

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA – EEL/USP

GUILHERME MARTINS DE SOUZA

**Integração dos métodos multicritério *fuzzy AHP* e *fuzzy VIKOR* para seleção de portfólio  
de projetos farmacêuticos**

LORENA

2019

GUILHERME MARTINS DE SOUZA

**Integração dos métodos multicritério *fuzzy* AHP e *fuzzy* VIKOR para seleção de portfólio de projetos farmacêuticos**

Monografia apresentada na Escola de Engenharia de Lorena EEL-USP como requisito obrigatório para a conclusão do curso de Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Dalton Garcia Borges de Souza

Versão Corrigida

LORENA

2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado  
da Escola de Engenharia de Lorena,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

de Souza, Guilherme Martins  
Integração dos métodos multicritério fuzzy AHP e  
fuzzy VIKOR para seleção de portfólio de projetos  
farmacêuticos / Guilherme Martins de Souza;  
orientador Dalton Garcia Borges de Souza. - Lorena,  
2019.  
65 p.

Monografia apresentada como requisito parcial  
para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia  
Química - Escola de Engenharia de Lorena da  
Universidade de São Paulo. 2019

1. Ahp. 2. Vikor. 3. Fuzzy. 4. Mcdm. 5. Indústria  
farmacêutica. I. Título. II. de Souza, Dalton Garcia  
Borges, orient.

## AGRADECIMENTOS

Acredito que nessa vida tudo tem um propósito, e a graduação veio para me oferecer novas oportunidades de crescimento pessoal e profissional. Após sete anos de estudo, finalmente essa vitória, realizei um sonho que tinha no meu coração, aquele de poder me graduar em uma das melhores universidades da América Latina. Finalizar essa etapa da minha vida só foi possível graças a participação de pessoas que sempre estiveram ao meu lado.

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Nedival e Silvia, sempre inspiradores, por todo o apoio e suporte durante esse período, sem vocês esse momento não se tornaria realidade. Serei eternamente grato por todo carinho, amor e por terem me direcionado a ser o homem que sou hoje.

À minha irmã, Juliana, por todo companherismo, amizade e por ser meu exemplo de dedicação e persistência. Você contribuiu muito para minha formação como pessoa e a ti serei eternamente grato.

Aos irmãos que fiz no Canadá, por terem compartilhado inúmeras experiências, risadas e aventuras, sem vocês o intercâmbio não teria sido tão marcante e enriquecedor.

A entidade Mamuteria e a todos seus ritmistas por terem me mostrado a importância de trabalhar com amor por aquilo que acredita, por me fazerem evoluir como líder e pessoa e principalmente por me apresentarem uma das minhas maiores paixões, o samba. Vocês e todos os momentos que passamos juntos estarão para sempre no meu coração.

Aos meus amigos, por terem compartilhado os sete anos de graduação, tornando esse período extramamente leve e enriquecedor, sem vocês a faculdade não teria sido a mesma.

À minha companheira Daphne, por toda a paciência e por se fazer presente nos momentos importantes e difíceis e principalmente por me apoiar quando precisei, sem você o fim dessa jornada não teria sido tão marcante.

Ao meu orientador Dalton, agradeço por toda a atenção, suporte e ensinamentos durante todo nosso projeto.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuiram para a minha formação como profissional e pessoa.

## RESUMO

DE SOUZA, G. M. **Integração dos Métodos Multicritério Fuzzy AHP e Fuzzy VIKOR Para Seleção de Portfólios de Projetos Farmacêuticos.** 2019, 65p. Monografia – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2019.

Os métodos MCDM – métodos de apoio multicritério à decisão, são métodos subjetivos que permitem representar as preferências dos tomadores de decisão, além de auxiliar o processo de seleção de portfólio de projetos. A presente monografia teve por intuito aplicar os métodos multicritério *fuzzy AHP* (*Analytic Hierarchy Process*) e *fuzzy VIKOR* (*VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje*) como ferramenta para a seleção de portfólio de projetos em uma empresa farmacêutica, movida pelo fato de que o cenário global apresenta o mercado farmacêutico aquecido devido ao aumento da expectativa de vida da população mundial e ao maior acesso à medicação; o que resulta em uma maior competitividade, aumentando a necessidade de que as empresas busquem uma maior eficiência na seleção estratégica de seus projetos estratégicos. Com isso, o presente trabalho buscou identificar métodos MCDM (*Multicriteria Decision Making*) que pudessem tornar a seleção de portfólio de projetos da empresa estudada mais eficiente e competitivo. Assim, o modelo construído se baseou na integração dos métodos *fuzzy AHP* e *fuzzy VIKOR*; o primeiro será utilizado para a determinação da importância dos critérios para a estratégia da empresa e o último para a elaboração do ranking de projetos. A metodologia utilizada foi a modelagem axiomática normativa, apoiada a um questionário que foi apresentado para os especialistas de gerenciamento de portfólio de projetos da empresa para elevar a precisão e utilidade do presente trabalho. O modelo desenvolvido possibilitou considerar a indecisão das pontuações dos avaliadores, o que trouxe maior robustez para o processo de seleção de portfólio de projetos, otimizando as tomadas de decisão da companhia.

**Palavras-chave:** AHP, VIKOR, Fuzzy, MCDM, Indústria Farmacêutica.

## ABSTRACT

DE SOUZA, G. M. **Integration of the Fuzzy AHP and Fuzzy VIKOR Multicriteria Methods for Selection of Pharmaceutical Project Portfolios.** 2019, 65p. Monography – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2019.

The MCDM methods - multicriteria decision making, are subjective methods that allow representing the preferences of decision makers and also assist the project portfolio selection process. The present monograph sought to apply the fuzzy AHP (Analytic Hierarchy Process) and fuzzy VIKOR (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) multicriteria methods as a tool for project portfolio selection in a pharmaceutical company, driven by the fact that the global scenario presents an heated pharmaceutical market due to the increase in the life expectancy of the global population and the greater access to medication; as a result of the competitiveness, there is an increase in the companies' needs to seek greater efficiency in the strategic selection of their strategic projects. As a consequence, the present work sought to identify MCDM (Multicriteria Decision Making) methods that could make the project portfolio selection of the studied company more efficient and competitive. Thus, the constructed model was based on the integration of fuzzy AHP and fuzzy VIKOR methods; the first will be used to determine the importance of the criteria for the company's strategy and the last to prepare the project ranking. The methodology used was normative axiomatic modeling, supported by a questionnaire that was presented to the project portfolio management specialists of the company to increase the accuracy and usefulness of the present work. The model was able to consider the indecision of the evaluators' scores, which brought greater robustness to the project portfolio selection process, optimizing the company's decision making.

**Keywords:** AHP, VIKOR, Fuzzy, MCDM, Pharmaceutical Industry.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Número de novos fármacos lançados por ano .....	12
<b>Figura 2</b> - Total de produtos em desenvolvimento ao longo dos anos .....	13
<b>Figura 3</b> - Etapas do desenvolvimento de um medicamento .....	13
<b>Figura 4</b> - Estrutura Hierárquica .....	22
<b>Figura 5</b> - Fluxograma do Método AHP .....	26
<b>Figura 6</b> - Representação Triangular de um número <i>fuzzy</i> .....	27
<b>Figura 7</b> - Solução Ideal e Solução Compromisso .....	30
<b>Figura 8</b> - Diagrama do método proposto .....	38
<b>Figura 9</b> - Pesquisas baseadas em modelos quantitativos .....	39

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – <i>Ranking</i> global dos mercados farmacêuticos .....	15
<b>Tabela 2</b> – Top 10 empresas farmacêuticas em número de produtos de 2018 .....	16
<b>Tabela 3</b> – Escala fundamental de Saaty.....	23
<b>Tabela 4</b> – Matriz Quadrada, Recíproca e Positiva de comparações paritárias .....	23
<b>Tabela 5</b> – Auto vetores associados à Tabela 4 .....	24
<b>Tabela 6</b> – Índices de Consistência Randômica.....	25
<b>Tabela 7</b> – Dados associados à Tabela 4.....	25
<b>Tabela 8</b> – Matriz de Comparação Paritária dos Critérios do Modelo .....	41
<b>Tabela 9</b> – Autovetores do Modelo.....	42
<b>Tabela 10</b> – Peso <i>Fuzzy</i> dos Critérios .....	42
<b>Tabela 11</b> – Matriz <i>Crisp</i> de Comparações Paritárias do Modelo .....	43
<b>Tabela 12</b> – Autovetores .....	43
<b>Tabela 13</b> – Análise de Consistência do Modelo.....	43
<b>Tabela 14</b> – Matriz de Pontuação dos Projetos .....	45
<b>Tabela 15</b> – Melhores e Piores Variáveis .....	46
<b>Tabela 16</b> – Cálculo dos Parâmetros Diferença .....	47
<b>Tabela 17</b> – Cálculo dos Scores S dos Critérios de Investimento e Estratégia.....	48
<b>Tabela 18</b> – Cálculo dos Scores S dos Critérios VPL e Risco.....	49
<b>Tabela 19</b> – Cálculo dos Scores S e R .....	50
<b>Tabela 20</b> – Valores Máximos e Mínimos dos Scores R e S .....	51
<b>Tabela 21</b> – Cálculo do Score Q .....	52
<b>Tabela 22</b> – Cálculo dos Parâmetros do Método CFCS .....	53
<b>Tabela 23</b> – Cálculo dos Scores <i>Crisp</i> do Método <i>Fuzzy</i> VIKOR.....	54
<b>Tabela 24</b> – <i>Ranking</i> dos Projetos.....	56

## **LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1</b> – Lista de alguns métodos de apoio multicritério à decisão .....	21
<b>Quadro 2</b> – Operações Matemáticas para Números <i>Fuzzy</i> .....	28
<b>Quadro 3</b> – Teste de Condição do Método <i>Fuzzy</i> VIKOR .....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
VIKOR	<i>VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje</i>
PPM	<i>Project Portfolio Management</i>
PPS	<i>Project Portfolio Selection</i>
MCDM	<i>Multicriteria Decision Making</i>
IC	Índice de Consistência
IR	Índice de Consistência Randômico
RC	Razão de Consistência
VPL	Valor Presente Líquido
CFCS	<i>Converting Fuzzy data into Crisp Scores</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	12
1.2	JUSTIFICATIVA.....	15
1.3	OBJETIVO GERAL .....	16
1.4	OBJETIVO ESPECÍFICO .....	17
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
2.1	GESTÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS .....	18
2.1.1	SELEÇÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS .....	19
2.1.2	MÉTODOS DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO .....	20
2.2	MÉTODO AHP.....	21
2.3	MÉTODO VIKOR .....	29
2.4	DEFUZZIFICAÇÃO.....	33
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DE PESQUISA .....</b>	<b>35</b>
3.1	OBJETO DE PESQUISA .....	35
3.2	MODELO.....	37
3.3	MÉTODO DE PESQUISA .....	39

<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
4.1	MODELAGEM.....	41
4.1.1	ATRIBUIÇÃO DE PESOS POR MEIO DO MÉTODO <i>FUZZY AHP</i> .....	41
4.1.2	RANKING DAS VARIÁVEIS POR MEIO DO MÉTODO <i>FUZZY VIKOR</i> ...	44
4.2	VALIDAÇÃO DO MODELO .....	57
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>59</b>

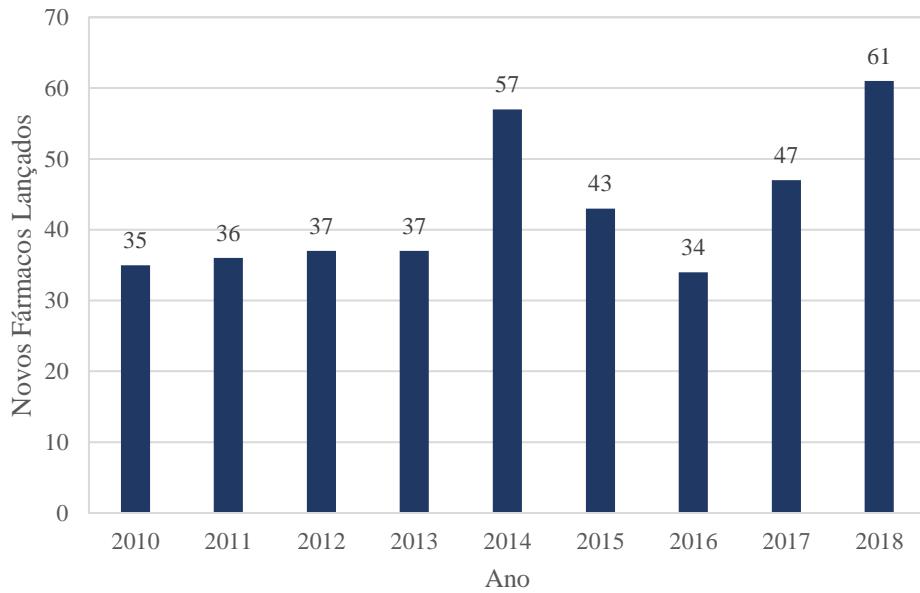
## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O mercado farmacêutico apresenta algumas características singulares, marcadas por um intenso investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e um alto índice de faturamento, além de sua importância social (POLLI *et al.*, 2015).

O intenso investimento em P&D tem o intuito de gerar medicamentos inovadores. Com a aceleração da tecnologia, o número de novos medicamentos e vacinas vem crescendo ao longo dos anos como mostra a Figura 1.

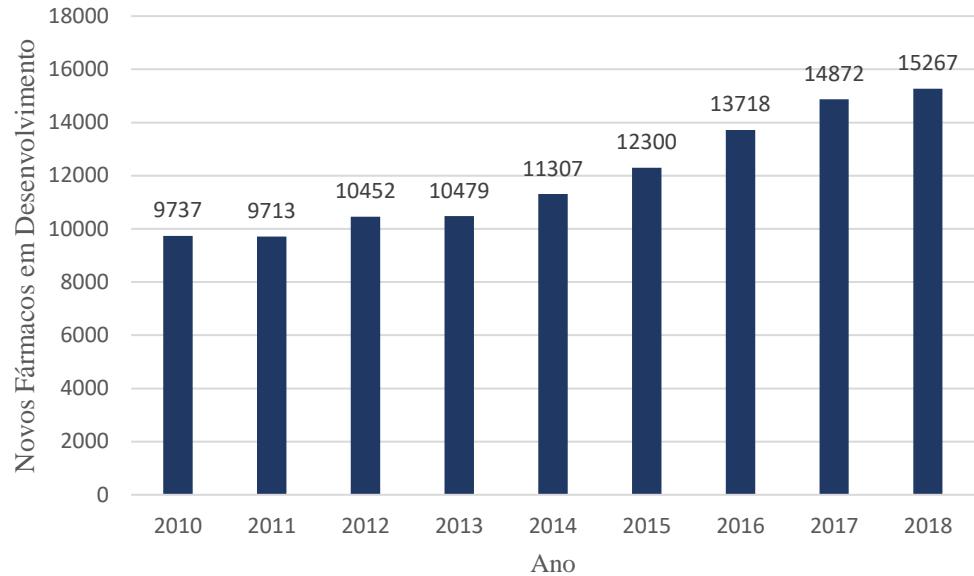
Figura 1 - Número de novos fármacos lançados por ano



Fonte: Adaptado de Lloyd (2019b)

Entretanto, mesmo com um aumento de quase 74% de 2010 para 2018, o número de fármacos lançados se torna irrisório se comparado com o número de fármacos ainda em desenvolvimento, chegando a representar menos de 0,4% em 2018, como representado na Figura 2.

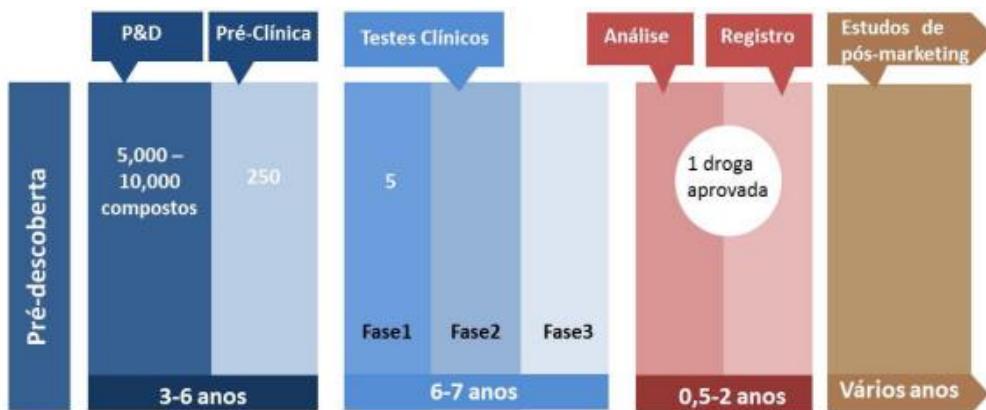
Figura 2 - Total de produtos em desenvolvimento ao longo dos anos



Fonte: Adaptado de Lloyd (2019b)

A causa para tamanha discrepância entre medicamentos em estudo e aprovados se deve a uma regulamentação legal e técnica mais rigorosa, tanto em relação à qualidade dos produtos quanto à sua precificação, o que torna o processo de aprovação e, consequentemente, o de lançamento muito mais lento (POLLI *et al.*, 2015). Como pode-se observar na Figura 3, a aprovação de um fármaco pode levar 15 anos, um período muito superior aos demais mercados, o que explica a alta precificação e faturamento deste setor, resultado de um longo período sem faturamento como consequência das rígidas exigências dos órgãos regulatórios.

Figura 3 - Etapas do desenvolvimento de um medicamento



Fonte: (POLLI *et al.*, 2015)

Adicionalmente, a alta precificação pode ser também explicada pelo baixo índice de aprovação de novos medicamentos. Estima-se que de 10 mil compostos que são descobertos na fase de P&D, apenas um fármaco é aprovado pelos órgãos regulatórios, ou seja, as empresas farmacêuticas despendem grandes quantias de dinheiro que não serão recuperados, tendo em vista o baixo índice de aprovação; e dessa forma, esse prejuízo é repassado nos valores dos produtos comercializados, o que explica o fato de a indústria farmacêutica não apresentar lucros exorbitantes, apesar de seus produtos possuírem uma elevada margem de preço-custo (POLLI *et al.*, 2015).

Apesar dos altos investimentos expostos, o mercado farmacêutico continua em expansão. Devido ao aumento na expectativa de vida a nível mundial, a entrada de países como China, Brasil e Índia no mercado farmacêutico e ao crescimento do acesso a medicamentos, estima-se que, até 2020, o mercado farmacêutico movimentará cerca de US\$ 1,4 trilhões, um aumento de 30% em relação a 2015, com um volume de medicamentos próximo a 4,5 trilhões de doses, cerca de 24% a mais que o consumido em 2015 (IMS-IHI, 2015)

Ainda segundo IMS-IHI (2015), o crescimento do mercado farmacêutico está intrinsecamente relacionado com o envelhecimento da população dos países emergentes, resultando na entrada desses países no mercado farmacêutico. Atrelado a esse fator, o incentivo ao desenvolvimento desse mercado nos países farmaemergentes (países emergentes no mercado farmacêutico), ocorre pelo fortalecimento dos programas governamentais, que financiam a compra e distribuem os medicamentos de alto valor agregado, facilitando o acesso da população a tais medicamentos. O Brasil se enquadra no grupo de países farmaemergentes e possui um elevado incentivo de programas governamentais, como a Lei dos Medicamentos Genéricos (Lei nº 9.787, de 10/02/1999) e a Lei das Patentes (Lei nº 9.279, de 14/05/1996), além da criação da ANVISA (Lei nº 9.782, de 26/01/ 1999), outra importante iniciativa para o crescimento do mercado farmacêutico brasileiro. Essas iniciativas trouxeram uma maior participação das empresas nacionais, trazendo competitividade para o mercado com a introdução de medicamentos genéricos, mais acessíveis para a população; além disso, a Lei das Patentes trouxe maior segurança ao mercado, estabelecendo uma proteção à propriedade intelectual das empresas, importante fator para o mercado farmacêutico. E por fim, a ANVISA instaurou uma maior segurança e qualidade dos produtos, além de ser essencial para a promoção de medicamentos essenciais para a população (POLLI *et al.*, 2015).

Segundo o IMS-IHI (2015), esses fatores são alguns dos motivos para que o mercado farmacêutico brasileiro, mesmo que afetado pela instabilidade política enfrentada pelo país, tenha uma projeção de crescimento satisfatória, podendo se tornar o quinto maior mercado farmacêutico do mundo até 2020, como mostra a Tabela 1, com perspectiva de 12% de crescimento do mercado, movimentando uma receita de US\$ 44 bilhões.

Tabela 1- *Ranking* global dos mercados farmacêuticos

Posição	2015	Index	Posição	2020	Index
1	Estados Unidos	100	1	Estados Unidos	100
2	China	27	2	China	30
3	Japão	18	3	Japão	14
4	Alemanha	10	4	Alemanha	9
5	França	8	<b>5</b>	<b>Brasil</b>	<b>8</b>
6	Reino Unido	7	6	Reino Unido	6
<b>7</b>	<b>Brasil</b>	<b>6</b>	7	Itália	5
8	Itália	6	8	França	5
9	Canadá	5	9	Índia	5
10	Espanha	4	10	Canadá	4

Fonte: Adaptado de IMS-IHI(2015)

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O mercado farmacêutico, embora aquecido e em expansão, é dominado por 10 grandes empresas, como mostrado na Tabela 2, fazendo com que o mercado farmacêutico seja considerado um oligopólio (TEIXEIRA, 2014).

Tabela 2 - Top 10 empresas farmacêuticas em número de produtos de 2018.

Posição em 2018	Empresa	Número de Medicamentos no Portfólio em 2018
1	Novartis	219
2	Takeda	211
3	Johnson & Johnson	208
4	AstraZeneca	194
5	Sanofi	192
6	Roche	189
7	GlaxoSmithKline	177
8	Merck & Co	176
9	Pfizer	163
10	Eli Lilly	124

Fonte: Adaptado de Lloyd (2019a)

Devido a essa estrutura de mercado, baseado no modelo Blockbuster, explorando sempre o medicamento mais rentável e principalmente voltados a doenças de gravidade considerável com alta incidência, faz com que o processo de P&D apresente um alto teor estratégico, já que a competição entre essas empresas ocorre basicamente pela eficiência na introdução de novos produtos (POLLI *et al.*, 2015). Com isso, uma seleção de portfólio de projetos bem estruturada e assertiva se torna extremamente importante para o mercado farmacêutico para manter a empresa competitiva no mercado, o que explicita a importância do presente trabalho.

### 1.3 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo aprimorar o processo de seleção de portfólio de projetos de uma empresa farmacêutica através da integração dos métodos AHP e VIKOR, sendo o primeiro relevante para a determinação da influência de cada critério para a estratégia da empresa, e o último para a determinação do *Ranking* de tomada de decisão.

#### 1.4 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para isso, foram realizadas reuniões com os três especialistas responsáveis pelo gerenciamento de portfólio de projetos da empresa, a fim de discutir e determinar a relevância de cada um dos critérios para a estratégia da empresa e reunir todas as informações qualitativas de todos os projetos da empresa. Após as reuniões, os dados levantados alimentaram uma planilha, desenvolvida no software Excel, com o intuito de gerar os pesos dos critérios e a lista com os melhores projetos a serem desenvolvidos.

#### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do presente trabalho de conclusão de curso é organizada em quatro capítulos. Após o capítulo 1, este que se apresenta, encontra-se o capítulo 2, que trata da fundamentação teórica, relacionada a seleção de portfólio de projetos, os métodos de apoio multicritério à decisão e os respectivos estilos escolhidos para compor o método do presente trabalho (AHP e VIKOR).

O capítulo 3 é destinado à abordagem metodológica do trabalho. É possível visualizar a estrutura da empresa estudada, a descrição dos especialistas responsáveis pelo gerenciamento de portfólio de projetos da empresa, a estrutura do modelo que será desenvolvido. O capítulo é finalizado com a explicação da modelagem axiomática normativa, a metodologia aplicada para o desenvolvimento desta dissertação.

Por fim, no capítulo 4 e 5 constam o desenvolvimento do trabalho, seus resultados e suas conclusões, respectivamente.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 GESTÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS

Segundo PMI (2017), um portfólio é uma coleção de projetos controlados por um grupo, com o intuito de atingir os objetivos estratégicos de uma organização. Seus componentes, ou projetos, podem ser independentes ou dependentes entre si, possuindo, ou não, objetivos em comum. Entretanto, os componentes de um portfólio compartilham recursos, tanto monetários quanto humanos e com isso, precisam ser analisados cuidadosamente para que seja possível atingir um portfólio balanceado.

Para isso, uma subárea da gestão de projetos possui ferramentas capazes de centralizar o gerenciamento de um conjunto de projetos, essa área é chamada de PPM, *Project Portfolio Management*, ou gerenciamento de portfólio de projetos e é baseada nos seguintes princípios (PMI, 2013):

- Excelência na execução estratégica;
- Foco na transparência, responsabilidade e sustentabilidade;
- Diminuição de riscos;
- Garantia de que os componentes estão alinhados com a estratégia da companhia;
- Otimização da utilização de recursos.

Os princípios descritos acima direcionam o processo de gerenciamento de portfólio de projetos ao seu objetivo: realizar os projetos corretos. Para isso, o PPM é utilizado com o intuito de visualizar o portfólio de projetos de uma empresa como um todo, para possibilitar não somente a priorização dos projetos que o compõe mas também facilitar a inserção e remoção de projetos, uma das tarefas mais importantes no gerenciamento de portfólio (DE REYCK *et al.*, 2005).

Com o intuito de facilitar essas tarefas, otimizando o portfólio, um dos principais elementos do PPM é o PPS, *Project Portfolio Selection*, ou seleção de portfólio de projetos, descrito na seção abaixo.

### 2.1.1 SELEÇÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS

A seleção de portfólio de projetos é um processo complexo estritamente relacionado com a comparação de uma gama de projetos, considerando principalmente a relação de cada um dos projetos com o objetivo da companhia, levando em consideração os recursos disponíveis (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999).

A complexidade do PPS, segundo Oliveira e Rabechini Jr. (2018), é resultado das seguintes condições:

- Objetivos múltiplos e conflitantes;
- Incertezas e riscos;
- Grande número de portfólios viáveis;
- Correlação entre projetos.

Para minimizar as influências desses fatores na seleção, um processo, que engloba desde a análise de projetos até técnicas de seleção, é utilizado e possui três etapas: considerações estratégicas, avaliação individual de projetos, e seleção de portfólio (SANTOS, 2013).

Segundo Archer e Ghasemzadeh (1999), a primeira atividade tem o intuito de estabelecer um foco estratégico e um orçamento para o portfólio, com o propósito de reduzir incertezas e riscos. A segunda é utilizada para analisar os projetos de forma independente, enquanto que na terceira etapa, os parâmetros de cada projeto, juntamente com a correlação entre eles, são considerados com o intuito de selecionar o melhor portfólio.

Para a última atividade mencionada, foram desenvolvidos vários métodos e técnicas para auxiliar a seleção de portfólios e a priorização dos projetos. Dentro da vasta gama de métodos estudados e desenvolvidos, alguns tipos se destacam (SILVA; NASCIMENTO; BELDERRAIN, 2007):

- Métodos financeiros (árvore de decisão e índice de produtividade);
- Métodos de estratégia do negócio;
- Diagramas de bolhas ou Mapas de portfólio;
- Métodos de otimização;
- Métodos de Apoio Multicritério à Decisão;
- Métodos Híbridos.

Para o presente trabalho, serão utilizados os métodos de apoio multicritério à decisão, descritos na próxima seção, para a seleção de um portfólio de projetos.

### 2.1.2 MÉTODOS DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

Os métodos MCDM – *Multicriteria Decision Making*, ou métodos de apoio multicritério à decisão, são métodos subjetivos que permitem representar as preferências dos tomadores de decisão, além de identificar outras possibilidades para o processo decisório. Esses métodos são capazes de reunir todas as características de um portfólio, inclusive não qualitativas, o que proporciona uma maior transparência e sistematização do processo decisório (STRAEHL; TEIXEIRA, 2017).

Segundo Straehl e Teixeira (2017), os métodos MCDM consideram mais de um aspecto e, portanto, para tomar ações, seguem um conjunto de critérios, todos baseados em funções matemáticas.

Na década de 1970, o desenvolvimento desses métodos foi acelerado, com o intuito de solucionar problemas com algumas das seguintes características (GOMES, 2007):

- Critérios conflitantes e compostos por no mínimo dois;
- Critérios e alternativas demasiadamente subjetivos;
- Critérios e alternativas interligados de alguma forma, de modo que uma escolha dependia da escolha de uma outra alternativa;
- Decisões dependiam de um conjunto de pessoas com pontos de vista distintos;
- Escala para determinado critério poderia ser numérica, verbal ou ordinal (pelo estabelecimento de ordem).

A partir dessas necessidades, uma gama de métodos, como mostra o Quadro 1, foram criados e podem ser divididos em dois grandes grupos: o ramo contínuo, conhecido como Otimização Vetorial ou Programação Multiobjetivo, cuja função está atrelada a problemas com alternativas infinitas, e o ramo discreto, ou Decisão Multicritério Discreta, atrelado a portfólios com alternativas finitas e um menor número de variáveis (STRAEHL; TEIXEIRA, 2017).

Quadro 1 - Lista de alguns métodos de apoio multicritério à decisão

Categoria	Métodos
Métodos Básicos	Soma Ponderada, Método Lexicográfico, Método de Máximo e Mínimo
Métodos de Síntese Única	TOPSIS, MAVT, UTA, SMART, AHP e EVAMIX
Métodos Outranking	ELECTRE, PROMETHEE, MELCHIOR; ORESTE e VIKOR
Métodos Mistos	QUALIFLEX, Métodos Fuzzy, Martel e Método Zara.

Fonte: Adaptado de San Cristóbal (2011).

Nota-se que os métodos MCDM são de extrema relevância para o mapeamento dos critérios e resolução de problemas. Para o presente trabalho, será analisado um dos métodos mais estudado e utilizado nos últimos 30 anos: o método AHP (HO, 2008).

## 2.2 MÉTODO AHP

A priorização de critérios é um dos principais pilares do desenvolvimento de um novo portfólio (PMI, 2013), e para que essa análise seja realizada de maneira eficaz, é preciso selecionar um método que seja capaz de classificar cada um dos critérios e compará-los de modo a auxiliar uma tomada de decisão. Um dos métodos capazes de realizar essa tarefa é o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Uma ferramenta amplamente utilizada por diversas áreas, como planejamento, engenharia e educação (HO, 2008; VAIDYA; KUMAR, 2006) que compara critérios par a par com o intuito de obter um vetor de prioridades através de avaliações subjetivas (MOTA; VASCONCELOS, 2014).

A ferramenta foi desenvolvida na década de 1970 pelo pesquisador americano Thomas L. Saaty, e sua metodologia está relacionada com a análise de problemas complexos através da construção de uma hierarquia de critérios, decompondo-o em diferentes níveis hierárquicos, definidos por: problema decisório, critérios, subcritérios e alternativas (SAATY, 1987), conforme expresso na Figura 4. Entretanto, uma estrutura hierárquica do AHP não necessariamente terá todos níveis presentes, variando conforme o projeto ou problema demandar.

Segundo Ribeiro, Passos e Teixeira (2011), dentro de uma estrutura hierárquica, pode-se utilizar as seguintes considerações para avaliação de alternativas:

- Para priorizar uma alternativa, pode-se avaliar, de maneira independente, os critérios, de modo a criar um resultado numérico;
- Cada subcritério é utilizado para valorizar os critérios;
- A valorização de subcritérios é realizada através de comparações par a par.

Figura 4 - Estrutura Hierárquica



Fonte: (SILVA, 2013)

Para que a comparação de critérios seja precisa, Saaty (1987) desenvolveu uma escala, denominada Escala Fundamental de Saaty, conforme apresentado na Tabela 3. A escala é composta por números ímpares que variam de 1, nível que representa a igualdade de importância entre os critérios, a 9, atribuição em que um critério é extremamente importante em relação ao outro. Cada número se relaciona com um valor verbal, variando de “mesma importância”, equivalente ao número 1, a “importância extrema”, análogo ao número 9. O limite superior dessa escala foi criado com o intuito de minimizar a disparidade entre os critérios e assim ter uma análise confiável. Além disso, os números pares são valores intermediários, utilizados para avaliações em que houver dúvida (RIBEIRO; PASSOS; TEIXEIRA, 2011).

Tabela 3- Escala fundamental de Saaty

Escala Numérica	Escala Verbal
1	Mesma importância
3	Importância moderada de um sobre o outro
5	Importância essencial ou forte
7	Importância muito forte
9	Importância extrema
2,4,6,8	Valores intermediários

Fonte: Adaptado de Al-Harbi (2001).

A partir dessa escala, é possível desenvolver uma matriz quadrada composta por comparações paritárias, o primeiro estágio para a aplicação do método AHP. Nessa matriz, as comparações são realizadas considerando a dominância que um termo possui sobre o outro (AL-HARBI, 2001).

Para que a matriz seja consistente, ela deve ser recíproca e positiva, ou seja,  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ , para todo  $a_{ji} > 0$  (OLIVEIRA; BELDERRAIN, 2008). Na Tabela 4 pode-se observar um exemplo genérico que expressa a estrutura de uma matriz típica utilizada no método descrito.

Tabela 4- Matriz Quadrada, Recíproca e Positiva de comparações paritárias

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5
Critério 1	1	1	5	7	5
Critério 2	1	1	3	7	3
Critério 3	1/5	1/3	1	5	3
Critério 4	1/7	1/7	1/5	1	1/5
Critério 5	1/5	1/3	1/3	5	1

Fonte: (PASSOS, 2010)

Cada um dos critérios da matriz necessita ser transformados em um auto vetor que seja capaz de classificar quantitativamente a influência dos critérios sobre a tomada de decisão. Para o método AHP, a Média Geométrica, representada pela equação 1, é o método mais eficaz e utilizado (COSTA *et al.*, 2010).

$$v_i = \left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \quad (1)$$

Através dessa fórmula, é possível determinar o peso de cada um dos critérios, também denominado auto vetor, que será expresso pela média geométrica de cada uma das linhas da matriz hierárquica (SAATY, 1987). Entretanto, para que os auto vetores representem a influência dos critérios sobre a decisão, é necessário realizar uma normalização desses valores, o que matematicamente é expresso pela divisão do auto vetor de cada linha pela soma dos auto vetores calculados, como representado na Tabela 5.

Tabela 5- Auto vetores associados à Tabela 4

	Auto Vetor	Auto Vetor Normalizado
<b>Critério 1</b>	2.81	40.22%
<b>Critério 2</b>	2.29	32.79%
<b>Critério 3</b>	1.00	14.32%
<b>Critério 4</b>	0.24	3.45%
<b>Critério 5</b>	0.64	9.23%
<b>Soma</b>	6.99	100.00%

Fonte: Próprio Autor.

Com o intuito de garantir que os julgamentos foram assertivos, Saaty (1987) desenvolveu dois índices capazes de definir a coerência dos pesos dos critérios; tais índices são denominados índice de consistência e índice de consistência randômico. Para que o índice de consistência (IC) seja calculado, primeiramente é necessário determinar o auto valor da matriz hierárquica  $\lambda_{max}$ , para que então, associado com o número de critérios  $n$ , seja possível calcular IC através da equação 2 (AL-HARBI, 2001).

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (2)$$

O índice de consistência randômico (IR) é um índice médio derivado de uma matriz aleatória recíproca de ordem 500 (SAATY, 1987). Os valores de IR são confiáveis à medida que são derivados de uma matriz de julgamentos de ordem elevada, o que está diretamente relacionada

com a diminuição da ocorrência de inconsistências (COSTA *et al.*, 2010). Os valores de IR estão expressos na Tabela 6.

Tabela 6- Índices de Consistência Randômica

<b>Índices de Consistência Randômica</b>								
<b>Ordem da Matriz</b>	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Valor de IR</b>	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Fonte: (COSTA *et al.*, 2010)

A razão entre os índices citados é denominada razão de consistência (RC). O RC, apresentado pela equação 3, foi desenvolvido com o intuito de avaliar o nível de inconsistência de uma matriz hierárquica, tendo que estar inferior que 0,1, ou 10%, para que o julgamento seja considerado válido (AL-HARBI, 2001).

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (3)$$

Com isso, pode-se determinar a consistência da matriz genérica apresentada na Tabela 4 através do cálculo do autovalor ( $\lambda_{max}$ ), seguido pelo cálculo dos índices descritos. Dessa forma, pode-se calcular a Razão de Consistência e consequentemente verificar a autenticidade do julgamento proposto. Na Tabela 7 pode-se verificar os resultados encontrados nesses cálculos que comprovam que as avaliações dos critérios foram realizadas corretamente:

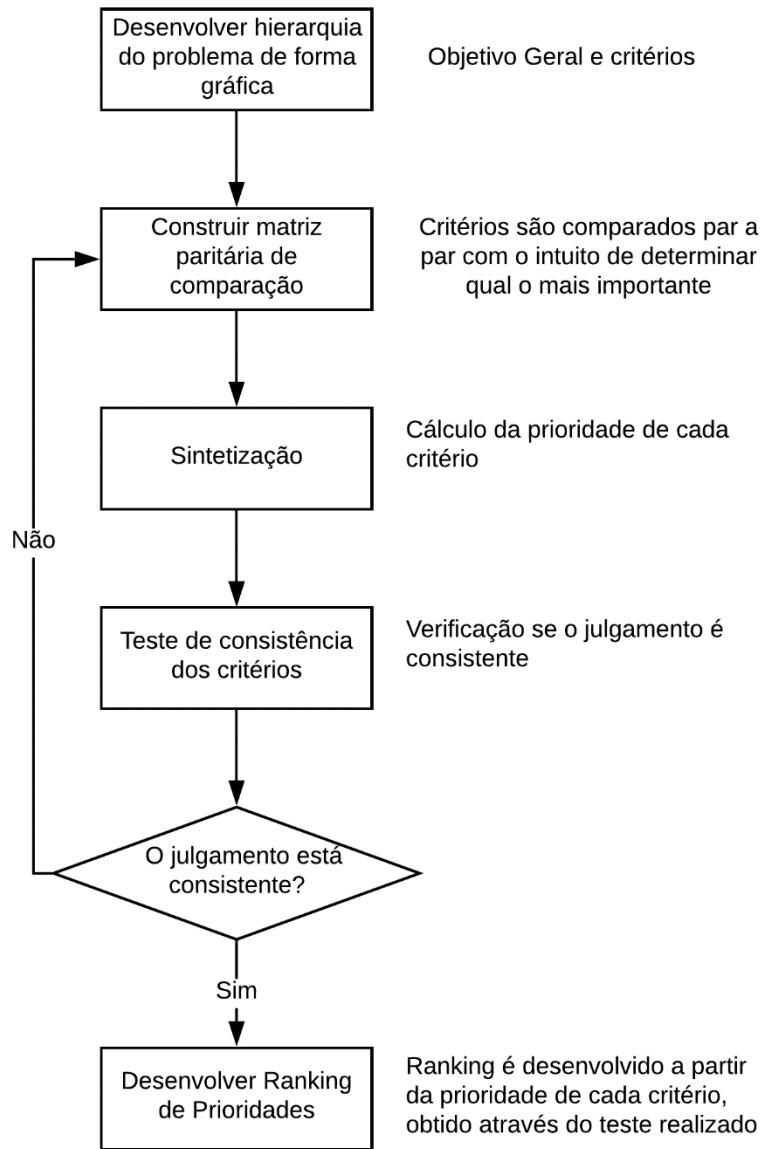
Tabela 7 - Dados associados à Tabela 4

<b>Dados associados à Tabela 2</b>			
<b><math>\lambda_{max}</math></b>	<b>IC</b>	<b>IR</b>	<b>RC</b>
5,2973	0,074	1,12	6,64%

Fonte: Próprio autor.

Com o cálculo da Razão de Consistência, o método é finalizado e o ciclo pode ser reiniciado para análises de diversos níveis da hierarquia. Ho (2008) , com o intuito de facilitar a compreensão e utilização do método descrito, desenvolveu um fluxograma que auxilia na construção de cada uma das etapas descritas, além de mostrar a simplicidade do método, fator fundamental para que seja tão relevante nas aplicações de tomada de decisão, como observado na Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma do Método AHP



Fonte: Adaptado de Ho (2008)

O presente método é de extrema relevância para a seleção de critérios pela sua capacidade de analisar os critérios inteligivelmente, por ser efetivo na avaliação de dados qualitativos e quantitativos e por utilizar métodos matemáticos pouco complexos (KAHRAMAN; CEBECI; RUAN, 2004).

Entretanto, o AHP apresenta algumas desvantagens relacionadas às avaliações dos tomadores de decisão. Julgamentos humanos são subjetivos e consequentemente carregados de incertezas,

pois resultam da percepção, avaliação e preferência de seus avaliadores, o que influencia nas pontuações do método e em seus resultados, o que não é considerado nesse método, prejudicando assim a confiabilidade no seu *ranking* de prioridades (MOHAMMADY; AMID, 2011). Além disso, o método não é recomendado para comparação aos pares de muitos projetos pois implicará em um elevado número de julgamentos, o que pode sobrecarregar os tomadores de decisão (AL-HARBI, 2001).

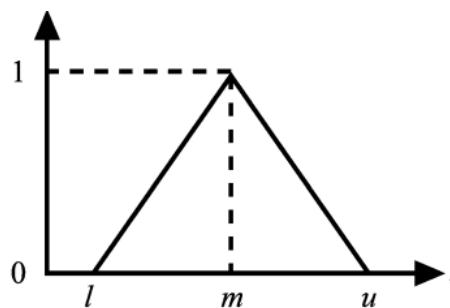
Ainda que o AHP seja amplamente utilizado e capaz de analisar dados qualitativos e quantitativos, este método não reflete a ambiguidade no estilo de pensamento humano. Em função da existência deste tipo de imprecisão, a efetividade do método em questão é enfraquecida, abrindo novos espaços para novas abordagens, como a aplicação da lógica *fuzzy* (TANG; BEYNON, 2005).

O método *fuzzy* AHP consiste nos mesmos conceitos definidos acima, porém a comparação é realizada com números *fuzzy*.

A lógica *fuzzy* permite capturar informações imprecisas, geralmente fornecidas por pessoas, para convertê-las em um formato numérico, considerando os valores intercessores. Desta forma, ela é uma teoria matemática para a representação de incertezas (POSSELT, 2009).

Segundo SAXENA (2009), existem diversas formas de representar um número *fuzzy*, podendo ser triangular, trapezoidal, gaussiana, etc. Dentre eles, a representação mais utilizada é a triangular ( $l, m, u$ ), que está representada na Figura 6.

Figura 6 – Representação Triangular de um número *fuzzy*



Fonte: (KARAMAN; DAGDEVIREN, 2015)

Neste vetor,  $m$  representa um dos valores da escala de Saaty apresentado na Tabela 3, a ser definido pelos avaliadores. Os valores  $l$  e  $u$  representam os valores mínimo e máximo, respectivamente.

O grau de *fuzzificação* ( $\delta$ ) representa o grau de imprecisão do julgamento, pertence ao intervalo  $[0;1]$ , e é responsável por definir os valores mínimo e máximo do vetor apresentado. No presente trabalho, o grau de *fuzzificação* será  $\delta = 1$ .

Assim, dado o valor de  $m$ , o número *fuzzy* associado poderá ser expresso como:

$$(m - \delta, m, m + \delta)$$

E o seu respectivo inverso, no caso de comparação entre dois critérios, será:

$$(1/(m + \delta), m, 1/(m - \delta))$$

Entretanto, a representação do número *fuzzy* triangular possui algumas exceções quando o valor  $m$  for igual a um dos extremos da escala da Saaty, ou seja, quando  $m = 1$  ou  $m = 9$ . Nestes casos, a representação será (LINHARES; GUSSEN; RIBAS, 2012):

$$(m, m, m)$$

Com isso, cada comparação pareada terá seu número *fuzzy*; esses vetores serão utilizados em cada uma das operações do método AHP tradicional, descrito acima. Entretanto, as operações matemáticas para números *fuzzy* diferem das operações dos números *crisp*, denominação dada para os números inteiros. No Quadro 2 pode-se observar as operações utilizadas no desenvolvimento do método (ALGULIYEV *et al.*, 2015). Neste quadro,  $\tilde{A}_1$  e  $\tilde{A}_2$  representam os números *fuzzy*  $(l_1, m_1, u_1)$  e  $(l_2, m_2, u_2)$ , respectivamente:

Quadro 2 – Operações Matemáticas para Números *Fuzzy*

Operações	Fórmulas	Resultados
Soma	$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2$	$(l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$
Subtração	$\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2$	$(l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2)$
Multiplicação	$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2$	$(l_1 * l_2, m_1 * m_2, u_1 * u_2)$
Divisão	$\tilde{A}_1 \oslash \tilde{A}_2$	$(l_1 \div l_2, m_1 \div m_2, u_1 \div u_2)$
Produto Escalar	$\tilde{A}_1 x k$	$(k * l_1, k * m_1, k * u_1)$

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

Assim, é possível determinar a relevância de cada critério para o processo de tomada de decisão considerando a incerteza das pontuações levantadas através de uma matriz de comparação de critérios composta por números *fuzzy*.

Analogamente ao método AHP tradicional, após a criação da matriz, é necessário definir o peso de cada critério. Segundo Loron (2015), esta definição consiste nas seguintes três etapas:

- Calcular a média geométrica de cada um dos critérios;
- Calcular o número *fuzzy* referente a soma das médias geométricas;
- Calcular o número *fuzzy* inverso ao da soma das médias geométricas.

Com esses três valores calculados, o peso de cada um dos critérios será a razão entre número *fuzzy* inverso ao número *fuzzy* soma e a média geométrica dos critérios. Após isso, é necessário realizar uma análise de consistência dos dados gerados a fim de compreender se as comparações são consistentes, assim como no método tradicional. De acordo com Patil e Kant (2014), para verificar se a comparação da matriz *fuzzy* é consistente, basta comparar com a análise de consistência da matriz *crisp* (valores reais fixos), proveniente do método tradicional, já apresentado nesta seção. Caso essa matriz seja consistente, a matriz *fuzzy* também será.

Subramanian e Ramanathan (2012) ressaltam a relevância do *fuzzy* AHP ao ser associado a outros métodos MCDM, como o VIKOR, apresentado na próxima seção juntamente com a abordagem *fuzzy* desse método, foco do presente trabalho. A associação dos métodos *fuzzy* AHP e *fuzzy* VIKOR é um tema com muitos estudos envolvidos, com abordagens em diversas áreas (HERNÁNDEZ SUÁREZ; PÁEZ; GIRAL RAMÍREZ, 2015; KAYA; KAHRAMAN, 2011; MOHAMMADY; AMID, 2011; MUÑOZ; ROMANA; ORDÓÑEZ, 2016; RAMEZANIYAN et al., 2012; REN et al., 2015; SALEHI, 2016).

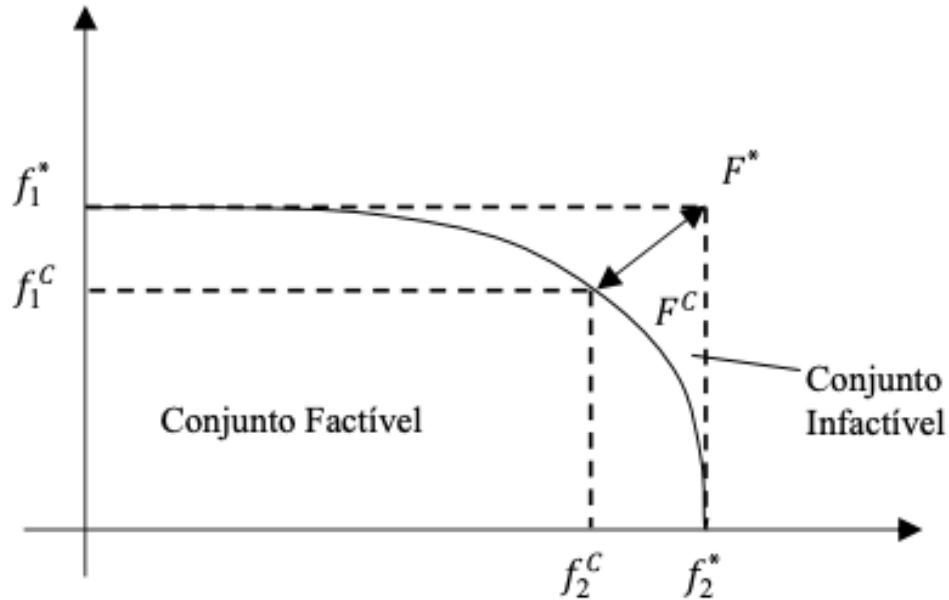
### 2.3 MÉTODO VIKOR

O método VIKOR (*VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje*), ou “Otimização Multicritério e Solução de Compromisso”, é um método sérvio desenvolvido em 1998 por Opricovic com o intuito de otimizar a classificação de multicritérios de sistemas complexos (OPRICOVIC, 1998).

Segundo Opricovic e Tzeng (2004), os sistemas complexos usualmente são caracterizados por possuírem critérios conflitantes que dificilmente são solucionados por um método capaz de satisfazê-los simultaneamente. A partir disso, a otimização de classificação multicritérios visa determinar a melhor solução compromisso factível para atender os critérios estabelecidos, baseando na importância de cada um deles, ou seja, um acordo que visa otimizar a tomada de decisão. Assim, o método VIKOR é utilizado para desenvolver um *ranking* que busca encontrar a solução mais próxima da ideal. Na Figura 7 está representado graficamente o que foi descrito,

na qual os pontos  $f^c$  representam uma pontuação factível de cada critério, formando a solução compromisso factível  $F^c$ , a mais “próxima” da solução ideal  $F^*$ , gerada pelas pontuações ideais representadas por  $f^*$ .

Figura 7 - Solução Ideal e Solução Compromisso



Fonte: (OPRICOVIC; TZENG, 2004)

O grande diferencial do método VIKOR é a utilização de dois pesos para ponderar a tomada de decisão: um deles é oriundo do critério, representado por  $w_i$ , e o outro provém do próprio método. Esse peso pondera a tomada de decisão se baseando na máxima utilidade do grupo, que é expressa pelo símbolo  $v$ , e pode variar de 0 a 1, mas usualmente se adota  $v = 0,5$  (TONG; CHEN; WANG, 2007).

Deste modo, para desenvolver o *ranking*, é preciso cumprir as cinco etapas que compõe o algoritmo de ordenação de compromisso, proposto pelo método.

A primeira etapa consiste em determinar os melhores e piores valores de cada uma das variáveis, representados por  $f$ . Para determinar cada um desses valores, é necessário interpretar cada variável individualmente, tendo em vista que uma variável pode apresentar características diretamente ou inversamente proporcionais; sendo que no primeiro caso devem ser considerados os maiores valores da variável e no segundo, o menor (KREUZBERG *et al.*, 2017). Matematicamente, o maior e o menor valor de cada variável, pode ser representado por  $f_i^*$  e  $f_i^-$ , respectivamente, como mostra as equações 4 e 5.

$$f_i^* = \max f_{ij} \quad (4)$$

$$f_i^- = \min f_{ij} \quad (5)$$

Posteriormente, é necessário calcular dois dos três *scores* utilizados no método VIKOR. Para a segunda etapa, são calculados o grupo de utilidade máxima e o peso individual mínimo, representados por  $S_j$  e  $R_j$ , respectivamente. Nota-se, nas equações 6 e 7, que o cálculo dos *scores* se baseia na utilização apenas dos valores das variáveis ( $f_i^*$  e  $f_i^-$ ), calculados na etapa anterior, e o peso dos critérios ( $w_i$ ) (KEUNECKE; HEIN; KROENKE, 2015).

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \frac{(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \quad (6)$$

$$R_j = \max \left[ w_i \frac{(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \right] \quad (7)$$

A terceira etapa consiste no cálculo do *score*  $Q_j$ , denominado índice de VIKOR. Para determinar esse *ranking*, será necessário calcular os valores máximos e mínimos dos *rankings*,  $S_j$  e  $R_j$ , previamente calculados na segunda etapa, além de ser utilizado o peso expresso pela máxima utilidade do grupo ( $v$ ) no cálculo de  $Q_j$ , como observa-se nas equações 8, 9 e 10. (OPRICOVIC; TZENG, 2004).

$$S^* = \min S_j ; S^- = \max S_j \quad (8)$$

$$R^* = \min R_j ; R^- = \max R_j \quad (9)$$

$$Q_j = v \frac{(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + (1 - v) \frac{(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (10)$$

Após o cálculo dos três *scores* do método, a quarta etapa consiste em ordená-los em diferentes *rankings*. Para  $S_j$ ,  $R_j$ , e  $Q_j$ , os menores valores obtidos possuem maior relevância (KREUZBERG *et al.*, 2017).

Assim, a última etapa consiste em analisar as alternativas do problema, sendo que serão preferidas aquelas que satisfizerem as duas condições propostas pelo método estudado.

A primeira condição, também conhecida como “Vantagem Aceitável”, consiste em avaliar o *score*  $Q_j$  de cada uma das alternativas, sendo que a alternativa  $a$  só será aceita caso a expressão,

apresentada pelas equações 11 e 12, seja verdadeira. Na expressão,  $a'$  representa a alternativa preferível,  $a''$  a alternativa imediatamente posterior e  $n$ , utilizado para o cálculo de  $DQ$ , o número de alternativas do sistema (OPRICOVIC; TZENG, 2004).

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (11)$$

$$DQ = \frac{1}{(n-1)} \quad (12)$$

Segundo Opricovic (1998), a segunda condição, ou condição da “Estabilidade Aceitável na Tomada de Decisão”, é mais comum quando  $v = 0,5$  e consiste em avaliar os dois *scores* restantes,  $S_j$  e  $R_j$ , de cada alternativa. Assim,  $a'$  satisfará essa condição, caso os valores de  $S_j$  e/ou  $R_j$  forem menores aos das demais alternativas.

Ainda segundo o autor, caso uma das condições não seja satisfeita, a tomada de decisão deve se basear no conjunto de soluções compromisso, que consistirão em:

- Se a Condição 2 não for satisfeita,  $a'$  e  $a''$  serão as alternativas preferíveis;
- Se a Condição 1 não for satisfeita,  $a'$ ,  $a''$ , ...,  $a^{(M)}$  podem ser escolhidas, sendo que  $a^{(M)}$  será determinada pela relação  $Q(a^{(M)}) - Q(a') < DQ$  para o maior valor de  $M$ , com o intuito de que as alternativas sejam o mais próximo possível umas das outras.

Analogamente ao método AHP, também é possível a utilização da abordagem *fuzzy* no método VIKOR pois para a obtenção do *ranking* dos projetos são utilizados dados provenientes de opiniões de avaliadores, o que pode trazer imprecisões para o modelo; a abordagem *fuzzy* minimiza esse problema por considerar as incertezas das avaliações, aumentando assim a precisão do modelo (ZADEH, 1965).

Segundo Chang (2014), a utilização dessa nova abordagem requer algumas adaptações nas cinco etapas apresentadas acima, envolvendo principalmente a substituição dos números inteiros utilizados nas equações por números *fuzzy*. Dessa forma, na primeira etapa, a denominação do peso de cada critério será dada por  $w_i = (l_i, m_i, u_i)$ . Adicionalmente, ainda que a abordagem tenha mudado, o maior e o menor valor de cada variável,  $f_i^*$  e  $f_i^-$ , seguirão calculados como já mostrado nas equações 4 e 5, respectivamente; entretanto, serão representados da seguinte forma:  $f_i^* = (l_i^*, m_i^*, u_i^*)$  e  $f_i^- = (l_i^-, m_i^-, u_i^-)$ .

Posteriormente, na segunda etapa, na qual calculamos dois,  $S_j$  e  $R_j$ , para definição do *ranking*, será necessário o cálculo de um novo parâmetro, o parâmetro diferença ( $d_{ij}$ ), que representará

a distância entre  $x_{ij}$ , o valor da variável, e o melhor valor de cada variável,  $f_i^*$  (OPRICOVIC, 2011). A expressão é representada pela equação 13.

$$d_{ij} = \frac{(f_i^* - x_{ij})}{(u_i^* - l_i^-)} \quad (13)$$

Após o cálculo desse parâmetro, é possível calcular os *scores*  $S_j$  e  $R_j$ , que serão representados pelos números *fuzzy*  $S_j = (S_j^l, S_j^m, S_j^u)$  e  $R_j = (R_j^l, R_j^m, R_j^u)$ , e calculados através das expressões representadas pelas equações 14 e 15 (WANG; CHANG, 2005).

$$S_j = \sum_{i=1}^n (w_i \otimes d_{ij}) \quad (14)$$

$$R_j = \max (w_i \otimes d_{ij}) \quad (15)$$

Para a terceira etapa, é necessário transformar todos os parâmetros utilizados para o cálculo do *score*  $Q_j$  em números *fuzzy*. Dessa forma, os principais parâmetros e o próprio *score* serão expressos por  $R^* = (R^{*l}, R^{*m}, R^{*u})$ ,  $R^- = (R^{-l}, R^{-m}, R^{-u})$ ,  $S^* = (S^{*l}, S^{*m}, S^{*u})$ ,  $S^- = (S^{-l}, S^{-m}, S^{-u})$ , que serão calculados pelas expressões já apresentadas nas equações (8) e (9), e  $Q_j = (Q_j^l, Q_j^m, Q_j^u)$ , calculado pela equação 16. Neste cálculo, apenas o peso expresso pela máxima utilidade do grupo, representado pelo símbolo  $v$ , que se manterá o mesmo, ou seja,  $v = 0.5$ .

$$Q_j = v \frac{(S_j - S^*)}{(S^{-u} - S^{*l})} \oplus (1 - v) \frac{(R_j - R^*)}{(R^{-u} - R^{*l})} \quad (16)$$

Segundo Opricovic (2011), para o método *fuzzy* VIKOR, a construção do *ranking* e análise da confiabilidade dos dados levantados serão idênticas às utilizadas para o método tradicional. Entretanto, para que possamos utilizar as equações 11 e 12, além das condições descritas acima, será necessário transformar todos os *scores*, representados em números *fuzzy*, em números *crisp*. Para isso, utiliza-se um processo denominado defuzzificação.

## 2.4 DEFUZZIFICAÇÃO

A defuzzificação é o processo de obter um número único através da transformação de um conjunto de números *fuzzy*, realizado através de um algoritmo de tomada de decisão que

seleciona o melhor número para representar o conjunto (MASOUM; FUCHS, 2015). Existem diversos métodos utilizados para defuzzificação como o Método dos Máximos (MoM), Método Média dos Máximos (CoM) e Método do Centróide (CoA), sendo o último o mais utilizado para realizar defuzzificações (SANTOS et al., 2014). Entretanto, apesar de amplamente difundido como um dos métodos mais utilizados, o Método do Centróide é considerado por muitos autores apenas uma aproximação tendo em vista que não é simples encontrar o centro da área de funções complexas além do método não ser capaz de diferenciar dois números *fuzzy* diferentes porém com o mesmo número *crisp*, consequentemente não sendo tão preciso; com isso, Opricovic e Tzeng desenvolveram, em 2003, o Método CFCS (*Converting Fuzzy Data into Crisp Score*), um método que, através de uma média ponderada que considera os valores *fuzzy* máximo e mínimo de cada grupo de números, resulta numa defuzzificação mais precisa (KARAMAN; DAGDEVIREN, 2015).

Para utilizar o CFCS, é necessário determinar alguns parâmetros utilizados pelo método. Primeiro, considerando um conjunto de números *fuzzy* do formato  $d_i = (d_{i1}, d_{i2}, d_{i3})$ , é preciso calcular o menor valor da extremidade esquerda e o maior valor da extremidade direita do conjunto de números *fuzzy*  $d_i$ , que serão representados por  $L_D$  e  $U_D$ , expressos pelas equações 17 e 18 (BAKIRCI et al., 2018).

$$L_D = \min d_{i1} \quad (17)$$

$$U_D = \max d_{i3} \quad (18)$$

Posteriormente, é necessário calcular a diferença entre o maior valor da extremidade direita e o menor valor da extremidade esquerda, representado por  $\Delta_D$  e calculado pela equação 19.

$$\Delta_D = U_D - L_D \quad (19)$$

Com os parâmetros calculados, o número *crisp*, representado por  $D_i$ , poderá ser determinado através da expressão apresentada na equação 20, marcando assim o final do método CFCS de defuzzificação.

$$D_i = L_D + \Delta_D \times \frac{(d_{i2}-L_D)(\Delta_D+d_{i3}-d_{i2})^2(U_D-d_{i1})+(d_{i3}-L_D)^2(\Delta_D+d_{i2}-d_{i1})^2}{(\Delta_D+d_{i2}-d_{i1})(\Delta_D+d_{i3}-d_{i2})^2(U_D-d_{i1})+(d_{i3}-L_D)(\Delta_D+d_{i2}-d_{i1})^2(\Delta_D+d_{i3}-d_{i2})} \quad (20)$$

### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

#### 3.1 OBJETO DE PESQUISA

A empresa estudada é uma farmacêutica multinacional pertencente a um grupo americano e tem como principais produtos medicamentos que fornecem tratamentos para necessidades médicas em seis áreas terapêuticas: Oncologia e Hematologia; Imunologia; Doenças Infecciosas e Vacinas; Neurociência; Doenças Cardiovasculares e Metabólicas e Hipertensão Pulmonar. A empresa está presente em mais de 150 países, possui mais de 35.000 funcionários mundialmente e iniciou suas atividades no Brasil em 1964, possuindo, atualmente, uma fábrica bem estruturada, responsável por produzir não somente produtos para o mercado interno, como também para exportação; centros de distribuição e escritórios comerciais pelo país.

A planta na qual este projeto será realizado está localizada no Vale do Paraíba, interior de São Paulo, e conta com mais de 300 funcionários. O projeto em questão, consiste na implementação de uma nova metodologia de seleção de portfólio de projetos, que será desenvolvido dentro da área de *Business Excellence*, que é um ramo do setor de *Supply Chain* da empresa responsável por acompanhar e otimizar a performance do negócio.

A equipe de projetos da empresa é composta pelos gerentes de projetos de cada uma das áreas: Gerente de Finanças, Gerente de Qualidade, Gerente de *Business Excellence*, Gerente de Engenharia, Gerente de Manufatura e Gerente de Compras. Entretanto, a empresa possui um time responsável pelo seu PPM, que consequentemente se responsabiliza pelo seu PPS, e é constituído por três membros: Gerente de *Business Excellence*, Supervisora de Projetos e Supervisor de NPI (*New Products Introduction*).

O Gerente de *Business Excellence* é responsável por garantir a competitividade da empresa, otimizando as variáveis dos projetos como qualidade, custo, tempo de desenvolvimento e objetivos financeiros; ele deve ser a interface direta do cliente com o projeto, garantindo que o resultado gerará o melhor custo-benefício para seu produto ou serviço. O Gerente possui nove anos de experiência de gerenciamento de projetos em corporações multinacionais na área de *Supply Chain*.

A Supervisora de *Business Excellence* é encarregada de liderar o gerenciamento de portfólio de projetos da empresa, sendo responsável pela performance financeira de todos os projetos. A

supervisora possui seis anos de experiência em empresas multinacionais, e grande conhecimento em estratégia do negócio, gerenciamento de portfólio de projetos e *Supply Chain*.

O Supervisor de NPIs é o responsável pelo gerenciamento dos projetos de novos produtos. É encarregado por fornecer suporte para toda a cadeia de introdução de novos produtos, além de estar envolvido na seleção, supervisão e mobilização de recursos de projetos, tanto compartilhados quanto dedicados. O Supervisor possui três anos de experiência como líder de introdução de novos produtos, quatro anos de experiência com planejamento de *Supply Chain*, ambas em empresas multinacionais, além de grande experiência com gerenciamento de projetos. A empresa possui atualmente, como método de tomada de decisão, o método GUT, implementado pelo time de PPM apresentado acima. Segundo Gomes (2006), o objetivo dessa ferramenta é priorizar as tarefas levando em consideração os seguintes aspectos de cada um dos itens:

- Gravidade (G): relacionado com o impacto do critério sobre os processos e a organização;
- Urgência (U): relacionado com o tempo disponível para a resolução do problema;
- Tendência (T): potencial crescimento do problema.

Ainda segundo o autor, para cada um desses itens, atribui-se uma nota de 1 a 5 para cada um dos critérios descritos, e após a distribuição de seus valores; a multiplicação dos fatores será o grau de importância do problema, quanto maior for o valor, maior a prioridade. Apesar de ter a simplicidade como seu diferencial, a grande desvantagem do método GUT é a possibilidade de empate entre os problemas e a falta de comparação entre os critérios mencionados acima. Dessa forma, com um empate, não há a possibilidade de determinar qual o primeiro problema, ou projeto, que deve ser resolvido, ou escolhido. Sem a comparação entre os critérios, não é possível determinar qual o principal fator para a tomada de decisão, o que prejudica a tomada de decisão (FERREIRA; OLIVEIRA; GARCIA, 2014).

O presente projeto visa mitigar esse problema tornando o processo de tomada de decisão mais robusto. Para isso, a proposta é a implementação do método *fuzzy AHP*, associado com o método *fuzzy VIKOR*, com o intuito de realizar comparações paritárias entre os critérios, o que permite a determinação da influência de cada critério de acordo com a necessidade de cada situação. Além disso, há a possibilidade do desenvolvimento de um *ranking* de prioridades mais

confiável, por utilizar um método capaz de comparar três *scores* diferentes para determinar a alternativa mais próxima da ideal.

### 3.2 MODELO

O modelo proposto pelo presente trabalho foi desenvolvido em conjunto com o time de PPM da empresa estudada. Primeiramente foi construído uma matriz hierárquica com os critérios de maior relevância para a estratégia da empresa, através do método *fuzzy AHP*. Os critérios, propostos pelos especialistas, foram:

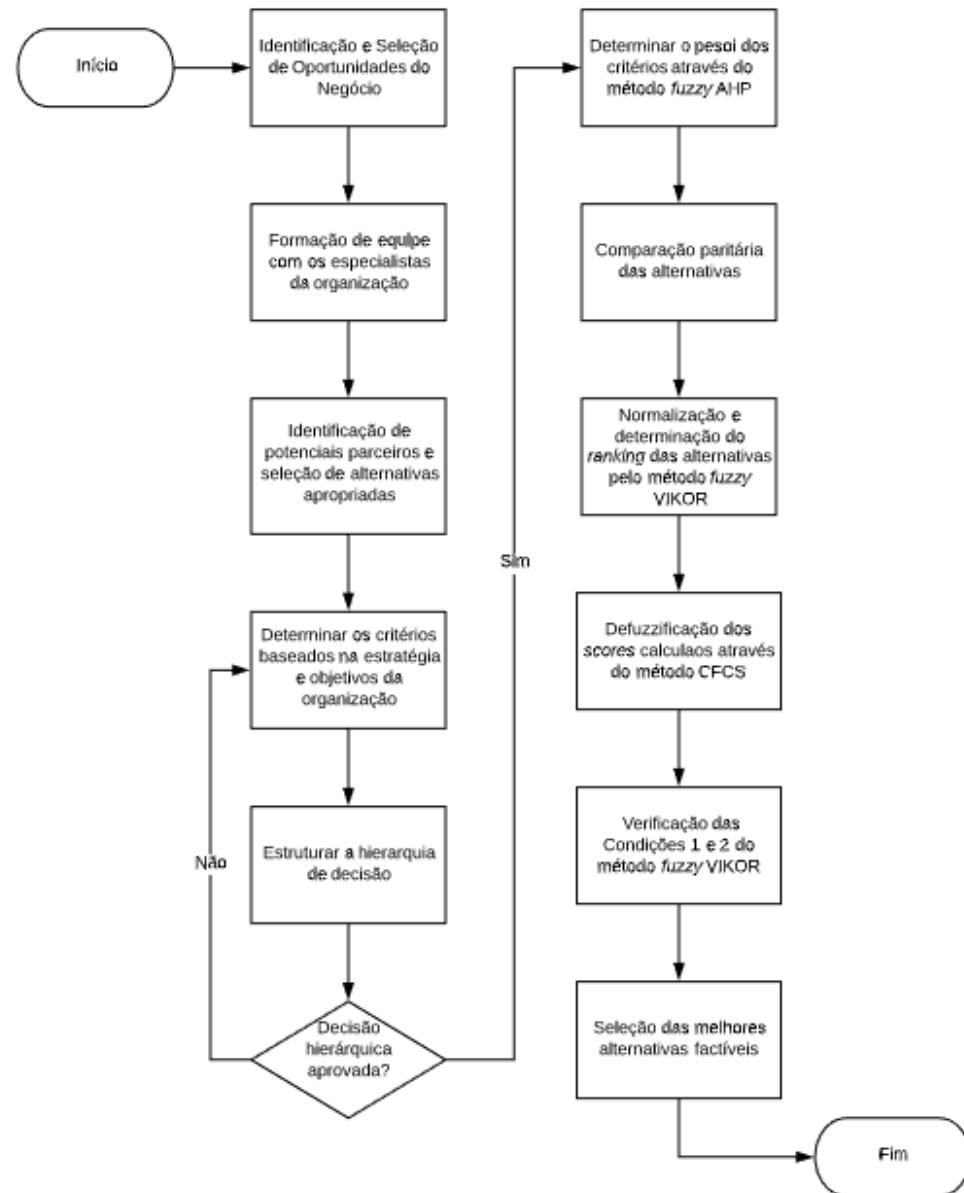
- Impacto na Estratégia: para que a seleção de projetos seja efetiva, é importante determinar se o projeto proposto está alinhado com a atual estratégia da empresa;
- Investimento: neste critério foi avaliado o custo de cada projeto, e qual o impacto no caixa disponível da empresa. Este valor representa o custo naquele determinado ano;
- Valor Presente Líquido (VPL): este parâmetro tem como intuito verificar a diferença entre o valor inicial investido no projeto e o valor presente dos fluxos de caixa projetados deste mesmo projeto;
- Risco: para que a seleção de projetos seja efetiva, é importante determinar o risco que o projeto traz para a empresa caso não seja realizado. O intuito deste parâmetro é analisar o impacto do projeto sobre o paciente final.

Com o intuito de determinar a relevância de cada um dos itens para a escolha do portfólio de projetos, foram feitas comparações paritárias, realizadas em conjunto com o time de especialistas da empresa.

Com o método *fuzzy AHP* finalizado, o peso de cada um dos critérios foi utilizado para a implementação do método *fuzzy VIKOR*, que utiliza tal fator para o cálculo de seus scores. Para isso, foram inseridas todas as características quantitativas dos projetos; as características qualitativas foram representadas por números *fuzzy* enquanto que as quantitativas foram expressadas em números *crisp*, que foram fornecidas tanto pelo time de especialistas quanto pelos líderes dos projetos, e foram baseadas nos critérios *rankeados* pelo método *fuzzy AHP*. Com esses dados, os três *scores* (S, Q e R) foram defuzzificados através do método CFCS e então três *rankings* foram gerados, representados por números *crisp*, um para cada *score* do método *fuzzy VIKOR* (S, Q e R).

O modelo foi finalizado assim que as condições do método *fuzzy* VIKOR, descritas no capítulo 2.3, forem satisfeitas, o que gerou um *ranking* dos projetos, possibilitando a escolha de um portfólio alinhado com a estratégia da empresa. Na Figura 8, encontra-se um fluxograma que representa a estrutura do modelo desenvolvido.

Figura 8 - Diagrama do método proposto



Fonte: Adaptado de Mohammady e Amid (2011)

### 3.3 MÉTODO DE PESQUISA

Segundo Sargent (2011), a utilização da modelagem como suporte para tomada de decisão vem crescendo consideravelmente. Esta metodologia tem como princípio a construção de modelos capazes de determinar oportunidades de melhoria para um sistema, através da identificação de problemas e formulação de estratégias (PIMENTEL, 2015).

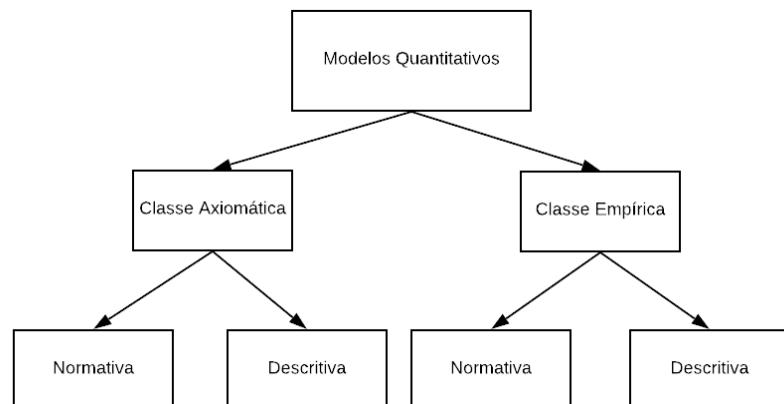
Para o desenvolvimento de um modelo de simulação, existem três etapas a serem cumpridas (CHWIF; MEDINA, 2007):

- **Concepção:** está relacionada com a determinação dos objetivos a serem alcançados e o sistema a ser simulado. O modelo conceitual é desenhado nessa etapa;
- **Implementação:** nesta etapa a simulação computadorizada é modelada;
- **Análise:** é o momento onde as simulações são efetuadas e os resultados analisados. É a etapa de experimentação do modelo.

Os modelos podem ser classificados em concretos ou abstratos. Os modelos concretos são protótipos utilizados para simulações, como por exemplo aeromodelos para experimentos em túneis de vento. Já os modelos abstratos, a classificação utilizada nesse presente trabalho, é utilizada para calcular valores numéricos e comumente utilizam técnicas matemáticas e estatísticas para analisar quantitativamente os resultados de cada sistema (PIMENTEL, 2015).

Para estudos de modelos abstratos, existem duas classes de pesquisa que podem ser utilizadas, que são subdivididas em mais duas subclasses, como mostra a Figura 9.

Figura 9 - Pesquisas baseadas em modelos quantitativos



Fonte: Adaptado de Pimentel (2015)

Dentro das opções possíveis mostradas na Figura 9, será utilizado um modelo axiomático normativo, cujo modelo de pesquisa (axiomática normativa) é baseado em modelos de programação matemática que indicam uma decisão a ser tomada para determinado problema (PIMENTEL, 2015).

Para que esse modelo seja efetivo, a terceira etapa, a de análise, apresentada anteriormente, deve ser bem desenvolvida pois está intrinsecamente relacionada com o levantamento de dados, importante para a validação de um método integrado de tomada de decisão.

Nesta etapa, será realizado um questionário aos especialistas envolvidos. Dentro desse contexto, serão coletados dois tipos de dados: os primários e os secundários. Os primários, provenientes de observações e discussões, são subjetivos e, portanto, estarão relacionados com a determinação da relevância dos critérios. Já os secundários, dados numéricos, possuem uma interpretação mais simples por necessitarem apenas de uma análise matemática e dessa forma estarão relacionados com o desenvolvimento do *ranking* dos projetos a serem selecionados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 MODELAGEM

#### 4.1.1 ATRIBUIÇÃO DE PESOS POR MEIO DO MÉTODO *FUZZY AHP*

Para selecionar os principais critérios do modelo, uma discussão foi estruturada com os avaliadores com o intuito de definir as principais variáveis decisórias para a confecção de um portfólio estratégico para a companhia. Ao decorrer das reuniões, foram revisados os critérios já utilizados na matriz GUT para verificar se eram os mais apropriados para o atual momento da empresa, além da discussão da inclusão de novas variáveis no modelo. Após uma série de reuniões, foram definidos os seguintes critérios: Impacto na Estratégia, Investimento, Valor Presente Líquido (VPL) e Risco, já descritos na seção 3.

Com os critérios definidos, iniciou-se o método *fuzzy AHP*, pelo qual foi possível determinar os pesos relativos de cada critério. A atribuição de pesos foi realizada seguindo as seguintes etapas:

1. Comparação paritária entre os quatro critérios selecionados por meio da escala fundamental de Saaty (1987), que classifica a relevância numa escala de 1 a 9. Por se tratar de um método com uma abordagem *fuzzy*, as pontuações dadas pelos especialistas são representadas pelo valor central de cada vetor, e as extremidades as pontuações considerando o grau de fuzzificação utilizado ( $\delta = 1$ ), que considera a incerteza das avaliação. Dessa forma, foi possível gerar a Tabela 8, que contém os resultados de cada comparação paritária.

Tabela 8 – Matriz de Comparação Paritária dos Critérios do Modelo

	Investimento	Estratégia	VPL	Risco
Investimento	(1,1,1)	(1/7,1/6,1/5)	(1/9,1/9,1/9)	(1/8,1/7,1/6)
Estratégia	(5,6,7)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)
VPL	(9,9,9)	(2,3,4)	(1,1,1)	(2,3,4)
Risco	(6,7,8)	(1,2,3)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)

Fonte: Próprio Autor.

2. Com as comparações pontuadas, determinou-se o autovetor (média geométrica) de cada linha. Com o auxílio de um software de planilha eletrônica, foi possível calcular os vetores, conforme consta na Tabela 9.

Tabela 9 – Autovetores do Modelo

Critérios	Autovetores
<b>Investimento</b>	(0,211, 0,227, 0,247)
<b>Estratégia</b>	(0,803, 1, 1,368)
<b>VPL</b>	(2,449, 3, 3,464)
<b>Risco</b>	(1,107, 1,470, 1,861)

Fonte: Próprio Autor

3. No método *fuzzy AHP*, algumas etapas são adicionadas para normalizar os autovetores e consequentemente obter uma representação do peso de cada um dos critérios no modelo. Para isso, é necessário calcular o vetor soma, representado pela soma dos autovetores representados na Tabela 9. Após isso, devemos calcular o vetor recíproco, representado pelo inverso do vetor soma, que será utilizado para definir o peso dos critérios definidos. Por fim, este último será definido pela razão entre o vetor recíproco e os autovetores. Os pesos estão representados na Tabela 10.

Tabela 10 – Peso *Fuzzy* dos Critérios

Critérios	Peso <i>Fuzzy</i> dos Critérios
<b>Investimento</b>	(0,030, 0,040, 0,054)
<b>Estratégia</b>	(0,116, 0,176, 0,299)
<b>VPL</b>	(0,353, 0,527, 0,758)
<b>Risco</b>	(0,159, 0,258, 0,407)

Fonte: Próprio Autor

4. Com os pesos de cada critério já definidos, o método *fuzzy AHP* exige a análise de consistência, com o intuito de verificar se a matriz está consistente. Como descrito na seção 2.2, a análise pode ser realizada com a matriz *crisp*, através do método AHP tradicional. As Tabelas 11 e 12 mostram a matriz *crisp* a ser utilizada e os autovetores e autovetores normalizados calculados, respectivamente. Já a Tabela 13 fornece os dados

da análise de consistência, mostrando os resultados dos cálculos de  $\lambda_{max}$ , IC e RC, calculada com o auxílio da tabela de índice randômico de Saaty, já apresentada na seção 2.2. As comparações são consideradas válidas se a razão de consistência (RC) for inferior a 10%, o qual ocorreu no modelo estudado.

Tabela 11 – Matriz *Crisp* de Comparações Paritárias do Modelo

	<b>Investimento</b>	<b>Estratégia</b>	<b>VPL</b>	<b>Risco</b>
<b>Investimento</b>	1	1/6	1/9	1/7
<b>Estratégia</b>	6	1	1/3	1/2
<b>VPL</b>	9	3	1	3
<b>Risco</b>	7	2	1/3	1

Fonte: Próprio Autor

Tabela 12 – Autovetores

<b>Critérios</b>	<b>Autovetores</b>	<b>Autovetores Normalizados</b>
<b>Investimento</b>	0,227	3,98%
<b>Estratégia</b>	1,000	17,55%
<b>VPL</b>	3,000	52,66%
<b>Risco</b>	1,470	25,80%

Fonte: Próprio Autor

Tabela 13 – Análise de Consistência do Modelo

<b>Índices</b>	<b>Valores</b>
$\lambda_{max}$	4,132
<b>IC</b>	0,044
<b>RC</b>	4,90%

Fonte: Próprio Autor

#### 4.1.2 RANKING DAS VARIÁVEIS POR MEIO DO MÉTODO FUZZY VIKOR

O modelo de gerenciamento de projetos proposto neste trabalho utilizará os pesos dos critérios, já definidos e validados pelo método fuzzy AHP, como entrada para o desenvolvimento de um *ranking* de priorização através do método *fuzzy* VIKOR.

Para viabilizar a construção deste modelo, foi acordado com os avaliadores que os projetos a serem avaliados seriam os projetos propostos da empresa para 2020; entretanto, por motivos de confidencialidade, não foram utilizados os nomes dos projetos, foram apenas numerados de 1 a 24. Para concluir o *ranking* do modelo estudado, o método *fuzzy* VIKOR seguirá as seguintes etapas:

1. Com isso, a primeira etapa para a elaboração foi o desenvolvimento da matriz de variáveis para cada projeto, as quais foram devidamente pontuadas pelo grupo de avaliadores conjuntamente, como representado na Tabela 14. Para esse estudo, as variáveis quantitativas foram consideradas como números *crisp* (valor real fixo), já as qualitativas foram estudadas como sendo números *fuzzy* por estarem relacionadas com as opiniões dos especialistas.

Tabela 14 – Matriz de Pontuação dos Projetos

Projetos	Investimento	Estratégia	VPL	Risco
Projeto 1	\$200.000,00	(9,9,9)	\$120.055,10	(1,1,1)
Projeto 2	\$147.000,00	(9,9,9)	\$87.869,90	(1,1,1)
Projeto 3	\$147.000,00	(5,6,7)	\$98.823,50	(3,4,5)
Projeto 4	\$147.000,00	(2,3,4)	\$299.852,00	(5,6,7)
Projeto 5	\$147.000,00	(2,3,4)	\$591.438,50	(2,3,4)
Projeto 6	\$1.160.000,00	(1,2,3)	\$940.273,20	(3,4,5)
Projeto 7	\$40.000,00	(1,2,3)	\$53.475,90	(6,7,8)
Projeto 8	\$975.700,00	(5,6,7)	\$651.211,30	(6,7,8)
Projeto 9	\$150.000,00	(5,6,7)	\$86.633,70	(6,7,8)
Projeto 10	\$60.000,00	(2,3,4)	\$35.650,60	(1,2,3)
Projeto 11	\$375.000,00	(1,1,1)	\$334.224,60	(1,1,1)
Projeto 12	\$950.000,00	(1,1,1)	\$826.352,50	(9,9,9)
Projeto 13	\$2.000.000,00	(9,9,9)	\$66.832,50	(1,1,1)
Projeto 14	\$578.000,00	(1,2,3)	\$512.166,90	(6,7,8)
Projeto 15	\$500.000,00	(1,1,1)	\$752.016,50	(7,8,9)
Projeto 16	\$414.000,00	(1,1,1)	\$359.534,40	(5,6,7)
Projeto 17	\$500.000,00	(7,8,9)	\$660.162,70	(5,6,7)
Projeto 18	\$150.000,00	(1,1,1)	\$323.715,30	(9,9,9)
Projeto 19	\$147.000,00	(2,3,4)	\$126.204,00	(5,6,7)
Projeto 20	\$1.335.639,32	(9,9,9)	\$1.112.682,60	(1,1,1)
Projeto 21	\$470.725,03	(9,9,9)	\$388.687,50	(1,1,1)
Projeto 22	\$608.800,50	(9,9,9)	\$473.870,40	(1,1,1)
Projeto 23	\$608.800,50	(9,9,9)	\$473.884,40	(1,1,1)
Projeto 24	\$300.000,00	(9,9,9)	\$233.517,10	(1,1,1)

Fonte: Próprio Autor

2. Com a matriz já construída, pode-se calcular os valores máximos e mínimos de cada uma das variáveis apresentados na Tabela 14. Para os critérios tidos como benéficos, o maior valor será considerado o melhor, enquanto que para os critérios do tipo não benéficos, serão aqueles cujo menor valor será desejado. Dessa forma, para esse modelo

teremos como benéficos os critérios Estratégia e Risco e como não benéficos VPL e Investimento. Na Tabela 15, pode-se encontrar os valores dos melhores e piores valores da matriz, representados por  $f_i^*$  e  $f_i^-$ , respectivamente.

Tabela 15 – Melhores e Piores Variáveis

	<b>Investimento</b>	<b>Estratégia</b>	<b>VPL</b>	<b>Risco</b>
$f_i^*$	\$40.000,00	(9,9,9)	\$35.650,60	(9,9,9)
$f_i^-$	\$2.000.000,00	(1,1,1)	\$1.112.682,60	(1,1,1)

Fonte: Próprio Autor

3. Após se ter todos os projetos avaliados e os melhores e piores valores de cada critério definidos, os cálculos dos parâmetros diferença, representados por  $d_{ij}$ , de cada uma das variáveis qualitativas do método podem ser feitos, ou seja, para as variáveis Estratégia e Risco. Com esses parâmetros calculados, é possível calcular o *score* S dos critérios que posteriormente será utilizado para determinar os *scores*  $S_j$  e  $R_j$  do método *fuzzy* VIKOR. Estes serão calculados pela soma dos parâmetros S de cada critério e pela identificação do valor máximo dos *scores* S, respectivamente. Os resultados foram gerados nas Tabela 16 a 19.

Tabela 16 – Cálculo dos Parâmetros Diferença

<b>Projetos</b>	<b><math>d_{ESTRATÉGIA}</math></b>	<b><math>d_{RISCO}</math></b>
Projeto 1	(0,0,0)	(1,1,1)
Projeto 2	(0,0,0)	(1,1,1)
Projeto 3	(0,25, 0,375, 0,5)	(0,75, 0,625, 0,5)
Projeto 4	(0,625, 0,75, 0,875)	(0,5, 0,375, 0,25)
Projeto 5	(0,625, 0,75, 0,875)	(0,875, 0,75, 0,625)
Projeto 6	(0,75, 0,875, 1)	(0,75, 0,625, 0,5)
Projeto 7	(0,75, 0,875, 1)	(0,375, 0,25, 0,125)
Projeto 8	(0,25, 0,375, 0,5)	(0,375, 0,25, 0,125)
Projeto 9	(0,25, 0,375, 0,5)	(0,375, 0,25, 0,125)
Projeto 10	(0,625, 0,75, 0,875)	(1, 0,875, 0,75)
Projeto 11	(1,1,1)	(1,1,1)
Projeto 12	(1,1,1)	(0,0,0)
Projeto 13	(0,0,0)	(1,1,1)
Projeto 14	(0,75, 0,875, 1)	(0,375, 0,25, 0,125)
Projeto 15	(1,1,1)	(0,25, 0,125, 0)
Projeto 16	(1,1,1)	(0,5, 0,375, 0,25)
Projeto 17	(0, 0,125, 0,250)	(0,5, 0,375, 0,25)
Projeto 18	(1,1,1)	(0,0,0)
Projeto 19	(0,625, 0,75, 0,875)	(0,5, 0,375, 0,25)
Projeto 20	(0,0,0)	(1,1,1)
Projeto 21	(0,0,0)	(1,1,1)
Projeto 22	(0,0,0)	(1,1,1)
Projeto 23	(0,0,0)	(1,1,1)
Projeto 24	(0,0,0)	(1,1,1)

Fonte: Próprio Autor

Tabela 17 – Cálculo dos Scores S dos Critérios de Investimento e Estratégia

<b>Projetos</b>	<b><math>S_{INVESTIMENTO}</math></b>	<b><math>S_{ESTRATÉGIA}</math></b>
Projeto 1	(0,002, 0,003, 0,004)	(0,0,0)
Projeto 2	(0,002, 0,002, 0,003)	(0,0,0)
Projeto 3	(0,002, 0,002, 0,003)	(0,029, 0,066, 0,15)
Projeto 4	(0,002, 0,002, 0,003)	(0,072, 0,132, 0,262)
Projeto 5	(0,002, 0,002, 0,003)	(0,072, 0,132, 0,262)
Projeto 6	(0,017, 0,023, 0,031)	(0,087, 0,154, 0,299)
Projeto 7	(0,0,0)	(0,087, 0,154, 0,299)
Projeto 8	(0,015, 0,019, 0,026)	(0,029, 0,066, 0,15)
Projeto 9	(0,002, 0,002, 0,003)	(0,029, 0,066, 0,15)
Projeto 10	(0, 0, 0,001)	(0,072, 0,132, 0,262)
Projeto 11	(0,005, 0,007, 0,009)	(0,116, 0,176, 0,299)
Projeto 12	(0,014, 0,018, 0,025)	(0,116, 0,176, 0,299)
Projeto 13	(0,03, 0,04, 0,054)	(0,0,0)
Projeto 14	(0,008, 0,011, 0,015)	(0,087, 0,154, 0,299)
Projeto 15	(0,007, 0,009, 0,013)	(0,116, 0,176, 0,299)
Projeto 16	(0,006, 0,008, 0,01)	(0,116, 0,176, 0,299)
Projeto 17	(0,007, 0,009, 0,013)	(0, 0,022, 0,075)
Projeto 18	(0,002, 0,002, 0,003)	(0,116, 0,176, 0,299)
Projeto 19	(0,002, 0,002, 0,003)	(0,072, 0,132, 0,262)
Projeto 20	(0,02, 0,026, 0,036)	(0,0,0)
Projeto 21	(0,007, 0,009, 0,012)	(0,0,0)
Projeto 22	(0,009, 0,012, 0,016)	(0,0,0)
Projeto 23	(0,009, 0,012, 0,016)	(0,0,0)
Projeto 24	(0,004, 0,005, 0,007)	(0,0,0)

Fonte: Próprio Autor

Tabela 18 – Cálculo dos Scores S dos Critérios VPL e Risco

Projetos	$S_{VPL}$	$S_{RISCO}$
Projeto 1	(0,028, 0,041, 0,059)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 2	(0,017, 0,026, 0,037)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 3	(0,021, 0,031, 0,044)	(0,12, 0,161, 0,204)
Projeto 4	(0,087, 0,129, 0,186)	(0,08, 0,097, 0,102)
Projeto 5	(0,182, 0,272, 0,391)	(0,14, 0,194, 0,255)
Projeto 6	(0,296, 0,442, 0,637)	(0,12, 0,161, 0,204)
Projeto 7	(0,006, 0,009, 0,013)	(0,06, 0,065, 0,051)
Projeto 8	(0,202, 0,301, 0,433)	(0,06, 0,065, 0,051)
Projeto 9	(0,017, 0,025, 0,036)	(0,06, 0,065, 0,051)
Projeto 10	(0,0,0)	(0,159, 0,226, 0,305)
Projeto 11	(0,098, 0,146, 0,210)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 12	(0,259, 0,387, 0,556)	(0,0,0)
Projeto 13	(0,01, 0,015, 0,022)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 14	(0,156, 0,233, 0,335)	(0,06, 0,065, 0,051)
Projeto 15	(0,235, 0,35, 0,504)	(0,04, 0,032, 0)
Projeto 16	(0,106, 0,158, 0,228)	(0,08, 0,097, 0,102)
Projeto 17	(0,205, 0,305, 0,439)	(0,08, 0,097, 0,102)
Projeto 18	(0,094, 0,141, 0,203)	(0,0,0)
Projeto 19	(0,03, 0,044, 0,064)	(0,08, 0,097, 0,102)
Projeto 20	(0,353, 0,527, 0,758)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 21	(0,116, 0,173, 0,248)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 22	(0,144, 0,214, 0,308)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 23	(0,144, 0,214, 0,308)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 24	(0,065, 0,097, 0,139)	(0,159, 0,258, 0,407)

Fonte: Próprio Autor

Tabela 19 – Cálculo dos *Scores* S e R

Projetos	Score $S_i$	Score $R_i$
Projeto 1	(0,159, 0,258, 0,407)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 2	(0,159, 0,258, 0,407)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 3	(0,12, 0,161, 0,204)	(0,12, 0,161, 0,204)
Projeto 4	(0,087, 0,132, 0,262)	(0,087, 0,132, 0,262)
Projeto 5	(0,182, 0,272, 0,391)	(0,182, 0,272, 0,391)
Projeto 6	(0,296, 0,442, 0,637)	(0,296, 0,442, 0,637)
Projeto 7	(0,006, 0,009, 0,013)	(0,087, 0,154, 0,299)
Projeto 8	(0,202, 0,301, 0,433)	(0,202, 0,301, 0,433)
Projeto 9	(0,017, 0,025, 0,036)	(0,06, 0,066, 0,150)
Projeto 10	(0,0,0)	(0,159, 0,226, 0,305)
Projeto 11	(0,098, 0,146, 0,210)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 12	(0,259, 0,387, 0,556)	(0,259, 0,387, 0,556)
Projeto 13	(0,01, 0,015, 0,022)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 14	(0,156, 0,233, 0,335)	(0,156, 0,233, 0,335)
Projeto 15	(0,235, 0,35, 0,504)	(0,235, 0,35, 0,504)
Projeto 16	(0,106, 0,158, 0,228)	(0,116, 0,176, 0,299)
Projeto 17	(0,205, 0,305, 0,439)	(0,205, 0,305, 0,439)
Projeto 18	(0,094, 0,141, 0,203)	(0,116, 0,176, 0,299)
Projeto 19	(0,03, 0,044, 0,064)	(0,08, 0,132, 0,262)
Projeto 20	(0,353, 0,527, 0,758)	(0,353, 0,527, 0,758)
Projeto 21	(0,116, 0,173, 0,248)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 22	(0,144, 0,214, 0,308)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 23	(0,144, 0,214, 0,308)	(0,159, 0,258, 0,407)
Projeto 24	(0,065, 0,097, 0,139)	(0,159, 0,258, 0,407)

Fonte: Próprio Autor

4. Com os *scores* S e R calculados, é possível determinar os valores máximos e mínimos de ambos *scores*, apresentados na Tabela 20. Nesta tabela,  $R^*$  e  $S^*$  representam os valores mínimos e  $R^-$  e  $S^-$  os valores máximos de cada *score*.

Tabela 20 – Valores Máximos e Mínimos dos Scores R e S

<b>Scores</b>	<b>Valores</b>
$R^*$	(0,06, 0,066, 0,15)
$R^-$	(0,353, 0,527, 0,758)
$S^*$	(0,107, 0,157, 0,239)
$S^-$	(0,533, 0,811, 1,201)

Fonte: Próprio Autor

5. A partir destas informações e dos *scores* calculados nas etapas anteriores, é possível calcular o último *score* do método *fuzzy VIKOR*, o *score Q*. Para isso, a máxima utilidade do grupo ( $v$ ), utilizada para este cálculo, será igual a 0,5. Os valores de Q estão expressos na Tabela 21.

Tabela 21 – Cálculo do *Score Q*

Projetos	Score $Q_i$
Projeto 1	(-0,016, 0,204, 0,415)
Projeto 2	(-0,021, 0,196, 0,404)
Projeto 3	(-0,053, 0,115, 0,237)
Projeto 4	(-0,045, 0,140, 0,348)
Projeto 5	(0,095, 0,349, 0,605)
Projeto 6	(0,234, 0,554, 0,899)
Projeto 7	(-0,085, 0,095, 0,288)
Projeto 8	(0,067, 0,302, 0,520)
Projeto 9	(-0,125, 0, 0,125)
Projeto 10	(0,004, 0,206, 0,387)
Projeto 11	(0,071, 0,334, 0,623)
Projeto 12	(0,147, 0,423, 0,709)
Projeto 13	(-0,011, 0,209, 0,421)
Projeto 14	(0,037, 0,259, 0,469)
Projeto 15	(0,133, 0,391, 0,642)
Projeto 16	(0,007, 0,207, 0,415)
Projeto 17	(0,063, 0,298, 0,510)
Projeto 18	(-0,037, 0,152, 0,353)
Projeto 19	(-0,076, 0,101, 0,292)
Projeto 20	(0,280, 0,629, 1)
Projeto 21	(0,026, 0,267, 0,505)
Projeto 22	(0,040, 0,287, 0,534)
Projeto 23	(0,040, 0,287, 0,534)
Projeto 24	(0,002, 0,230, 0,453)

Fonte: Próprio Autor

6. Com todos os *scores* calculados, a próxima etapa do método consiste em construir o *ranking* de priorização dos projetos. Para isso, os *scores* necessitam estar no formato *crisp*, passando pelo processo de defuzzificação (CHANG, 2014). O método utilizado para realizar a defuzzificação dos *scores* será o método CFCS e para isso, alguns

parâmetros precisaram ser calculados e estão expostos na Tabela 22.

Tabela 22 – Cálculo dos Parâmetros do Método CFCS

Parâmetros	Valores
$\Delta_D$	(1,094, 0,698, 1,125)
$U_D$	(1,201, 0,758, 1)
$L_D$	(0,107, 0,060, -0,125)

Fonte: Próprio Autor

7. Através desses parâmetros, pode-se realizar a defuzzificação, calculando os valores *crisp* para todos *scores* através do método CFCS. Os resultados deste processo constam na Tabela 23. Com o intuito de analisar a consistência do método, os menores valores dos três *score* Q foram destacados.

De acordo com o método *fuzzy* VIKOR, pelo menos dois dos três menores valores dos *scores* devem ser os resultados do mesmo projeto, garantindo que esse é o preferível. No presente modelo, os três menores valores pertencem ao mesmo projeto, o Projeto 9, sinalizando que a tendência é que o método seja consistente, porém, para isso, precisa satisfazer as duas condições, C1 e C2, apresentadas na seção 2.3. As análises destas duas condições estão expressas no Quadro 3.

Tabela 23 – Cálculo dos *Scores Crisp* do Método *Fuzzy VIKOR*

Projetos	Score $S_i$ Crisp	Score $R_i$ Crisp	Score $Q_i$ Crisp
Projeto 1	0,315	0,273	0,213
Projeto 2	0,298	0,273	0,205
Projeto 3	0,272	0,163	0,115
Projeto 4	0,373	0,149	0,155
Projeto 5	0,589	0,282	0,355
Projeto 6	0,728	0,449	0,549
Projeto 7	0,239	0,173	0,109
Projeto 8	0,455	0,311	0,305
<b>Projeto 9</b>	<b>0,163</b>	<b>0,073</b>	<b>0,008</b>
Projeto 10	0,374	0,231	0,211
Projeto 11	0,582	0,273	0,345
Projeto 12	0,575	0,396	0,426
Projeto 13	0,325	0,273	0,218
Projeto 14	0,470	0,242	0,265
Projeto 15	0,561	0,360	0,393
Projeto 16	0,446	0,191	0,218
Projeto 17	0,438	0,316	0,300
Projeto 18	0,335	0,191	0,165
Projeto 19	0,289	0,149	0,115
Projeto 20	0,744	0,527	0,614
Projeto 21	0,446	0,273	0,275
Projeto 22	0,486	0,273	0,295
Projeto 23	0,486	0,273	0,295
Projeto 24	0,371	0,273	0,239

Fonte: Próprio Autor

Quadro 3 – Teste de Condição do Método *Fuzzy* VIKOR

<b>TESTES DE CONDIÇÃO</b>		<b>Resultados</b>
VANTAGEM ACEITÁVEL	$Q(a'') - Q(a')$	0,101
	DQ	0,043
	$Q(a'') - Q(a') \geq DQ$	Validado
ESTABILIDADE ACEITÁVEL NA TOMADA DE DECISÃO	<i>SCORE R</i> (0,073)	Validado
	<i>SCORE S</i> (0,163)	Validado

Fonte: Próprio Autor

Como é possível observar no Quadro 3, ambas as condições do Método *fuzzy* VIKOR foram validadas e portanto pode-se seguir com a construção do *ranking*, que classificará os melhores projetos colocando os valores dos três *scores* em ordem crescente, como mostra a Tabela 24.

Tabela 24 – *Ranking* dos Projetos

<b><i>Ranking</i></b>	<b>Projetos</b>
1	Projeto 9
2	Projeto 7
3	Projeto 19
4	Projeto 3
5	Projeto 4
6	Projeto 18
7	Projeto 2
8	Projeto 10
9	Projeto 1
10	Projeto 13
11	Projeto 16
12	Projeto 24
13	Projeto 14
14	Projeto 21
15	Projeto 22
16	Projeto 23
17	Projeto 17
18	Projeto 8
19	Projeto 11
20	Projeto 5
21	Projeto 15
22	Projeto 12
23	Projeto 6
24	Projeto 20

Fonte: Próprio Autor

## 4.2 VALIDAÇÃO DO MODELO

Com o intuito de garantir que o método é válido para auxiliar na seleção de portfólio de projetos da empresa, foram realizadas algumas reuniões para identificar as vantagens do modelo estudado comparado com o utilizado atualmente. Nessas entrevistas, identificou-se que o novo modelo apresenta uma série de melhorias quando comparado com a matriz GUT.

Os principais pontos levantados pelos avaliadores foram o fato do modelo ser capaz de classificar a importância dos critérios utilizados para avaliar os projetos, a possibilidade de considerar as incertezas das avaliações, diminuindo a imprecisão e tornando o modelo mais confiável e por fim foi destacado também que o no *ranking* dos projetos não há empates nas pontuações, o que garante que não haverá a necessidade de escolher entre dois projetos, o que traria imprecisões para o processo de tomada de decisão da companhia. Com isso, pode-se afirmar que o modelo é válido para auxiliar a seleção de portfólio de projetos da empresa.

## 5 CONCLUSÃO

O gerenciamento de portfólio de projetos é extremamente importante para garantir que os recursos da companhia estão sendo bem alocados. Logo, como as decisões são geralmente tomadas em reuniões da liderança, a utilização de uma ferramenta para direcionar as discussões e auxiliar na tomada de decisão é essencial e para isso o modelo deste projeto foi elaborado.

O teste do método foi realizado utilizando variáveis propostas e avaliadas pelos especialistas e projetos reais da empresa. O *ranking* gerado foi analisado e apresentou um resultado coerente com a realidade, validado tanto pelos testes de coerência do modelo quanto pela experiência dos avaliadores, que afirmaram ter gerado um resultado que condiz com a realidade.

O modelo obteve boa aceitação da empresa por ser fácil de manusear, o que possibilita o preenchimento das informações de maneira rápida e efetiva, além de gerar o *ranking* de projetos instantaneamente, o que facilita o direcionamento das reuniões de tomada de decisão da companhia. A robustez do modelo, que combinou dois métodos amplamente estudados atrelados ainda a uma nova abordagem, também foi elogiada por trazer mais segurança no momento de definir os projetos que serão executados.

Anteriormente, a companhia utilizava uma ferramenta pouco robusta para auxiliar a priorização de projetos. Esta apresentava diversos projetos com pontuações empatadas e não trabalhava com a incerteza nas pontuações dos avaliadores, não auxiliando de maneira efetiva a tomada de decisão.

Conclui-se, portanto, que o modelo desenvolvido neste estudo, combinando os métodos AHP e VIKOR através da abordagem fuzzy, que considera a indecisão das pontuações dos avaliadores, trará maior robustez para o processo de seleção de portfólio de projetos e otimizará as tomadas de decisão da companhia.

Fica como principal sugestão para trabalhos futuros, a análise de sensibilidade do modelo para que seja possível verificar a importância e a influência dos diferentes critérios no resultado final, podendo elevar o grau de robustez do método.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-HARBI, K. M. A. S. **Application of the AHP in project management**. International Journal of Project Management, v. 19, n. 1, p. 19–27, 2001.

ALGULIYEV, R. M.; MAHMUDOVA, R. S.; ALIGULIYEV, R. M. **Multicriteria Personnel Selection by the Modified Fuzzy VIKOR Method**. Scientific World Journal, 2015.

ARCHER, N. P.; GHASEMZADEH, F. **An integrated framework for project portfolio selection**. International Journal of Project Management, v. 17, n. 4, p. 207–216, 1999.

BAKIRCI, F. et al. **German-Turkish Perspectives on IT and Innovation Management: Challenges and Approaches**. v.1, p. 151, 2018.

CHANG, T. H. **Fuzzy VIKOR method: A case study of the hospital service evaluation in Taiwan**. Information Sciences, v. 271, p. 196–212, 2014.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações**. 2. ed, 2007.

COSTA, S. et al. **Auxílio À Decisão Utilizando O Método Ahp - Análise Competitiva Dos Softwares Estatísticos**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2010.

DE REYCK, B. et al. **The impact of project portfolio management on information technology projects**. International Journal of Project Management, v. 23, n. 7, p. 524–537, 2005.

FERREIRA, M. DE A.; OLIVEIRA, U. R. DE; GARCIA, P. A. DE A. **Quatro Ferramentas Administrativas Integradas Para o Mapeamento De Falhas: Um Estudo De Caso**. Revista UNIABEU Belford Roxo, v. 7, p. 300–315, 2014.

GOMES, L. F. A. M. **Teoria da Decisão**. Coleção debates em administração, p.21, 2007.

**GOMES, L. G. D. S. Reavaliação E Melhoria Dos Processos De Beneficiamento De Não Tecidos Com Base Em Reclamações De Clientes.** Revista Produção Online, v. 6, n. 2, 2006.

**HERNÁNDEZ SUÁREZ, C.; PÁEZ, I.; GIRAL RAMÍREZ, D. A. Modelo AHP-VIKOR para handoff espectral en redes de radio cognitiva.** Revista Tecnura, v. 19, n. 45, p. 29, 2015.

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

**IMS INSTITUTE FOR HEALTHCARE INFORMATICS. Global Medicines Use in 2020: Outlook and Implications.** IMS Institute for Healthcare Informatics, n. November, p. 1–47, 2015.

**KAHRAMAN, C.; CEBECI, U.; RUAN, D. Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey.** International Journal of Production Economics, v. 87, n. 2, p. 171–184, 2004.

**KARAMAN, A.; DAGDEVIREN, M. Fuzzy  $\alpha$ -discounting method for multi-criteria decision-making.** Journal of the Chinese Institute of Engineers, Transactions of the Chinese Institute of Engineers, Series A/Chung-kuo Kung Ch'eng Hsueh K'an, v. 38, n. 7, p. 855–865, 2015.

**KAYA, T.; KAHRAMAN, C. Fuzzy multiple criteria forestry decision making based on an integrated VIKOR and AHP approach.** Expert Systems with Applications, v. 38, n. 6, p. 7326–7333, 2011.

**KEUNECKE, L.; HEIN, N.; KROENKE, A. Avaliação De Insumos Têxteis – Uma Análise Multicritério Por Meio Do Método Vikor.** Revista Gestão em Engenharia, São José dos Campos, v. 2, p. 1–12, 2015.

KREUZBERG, F. et al. **Métodos TOPSIS e VIKOR na verificação da resource advantage theory em empresas têxteis brasileiras**. Contabilidad y Negocios, v. 12, n. 23, p. 96–110, 2017.

LINHARES, C.; GUSSEN, C.; RIBAS, J. **O Método Fuzzy AHP Aplicado à Análise de Riscos de Usinas Hidrelétricas em Fase de Construção** Carla. Congresso Latino-Iberoamericano de Investigação Operativa, 2012.

LLOYD, I. **Pharma R&D Annual Review 2019 Supplement**: 2019a.

LLOYD, I. **Pharma R & D Annual Review 2019**. Brochure, p. 1–20, 2019b.

LORON, A. S. **An integrated fuzzy analytic hierarchy process-fuzzy data envelopment analysis (FAHP-FDEA) method for intelligent building assessment**. Tehnicki vjesnik - Technical Gazette, v. 22, n. 2, p. 383–389, 2015.

MASOUM, M.; FUCHS, E. **Optimal Placement and Sizing of Shunt Capacitor Banks in the Presence of Harmonics**. In: Power Quality in Power Systems and Electrical Machines, p. 887–959, 2015.

MOHAMMADY, P.; AMID, A. **Integrated Fuzzy AHP and Fuzzy VIKOR Model for Supplier Selection in an Agile and Modular Virtual Enterprise**. Fuzzy Information and Engineering, v. 3, n. 4, p. 411–431, 2011.

MOTA, C. M. DE M.; VASCONCELOS, G. R. **Modelo Multicritério de Comparação Par a Par Baseado no AHP: Proposta de Linearização do Processo de Comparação**. XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, p.12, 2014

MUÑOZ, B.; ROMANA, M. G.; ORDÓÑEZ, J. **Sensitivity Analysis of Multicriteria Decision Making Methodology Developed for Selection of Typologies of Earth-retaining Walls in an Urban Highway**. XII Conference on Transport Engineering, p.135-139, 2016.

OLIVEIRA, C. A.; BELDERRAIN, M. C. N. **Considerações sobre a obtenção de vetores de prioridade no AHP.** I ERABIO, XXI ENDIO, XIX EPIO., 2008.

OLIVEIRA, J. C.; RABECHINI JR, R. **Seleção de portfólio de projetos na área de tecnologia da informação.** Revista Gestão & Tecnologia, v. 17, n. 1, p. 79–106, 2018.

OPRICOVIC, S. **Multicriteria Optimization in Civil Engineering.** Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1998.

OPRICOVIC, S. **Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning.** Expert Systems with Applications, v. 38, n. 10, p. 12983–12990, 2011.

OPRICOVIC, S.; TZENG, G. H. **Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS.** European Journal of Operational Research, v. 156, n. 2, p. 445–455, 2004.

PASSOS, A. **Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais.** Rio de Janeiro, 2010. 101p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

PATIL, S. K.; KANT, R. **A fuzzy AHP-TOPSIS framework for ranking the solutions of Knowledge Management adoption in Supply Chain to overcome its barriers.** Expert Systems with Applications, v. 41, n. 2, p. 679–693, 2014.

PIMENTEL, C. **Aplicação da Simulação como Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisão Gerencial em uma Célula de Manufatura.** 2015. 86 f. Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção – Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d’Oeste.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Guia PMBOK®: Um Guia para o Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos**, v.6, p. 16-18, 2017.

POLLI, M. et al. **Tendências Recentes Do Setor Farmacêutico No Brasil: Desempenho Financeiro E Operacional, Fluxos De Comércio Exterior E Atividades Desempenhadas Em Inovação Tecnológica**. Revista de Administração, Contabilidade e Economia da FUNDACE, v. 6, n. 1, p. 20–38, 2015.

POSSELT, E. **Uso de Lógica Fuzzy para a Otimização de Sistemas Energéticos Baseados em Energia Limpa**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, p. 14, 2009.

RAMEZANIYAN, M. R. et al. **Application of integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology to contractor ranking**. Management Science Letters, v. 2, n. 5, p. 1511–1526, 2012.

REN, J. et al. **Prioritization of bioethanol production pathways in China based on life cycle sustainability assessment and multicriteria decision-making**. International Journal of Life Cycle Assessment, v. 20, n. 6, p. 842–853, 2015.

RIBEIRO, L. DE S.; PASSOS, A. C.; TEIXEIRA, M. G. **Seleção de tecnologias de comunicações no exército brasileiro utilizando os métodos multicritério de análise hierárquica, TODIM e software Sapiens**. Production, v. 22, n. 1, p. 132–141, 2011.

SAATY R.W. **The Analytic Hierarchy Process-What and How It Is Used It Is**. International Journal of Advanced Science and Technology, v. 9, n. 1, p. 19–24, 1987.

SALEHI, K. **An Integrated Approach of Fuzzy AHP and Fuzzy VIKOR for Personnel Selection Problem**. Global Journal of Management Studies and Researches, v. 3, n. 3, p. 89–95, 2016.

SAN CRISTÓBAL, J. R. **Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in spain: The Vikor method.** Renewable Energy, v. 36, n. 2, p. 498–502, 2011.

SANTOS, C. D. **Gestão de portfolio: critérios de seleção de projetos em uma organização com foco em projetos esportivos.** XXXVII Encontro da ANPAD, p. 1–14, 2013.

SANTOS, G. et al. **Influência do método de defuzzificação em mensurações com controladores fuzzy.** XVII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, p. 845–852, 2014.

SARGENT, R. G. **Advanced Tutorials: Verification and Validation of Simulation Models.** Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference, p. 183–198, 2011.

SAXENA, V. **Fuzzy delphi hierarchy process and its application to improve indian telemedical services.** p. 1–11, 2009.

SILVA, A. C. S. DA; NASCIMENTO, L. P. A. DA S.; BELDERRAIN, M. C. N. **Método De Apoio Multicritério À Decisão Na Seleção E Priorização De Portfólio De Projetos.** 13O Encontro de Iniciação Científica e Pós?Graduação do ITA – XIII ENCITA / 2007, 2007.

SILVA, W. **Análise de Decisão Multicritério Aplicada a um Sistema de Guerra Eletrônica para Autodefesa de Helicópteros de Combate.** Spectrum, p. 1–55, 2013.

STRAEHL, J. B.; TEIXEIRA, R. DA S. **Métodos de apoio multicritério à decisão: estado da arte por meio do enfoque meta analítico.** VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2017.

SUBRAMANIAN, N.; RAMANATHAN, R. **A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management.** International Journal of Production Economics, v. 138, n. 2, p. 215–241, 2012.

TANG, Y. .; BEYNON, M. **Application and Development of a Fuzzy Analytic Hierarchy Process within a Capital Investment Study.** Journal of Economics and Management, v. 1, p. 207–230, 2005.

TEIXEIRA, A. **A Indústria Farmacêutica No Brasil: Um estudo do impacto socioeconômico dos medicamentos genéricos.** Universidade Estadual Paulista, p. 1–84, 2014.

TONG, L. I.; CHEN, C. C.; WANG, C. H. **Optimization of multi-response processes using the VIKOR method.** International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 31, n. 11–12, p. 1049–1057, 2007.

VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. **Analytic hierarchy process: An overview of applications.** European Journal of Operational Research, v. 169, n. 1, p. 1–29, 2006.

WANG, T.; CHANG, T. H. **Fuzzy VIKOR as a resolution for multicriteria group decision-making.** 11th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2005.

ZADEH, L. **Fuzzy Sets.** Information and Control 8, v. 8, p. 338–353, 1965.