 60 milhões (Cenário C), ou seja, com significativa redução em relação ao valor original de R\$ 117 milhões. Ainda assim pode ser observado que a quantidade de unidades selecionadas continuou sendo um número expressivo, que superou em mais de 100% a quantidade original da proposta da empresa (Cenário B), em todos os experimentos, mantendo o questionamento sobre a capacidade de execução.

Para que pudesse ser validado o modelo com uma capacidade factível de projetos a serem executados, foi acrescentada mais uma restrição, limitando o número de projetos selecionados em uma quantidade 15% superior ao valor projetado originalmente e mantendo o orçamento em R\$ 117 milhões (Cenário D). A seguir foi mantida, também, a limitação de orçamento em R\$ 90 milhões, buscando avaliar a possibilidade de manter a economia de orçamento testada nas hipóteses anteriores (Cenário E). Os experimentos realizadas com essas restrições para a variável Receita mostram que houve uma pequena redução na receita total das unidades selecionadas (entre 1,7% e 2,2%) e que o número

de unidades coincidentes com o planejamento original equivale a 93,2%, mostrando que o modelo proposto, além de manter o alinhamento com o planejamento da empresa, permite a realização de um maior número de projetos concomitantemente a uma economia de orçamento equivalente a R\$ 27 milhões.

Os experimentos com a variável IDH apresentaram receitas e quantidades de unidades coincidentes significativamente menores. A primeira oscilou entre R\$ 74,0 milhões e R\$ 109,5 milhões e a segunda entre 393 e 414 unidades. Conforme citado anteriormente, esses números já eram esperados pois o modelo busca, com as variações de peso do IDH, atender as localidades com menor IDH, cujos valores médios de IDH são menores, assim como a receita anual daquelas unidades.

O último experimento apresentado (Cenário F) buscou avaliar a restrição de capacidade de execução de projetos pelas equipes de engenharia. Trata-se de consideração meramente acadêmica, uma vez que tais informações não foram disponibilizadas pela organização. A proximidade do número de projetos definidos por essa solução com aquele definido pela restrição da quantidade de projetos (678 e 745) explica a semelhança entre os resultados encontrados, que apresentam uma receita um pouco maior do que a obtida na solução original da empresa (entre R\$ 3,1 milhões e R\$ 4,8 milhões) e mais do que 94,8% das unidades selecionadas coincidentes com aquela proposta quando a variável dos experimentos é a Receita. Quando são utilizadas as variações do IDH os resultados observados também são muito próximos dos obtidos pela restrição da quantidade de projetos, comprovando a consistência do modelo proposto.

O problema de pesquisa busca o estabelecimento de um modelo de seleção de projetos para atender a demanda das diferentes necessidades da empresa, possibilitando uma melhor distribuição orçamentária entre as unidades que atendem diferentes portes de cidades. Os experimentos realizados demonstram que o modelo apresentado permite aos decisores alterar o modo de seleção de acordo com a estratégia definida para determinado ciclo do planejamento, ou até mesmo ajustar a seleção de projetos de um ano para outro, privilegiando os resultados financeiros ou sociais. Os resultados obtidos nesta pesquisa demonstram ainda que o modelo proposto permite tais alterações mesmo que sejam acrescentadas restrições na quantidade de projetos a serem selecionados e no orçamento disponível para sua execução. Adicionalmente o método apresentado

demonstrou que é possível executar mais projetos com um orçamento menor em relação ao planejamento originalmente apresentado pela empresa.

A metodologia de seleção de projetos desempenha um papel fundamental em organizações de todos os tipos, desde empresas até instituições sem fins lucrativos e governamentais. Novas propostas apresentadas, assim como esta, permitem a alocação cada vez mais eficiente de recursos, direcionando-os para os projetos que têm maior probabilidade de trazer resultados positivos e impacto para a organização. Também possibilitam, como demonstramos neste estudo, que a organização alinhe suas escolhas com sua estratégia de negócios ou objetivos de longo prazo, garantindo que as propostas selecionadas estejam alinhadas com a visão e missão da organização, além de proporcionar uma priorização objetiva dos projetos disponíveis, permitindo a seleção de acordo com os critérios definidos pela empresa.

Outros pontos positivos, como a otimização do portfólio e a racionalização das decisões, estão fortemente associados ao desenvolvimento de uma metodologia de seleção de projetos, demonstrando sua necessidade e relevância para organizações de todos os níveis.

## **6.2 Limitações do trabalho e propostas para estudos futuros**

Dentre as limitações deste trabalho, destacamos a restrição aos dados disponibilizados pela empresa para a execução do estudo. O acesso à base completa de informações certamente poderá enriquecer os resultados obtidos.

A busca por artigos voltados para a seleção de projetos levou à análise do artigo de Mavrotas *et al.* (2008), que permitiu a identificação de uma limitação daquele método para um número elevado de itens a serem selecionados. Por outro lado, a ideia de guiar a seleção final pela satisfação de certa segmentação, política e/ou restrições lógicas, buscando garantir que a avaliação individual dos projetos seja respeitada é muito valiosa e, por este motivo, sugere-se que sejam realizados estudos futuros procurando desenvolver essa proposta para um número maior de itens a serem selecionados.

Outras metodologias, como a segmentação das alternativas baseadas em algum atributo, como o econômico, e combinando estas decisões no modelo da mochila, considerando um modelo multiobjetivo ou, ainda, adaptando uma matriz de covariância de carteira de investimentos de Markowicz, onde os projetos seriam os ativos e o objetivo seria maximizar a receita, também podem ser objeto de novos estudos para a seleção de um elevado número de projetos como o do caso em análise.

Da mesma forma, considerando que esta dissertação utilizou dados de uma empresa de grande porte, propõe-se a realização de novos estudos em organizações com diferentes características a fim de validar o estudo apresentado.

A partir dos achados deste trabalho sugere-se a elaboração de pesquisa buscando identificar, em outras empresas, a utilização de ferramentas de seleção de projetos. Dependendo do tamanho e das características da amostra, pode ser possível traçar as diferenças entre o setor público e o setor privado, entre empresas de diferentes portes e até mesmo entre empresas de um mesmo setor. Caso seja possível identificar potenciais empresas para a replicação deste estudo, os resultados poderão demonstrar o aumento do escopo de aplicação do modelo proposto ou apresentar adequações para aplicação em diferentes contextos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUABARA, Leila et al. A systemic framework based on Soft OR approaches to support teamwork strategy: an aviation manufacturer Brazilian company case. **Journal of the Operational Research Society**, v. 69, n. 2, p. 220-234, 2018.

AGHAMOHAGHEGHI, M.; HASHEMI, S. M.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R. An advanced decision support framework to assess sustainable transport projects using a new uncertainty modeling tool: Interval-valued Pythagorean trapezoidal fuzzy numbers. **Iranian Journal of Fuzzy Systems**, v. 18, n. 1, p. 53-73, 2021.

AL-SOBAI, Khalifa Mohammed; POKHAREL, Shaligram; ABDELLA, Galal M. A Framework for Prioritization and Selection of Strategic Projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, 2022.

AMOS, Keith; ABBASI, Alireza. A selection and prioritization framework for public projects. **Journal of Modern Project Management**, v. 7, n. 4, p. 34 – 51, 2020.

ARAGÃO, Franciely Velozo et al. Projects aimed at smart cities: A hybrid MCDA evaluation approach. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 35, n. 10, p. 1250-1262, 2023.

ARCHER, Norm; GHASEMZADEH, Fereidoun. Project portfolio selection and management. **Morris, P. Pinto, JK (2007), The Wiley Guide to Project, Program & Portfolio Management**, p. 94-112, 2007.

ARENALES, Marcos Nereu *et al.* **Pesquisa Operacional: Para cursos de engenharia**. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier Brasil, 2007.

ASPEN, Dina Margrethe; SPARREVIK, Magnus; FET, Annik Magerholm. Review of methods for sustainability appraisals in ship acquisition. **Environment Systems and Decisions**, v. 35, p. 323-333, 2015.

BELFIORE, Patrícia; FÁVERO, Luiz Paulo. **Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia**. Elsevier Brasil, 2013.

BELTON, Valerie; STEWART, Theodor. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Springer Science & Business Media, 2002.

BICKSLER, James L.; SMITH, Keith V. **Portfolio Management**. [s.l: s.n.]. v. 38

CHATTERJEE, Prasenjit; ATHAWALE, Vijay Manikrao; CHAKRABORTY, Shankar. Selection of materials using compromise ranking and outranking methods. **Materials & Design**, v. 30, n. 10, p. 4043-4053, 2009.

CINELLI, Marco et al. How to support the application of multiple criteria decision analysis? Let us start with a comprehensive taxonomy. **Omega**, v. 96, p. 102261, 2020.

COLSON, Gerard; DE BRUYN, Christian. Models and methods in multiple objectives decision making. In: **Models and methods in multiple criteria decision making**. Pergamon, 1989. p. 1201-1211.

DANESH, Darius; RYAN, Michael J.; ABBASI, Alireza. Multi-criteria decision-making methods for project portfolio management: a literature review. **International Journal of Management and Decision Making**, v. 17, n. 1, p. 75-94, 2018.

DE ALMEIDA, Adiel Teixeira. **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. Editora Atlas SA, 2000.

DE SOUZA, Dalton Garcia Borges et al. MCDM-based R&D project selection: A systematic literature review. **Sustainability**, v. 13, n. 21, p. 11626, 2021.

DI MATTEO, Michael; MAIER, Holger R.; DANDY, Graeme C. Many-objective portfolio optimization approach for stormwater management project selection encouraging decision maker buy-in. **Environmental Modelling & Software**, v. 111, p. 340-355, 2019.

DINH THE LUC. **Multiobjective linear programming: an introduction**. Springer International Publishing, 2016.

DODGSON, John S. et al. **Multi-criteria analysis: a manual**. 2009.

DOS SANTOS, José Odálio; WATANABE, Roberto. Uma análise da correlação entre o EVA® e o MVA® no contexto das empresas brasileiras de capital aberto. **REGE Revista de Gestão**, v. 12, n. 1, p. 19-32, 2005.

DOUMPOS, Michael; ZOPOUNIDIS, Constantin. **Multicriteria decision aid classification methods**. Springer Science & Business Media, 2002.

DUAN, Sophia Xiaoxia; DENG, Hepu. A Multi-Criteria Analysis Approach for the Evaluation and Selection of IS Projects-A Sustainability Perspective. In: **PACIS**. 2018. p. 161.

DUTRA, Camila Costa; RIBEIRO, José Luis Duarte; DE CARVALHO, Marly Monteiro. An economic–probabilistic model for project selection and prioritization. **International Journal of Project Management**, v. 32, n. 6, p. 1042-1055, 2014.

ELBOK, Ghizlane; BERRADO, Abdelaziz. Project prioritization for portfolio selection using MCDA. In: **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**. 2020. p. 2317-2326.

FIGUEIRA, José Rui; MOUSSEAU, Vincent; ROY, Bernard. ELECTRE methods. **Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys**, p. 155-185, 2016.

FIGUEIRA, José; GRECO, Salvatore; EHRGOTT, Matthias (Ed.). Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. 2005.

GOMES, Luís S. et al. Using MCDA to assist an Intermunicipal community develop a resilience strategy in face of the pandemic caused by the SARS-CoV-2. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 87, p. 101588, 2023.

GRUNNAN, Tonje; FRIDHEIM, Håvard. Planning and conducting crisis management exercises for decision-making: the do's and don'ts. **EURO Journal on Decision Processes**, v. 5, n. 1-4, p. 79-95, 2017.



GUITOUNI, Adel; MARTEL, Jean-Marc. Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. **European journal of operational research**, v. 109, n. 2, p. 501-521, 1998.

GUPTA, S. et al. Portfolio Selection using DEA-COPRAS at risk–return interface based on NSE (India). **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)**, v. 8, n. 10, p. 4078-4086, 2019.

HINLOOPEN, Edwin; NIJKAMP, Peter; RIETVELD, Piet. Qualitative discrete multiple criteria choice models in regional planning. **Regional Science and Urban Economics**, v. 13, n. 1, p. 77-102, 1983.

HOSSEINZADEH, Mehdi et al. Service selection using multi-criteria decision making: a comprehensive overview. **Journal of Network and Systems Management**, v. 28, p. 1639-1693, 2020.

IAMRATANAKUL, Supachart; PATANAKUL, Peerasit; MILOSEVIC, Dragan. Project portfolio selection: From past to present. In: **2008 4th IEEE international conference on management of innovation and technology**. IEEE, 2008. p. 287-292.

ISEPPI, Luca; ROSA, Franco; BASSI, Ivana. A Multi-Criteria Decision approach for the sustainable dairy farm management. **Quality-Access to Success**, v. 23, n. 191, 2022.

ISHIZAKA, Alessio; NEMERY, Philippe. **Multi-criteria decision analysis: methods and software**. John Wiley & Sons, 2013.

KELLERER, Hans et al. Other knapsack problems. **Knapsack problems**, p. 389-424, 2004.

KREUZER, Thomas; RÖGLINGER, Maximilian; RUPPRECHT, Lea. Customer-centric prioritization of process improvement projects. **Decision Support Systems**, v. 133, p. 113286, 2020.

LAARIBI, Amor; CHEVALLIER, J. J.; MARTEL, Jean-Marc. A spatial decision aid: a multicriterion evaluation approach. **Computers, environment and urban systems**, v. 20, n. 6, p. 351-366, 1996.

LEÃO, Heloise Acco Tives et al. Research Project Selection and Classification using MCDA Methods. In: **Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Information Systems**. 2018. p. 1-9.

LEÃO, Heloise Acco Tives et al. Use of AHP and promethee for research project portfolio selection. In: **Computational Science and Its Applications–ICCSA 2019: 19th International Conference, Saint Petersburg, Russia, July 1–4, 2019, Proceedings, Part I 19**. Springer International Publishing, 2019. p. 504-517.

LECLERCQ, J. Propositions d'extension de la notion de dominance en présence de relations d'ordre sur les pseudo-critères: la méthode MELCHIOR. **JORBEL-Belgian Journal of Operations Research, Statistics, and Computer Science**, v. 24, n. 1, p. 32-46, 1984.

LOTFIAN DELOUYI, Fahime; GHODSYPOUR, Seyed Hassan; ASHRAFI, Maryam. Dynamic portfolio selection in gas transmission projects considering sustainable strategic alignment and project interdependencies through value analysis. **Sustainability**, v. 13, n. 10, p. 5584, 2021.

MARTELLO, Silvano; TOTH, Paolo. **Knapsack problems: algorithms and computer implementations**. John Wiley & Sons, Inc., 1990.

MARTINS, Carolina Lino et al. Web-Based DSS for Resource Allocation in Higher Education. **International Journal of Decision Support System Technology (IJDSST)**, v. 13, n. 4, p. 71-93, 2021.

MAVROTAS, George; DIAKOULAKI, Danae; KOURENTZIS, Athanasios. Selection among ranked projects under segmentation, policy and logical constraints. **European Journal of Operational Research**, v. 187, n. 1, p. 177-192, 2008.

MAVROTAS, George; MAKRYVELIOS, Evangelos. Combining multiple criteria analysis, mathematical programming and Monte Carlo simulation to tackle uncertainty in Research and Development project portfolio selection: A case study from Greece. **European Journal of Operational Research**, v. 291, n. 2, p. 794-806, 2021.

MAVROTAS, George; MAKRYVELIOS, Evangelos. R&D project portfolio selection using the Iterative Trichotomic Approach in order to study how subjectivity of the weights is reflected in the selected projects of the final portfolio. **Operational Research**, v. 23, n. 3, p. 50, 2023.

MEADE, Laura M.; PRESLEY, Adrien. R&D project selection using the analytic network process. **IEEE transactions on engineering management**, v. 49, n. 1, p. 59-66, 2002.

MICHNIK, Jerzy. The WINGS method with multiple networks and its application to innovation projects selection. **International Journal of Applied Management Science**, v. 10, n. 2, p. 105-126, 2018.

MIRANDA, João; TERESO, Anabela; TEIXEIRA, José C. Multicriteria analysis as a better tool for the selection of public projects alternatives. **Procedia Computer Science**, v. 181, p. 545-552, 2021.

OLIVEIRA, Eunice; ANTUNES, Carlos Henggeler; GOMES, Alvaro. A comparative study of different approaches using an outranking relation in a multi-objective evolutionary algorithm. **Computers & operations research**, v. 40, n. 6, p. 1602-1615, 2013.

PANARO, Simona et al. Assessing the sustainability of the city-port transformations: Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) for alternatives portfolio selection. **Valori e Valutazioni**, n. 32, 2023.

PAUL, Manashi et al. Assessment of agricultural land suitability for irrigation with reclaimed water using geospatial multi-criteria decision analysis. **Agricultural Water Management**, v. 231, p. 105987, 2020.

PENG, Zhihao; LUO, Wei; DENG, Ansheng. A Hybrid Fuzzy Outranking Approach for Group Decision-Making under Uncertainty. In: **2018 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS)**. IEEE, 2018. p. 596-600.

PORTÉ, Tatiana; REGEV, Gil; WEGMANN, Alain. Problem structuring to enable innovation in business/IT projects. In: **Digitalization: Approaches, Case Studies, and**

**Tools for Strategy, Transformation and Implementation.** Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 239-254.

PROMENTILLA, Michael Angelo B. et al. Teaching Analytic Hierarchy Process (AHP) in undergraduate chemical engineering courses. **Education for Chemical Engineers**, v. 23, p. 34-41, 2018.

RODRIGUES CASADO, Ramon Swell Gomes; ALENCAR, Marcelo Hazin; DE ALMEIDA, Adiel Teixeira. Combining a multidimensional risk evaluation with an implicit enumeration algorithm to tackle the portfolio selection problem of a natural gas pipeline. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 221, p. 108332, 2022.

ROUBENS, Marc. Preference relations on actions and criteria in multicriteria decision making. **European Journal of Operational Research**, v. 10, n. 1, p. 51-55, 1982.

ROY, Bernard. ELECTRE III: Un algorithme de classements fondé sur une représentation floue des préférences en présence de critères multiples. 1978.

ROY, Bernard. **Multicriteria methodology for decision aiding.** Springer Science & Business Media, 1996.

ROY, Bernard; BERTIER, Patrice. La méthode Electre II. **Note de travail**, v. 142, 1971.

ROY, Bernard; BOUYSSOU, Denis. **Aide multicritère à la décision: méthodes et cas.** Paris: Economica, 1993.

ROY, Bernard; SŁOWIŃSKI, Roman. Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method. **EURO Journal on Decision Processes**, v. 1, n. 1-2, p. 69-97, 2013.

SOBRAL, Filipe; PECI, Alketa. **Administração: teoria e prática no contexto brasileiro.** Pearson Prentice Hall, 2008.

SPERLING, Elliot; ROSS, Catherine. Strategically Aligning Capital Improvement Prioritization to Performance Goals. **Transportation Research Record**, v. 2672, n. 51, p. 68-78, 2018.

UROŠEVIĆ, Branka Gvozdenac; MARINOVIĆ, Budimirka. Ranking construction of small hydro power plants using multi-criteria decision analysis. **Renewable Energy**, v. 172, p. 1174-1183, 2021.

VILKKUMAA, Eeva et al. Scenario-based portfolio model for building robust and proactive strategies. **European journal of operational research**, v. 266, n. 1, p. 205-220, 2018.

VINCKE, Jean Pierre; BRANS, Ph. A preference ranking organization method. The PROMETHEE method for MCDM. **Management Science**, v. 31, n. 6, p. 647-656, 1985.

VINCKE, Philippe. Preference modelling: a survey and an experiment.

In: **Operational research'81: Proceedings of the ninth IFORS International Conference on Operational Research**. North Holland, 1981.

VIVAS, Vivian; OLIVEIRA, Mónica Duarte. Which Tools Are Needed to Assist Audit Managers in Project Portfolio Selection When Divergent Views Emerge?. In: **ICORES**. 2019. p. 338-345.

VRYZIDIS, Isaak; SPYRIDAKOS, Athanasios; TSOTSOLAS, Nikos. Projects Portfolio Selection Framework Combining MCDA UTASTAR Method with 0–1 Multi-Objective Programming. **Preference Disaggregation in Multiple Criteria Decision Analysis: Essays in Honor of Yannis Siskos**, p. 125-146, 2018.

WAŹTRÓBSKI, Jarosław et al. Generalised framework for multi-criteria method selection. **Omega**, v. 86, p. 107-124, 2019.

XIDONAS, Panos et al. Multicriteria security evaluation: does it cost to be traditional?. **Annals of Operations Research**, v. 323, n. 1-2, p. 301-330, 2023.

YALCIN, Ahmet Selcuk; KILIC, Huseyin Selcuk; DELEN, Dursun. The use of multi-criteria decision-making methods in business analytics: A comprehensive literature review. **Technological forecasting and social change**, v. 174, p. 121193, 2022.

YANG, Xi; CHEN, Zhihe. A combined interval TOPSIS with multiple sensitivity strategies decision-making framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 422, p. 138611, 2023.

YÜCENUR, G. MCDM approach to investigate the effectiveness of SCRUM events in minimizing risk factors in project management. **Journal of Project Management**, v. 8, n. 4, p. 227-238, 2023.

ZDRAVKOVIC, Jelena; BOGDANOVIC, Dejan. Developing an mcda model for choosing criteria used in project ranking. **Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research**, v. 56, n. 3, 2022.

ZHANG, Zhanmin; BALAKRISHNAN, Srijith. Multi-criteria decision analysis. In: **International Encyclopedia of Transportation**. Elsevier, 2021. p. 485-492.

ZOU, Anquan; DUAN, Sophia Xiaoxia; DENG, Hepu. Multicriteria decision making for evaluating and selecting information systems projects: a sustainability perspective. **Sustainability**, v. 11, n. 2, p. 347, 2019.