

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

Vinicyus Mourão Monteiro Guillet

**ANÁLISE DE FORNECEDORES DE UM SETOR PÚBLICO
EMPREGANDO
O MÉTODO FUZZY-TOPSIS COM AUXÍLIO DO MÉTODO AHP**

Santa Maria, RS
2019

Vinicyus Mourão Monteiro Guillet

**ANÁLISE DE FORNECEDORES DE UM SETOR PÚBLICO
EMPREGANDO
O MÉTODO FUZZY-TOPSIS COM AUXÍLIO DO MÉTODO AHP**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Linha de Pesquisa em Mobilidade Sustentável, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Orientador: Prof. Dr. Nattan Roberto Caetano

Santa Maria, RS, Brasil
2019

Mourão Monteiro Guillet, Vinicyus
ANÁLISE DE FORNECEDORES DE UM SETOR PÚBLICO EMPREGANDO
O MÉTODO FUZZY-TOPSIS COM AUXÍLIO DO MÉTODO AHP / Vinicyus
Mourão Monteiro Guillet.- 2019.
92 p.; 30 cm

Orientador: Nattan Roberto Caetano
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, RS, 2019

1. Analytic Hierarchy Process 2. Fuzzy-TOPSIS 3.
Gestão de compras I. Roberto Caetano, Nattan II. Título.

Vinicyus Mourão Monteiro Guillet

**ANÁLISE DE FORNECEDORES DE UM SETOR PÚBLICO
EMPREGANDO
O MÉTODO FUZZY-TOPSIS COM AUXÍLIO DO MÉTODO AHP**

Projeto de Dissertação apresentado ao curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, na Linha de Pesquisa em Mobilidade Sustentável, da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção.**

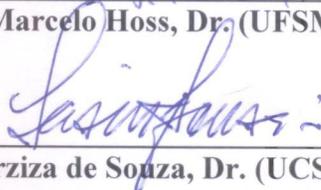
Aprovado em 22 de Março de 2019:



Nattan Roberto Caetano, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Marcelo Hoss, Dr. (UFSM)



Lasier Gorziza de Souza, Dr. (UCS) – Parecer

Santa Maria, RS
2019

*Aos meus pais, Antonio e Antonia,
e a minha companheira, Dani,
com todo amor e gratidão*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade e pela sorte. Pela oportunidade de ter uma família que me apoia e que me ama, e pela sorte de ter encontrado as pessoas certas durante toda a minha caminhada.

Agradeço aos meus pais, Antonio e Antonia, pessoas dedicadas, honestas e, sobretudo, de bom coração, que moldaram o meu caráter, que deram a mim a oportunidade de estudar e com quem tenho certeza que poderei contar a qualquer momento. Obrigado, mãe e pai, de coração. Amo vocês!

Agradeço à pessoa mais especial que a vida me presenteou: A Dani. Minha namorada, minha esposa, minha companheira de vida, que me ajuda a cada dia, que me conforta a cada dificuldade, e que me abraça a cada vitória. Obrigado, Dani. Te amo pra sempre!

Agradeço a minha irmã Gigli e a sua família, que mesmo estando longe, continuam presentes em pensamento, torcendo pelo meu sucesso. Amo vocês!

Agradeço a minha segunda família. Seu Cláudio, Dona Nica e Márcio, aprendi com vocês que a felicidade está nas simples coisas da vida. Isso levo e levarei pra sempre comigo. Obrigado. Amo vocês!

Agradeço ao Juca e à Menina, que nas suas inocências me proporcionam um amor único e verdadeiro.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Nattan, pela confiança, pela oportunidade e por todo auxílio durante esses dois anos.

Agradeço, por fim, à Universidade Federal de Santa Maria, instituição que me proporcionou tudo o que tenho hoje, tanto no meio acadêmico como no meio profissional, a qual tenho um enorme orgulho de fazer parte, e a qual espero sempre poder retribuir.

“Vini, se você fizer ou se você não fizer,
o tempo vai passar do mesmo jeito.”

*Minha mãe,
ao me aconselhar sobre realizar o mestrado*

RESUMO

ANÁLISE DE FORNECEDORES DE UM SETOR PÚBLICO EMPREGANDO O MÉTODO FUZZY-TOPSIS COM AUXÍLIO DO MÉTODO AHP

AUTOR: Vinicyus Mourão Monteiro Guillet
ORIENTADOR: Prof. Dr. Nattan Roberto Caetano

Escolher fornecedores está entre as tarefas mais complexas para um gestor devido às inúmeras variáveis possíveis que envolvem essa tomada de decisão. Analisar critérios como qualidade, prazo de entrega e preço atualmente podem influenciar na eficiência administrativa de uma instituição ou uma organização. Entretanto, é necessário desenvolver métodos, técnicas e mecanismos que apoiem o gestor de compras para se conseguir a melhor decisão, uma vez que tomar decisões, onde existem inúmeros aspectos a serem analisados, mostra-se inviável. Sendo assim, este estudo visa a utilizar, o método *Fuzzy*-TOPSIS com o auxílio do Método Analytic Hierarchy Process, os quais são técnicas de análise multicritério. O emprego desses métodos tem como objetivo desenvolver simuladamente, para um setor de uma instituição pública da região central do estado do Rio Grande do Sul, um modelo que auxilie na escolha do melhor fornecedor de um determinado reagente químico. Este trabalho, além de apresentar um modelo de tomada de decisão que possa ser usado em compras de outros produtos, expressa a grande importância de simular métodos de decisão anteriormente a serem colocados definitivamente no mercado. Os resultados mostraram que a definição dos critérios pelo AHP obedeceu a condição de consistência, podendo ser utilizados como critérios de seleção de fornecedores. No Método *Fuzzy*-TOPSIS, os resultados expressaram que o critério Reputação do Fornecedor possui o valor de 2,75, o que demonstra que é o critério que mais pesa para a definição da ordem de classificação dos melhores fornecedores para o reagente, levando em consideração que influencia diretamente no d_i^+ do pior fornecedor. A pesquisa de preferência ratificou os cálculos, mostrando que tanto a partir da utilização dos métodos, quanto dos resultados obtidos na pesquisa de preferência, o mesmo fornecedor foi o melhor ranqueado.

Palavras-chave: Analytic Hierarchy Process. *Fuzzy*-TOPSIS. Gestão de compras

ABSTRACT

ANALYSIS OF SUPPLIERS OF A PUBLIC SECTOR EMPLOYING THE FUZZY-TOPSIS METHOD WITH AID OF THE AHP METHOD

AUTHOR: Vinicyus Mourão Monteiro Guillet

ADVISOR: Prof. Dr. Nattan Roberto Caetano

Choosing suppliers is among the most complex tasks for a manager because of the many possible variables involved in that decision making. Analyzing criteria such as quality, delivery time and price can currently influence the administrative efficiency of an institution or an organization. However, it is necessary to develop methods, techniques and mechanisms that support the purchasing manager to achieve the best decision, since making decisions, where there are many aspects to be analyzed, is not feasible. Therefore, this study aims to use the Fuzzy-TOPSIS method with the aid of the Analytic Hierarchy Process, which are multicriteria analysis techniques. The use of these methods aims to simulate, for a sector of a public institution in the central region of the state of Rio Grande do Sul, a model that assists in choosing the best supplier of a particular chemical reagent. This work, besides presenting a model of decision making that can be used in purchases of other products, expresses the great importance of simulating decision methods previously to be definitively placed in the market. The results showed that the definition of the criteria by the AHP obeyed the condition of consistency and can be used as supplier selection criteria. In the Fuzzy-TOPSIS Method, the results expressed that the Supplier Reputation criterion has a value of 2.75, which shows that it is the criterion that weighs the most important for the classification of the best suppliers for the reagent, taking into account which directly influences the worst supplier's d_i^+ . The preference survey ratified the calculations, showing that both the use of the methods and the results obtained in the preference search, the same supplier was the best ranked.

Keywords: Analytic Hierarchy Process. *Fuzzy*-TOPSIS. purchasing management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de técnica de multicritério	18
Figura 2 – Modelo geral das organizações.....	23
Figura 3 – Aspectos-chave na homologação de fornecedores	30
Figura 4 – Investimentos internos e externos em P&D em relação ao PIB	34
Figura 5 – Escala <i>fuzzy</i> triangular de valores linguísticos.....	48
Figura 6 – Número <i>fuzzy</i> triangular (I) e números <i>fuzzy</i> triangulares (II).....	49
Figura 7 – Sistema baseado em regras <i>fuzzy</i>	50
Figura 8 – Fluxograma das etapas	53
Figura 9 – Características do procedimento.....	54
Figura 10 – Etapas do processo de avaliação para tomada de decisão	57
Figura 11 – Critérios mencionados – Acompanhamento I.....	63
Figura 12 – Soma das notas de desempenho.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Princípios básicos na gestão de compras	22
Quadro 2 – Princípios constitucionais na licitação pública	26
Quadro 3 – Vantagens e desvantagens do Single e Multiple Sourcing	31
Quadro 4 – Comparação Single Sourcing <i>versus</i> Multiple Sourcing	32
Quadro 5 – Investimentos em P&D em relação à receita líquida de vendas (P&D): 2008, 2011 e 2014.....	33
Quadro 6 – Síntese das Abordagens AMD	37
Quadro 7 – Principais Métodos Provenientes das Abordagens AMD.....	38
Quadro 8 – Elaboração de Hierarquia.....	42
Quadro 9 – Comparações do AHP.....	44
Quadro 10 – Comparação entre os métodos TOPSIS e <i>Fuzzy</i> -TOPSIS	51
Quadro 11 – Critério x Definição	64
Quadro 12 – Matriz de Julgamentos	65
Quadro 13 – Matriz de Julgamentos – Peso dos Critérios	66
Quadro 14– Matriz de Julgamentos – Valores da Soma Ponderada.....	66
Quadro 15 – Matriz de Julgamentos – Relação.....	67
Quadro 16 – Soma das notas de desempenho	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Termos e valores linguísticos.....	47
Tabela 2 – Variável linguística x Números <i>Fuzzy</i>	69
Tabela 3 – Critérios x Variável linguística x Números <i>Fuzzy</i>	69
Tabela 4 – Variável linguística x Números <i>Fuzzy</i>	70
Tabela 5 – Opinião de um funcionário – Variável linguística	70
Tabela 6 – Opinião de um funcionário – Números <i>Fuzzy</i>	71
Tabela 7 – Matriz de decisão <i>Fuzzy</i> (<i>D</i>)	71
Tabela 8 – Matriz de decisão <i>Fuzzy</i> (<i>D</i>) normalizada.....	71
Tabela 9 – Matriz de decisão <i>Fuzzy</i> normalizada ponderada (<i>V</i>).....	72
Tabela 10 – Distância das alternativas de fornecedor em relação à A^+	72
Tabela 11 – Distância das alternativas de fornecedor em relação à A^-	73
Tabela 12 – Coeficiente de aproximação (CC_i) e ranking das alternativas	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AMD	Apoio Multicritério à Decisão
ELECTRE	<i>Elimination and Choice Expressing Reality</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICW	<i>Interval Criterion Weights</i>
MAUT	<i>Multiple Attribute Utility Function</i>
MCDA	Análise Multicritério de Apoio à Decisão
NF	Número <i>Fuzzy</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PROMETHÉE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment</i>

Evaluations

P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
RLV	Receita Líquida de Vendas
SMART	<i>Simple Multicriteria-Attribute Rating Technique</i>
STEM	<i>Step Method</i>
TI	Tecnologia da Informação
TOPSIS	<i>Technique for order of preference by similarity to ideal solution</i>
TRIMAP	<i>Tricriterion Multiobjective Linear Programming</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo geral.....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA.....	19
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	21
2.1 GESTÃO DE COMPRAS.....	21
2.2 COMPRAS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	24
2.2.1 Licitação pública	24
2.2.1.1 Disposições da Constituição Federal de 1988 sobre licitação	25
2.2.1.2 Lei 8666/1993	26
2.2.1.3 Demais normas sobre licitações	27
2.3 AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE FORNECEDORES.....	28
2.3.1 Fontes de fornecimento	30
2.4 PARTICIPAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS NA GERAÇÃO DE PESQUISAS E ESTUDOS	32
2.5 TÉCNICAS DE TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	34
2.5.1 Principais abordagens e métodos AMD	36
2.5.2 Método Analytic Hierarchy Process – AHP	39
2.5.2.1 Pontos fortes, pontos fracos e aplicações do AHP	40
2.5.2.2 Hierarquia	41
2.5.2.3 O Processo de hierarquização do AHP.....	43
2.5.3 Método Fuzzy-TOPSIS.....	46
2.5.3.1 Lógica Fuzzy-TOPSIS	46
2.5.3.2 Fuzzy.....	47
2.5.3.3 Conjuntos difusos, conjuntos nebulosos ou conjuntos fuzzy	48
2.5.3.4 Sistema de inferência fuzzy	49
2.5.3.5 Os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS	50
3 METODOLOGIA.....	52
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA	53
3.2 CARACTERÍSTICAS DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	54
4 RESULTADOS	61
4.1 ACOMPANHAMENTOS DE FUNCIONÁRIOS – PARTE I.....	62
4.2 ATRIBUIÇÃO DE RELAÇÕES.....	64
4.3 MÉTODO AHP	65
4.4 ACOMPANHAMENTOS DE FUNCIONÁRIOS – PARTE II.....	68
4.5 MÉTODO FUZZY-TOPSIS	68
4.6 PESQUISA DE PREFERÊNCIA	74
5 CONCLUSÕES.....	77
APÊNDICE 1	79
APÊNDICE 2	80
APÊNDICE 3	82
APÊNDICE 4	83
REFERÊNCIAS	84

1. INTRODUÇÃO

Escolher fornecedores está entre as tarefas mais complexas para um gestor. Analisar critérios como qualidade, prazo de entrega e preço atualmente podem decidir um futuro de sucesso ou de insucesso para uma instituição ou organização (SPEKMAN; HILL, 1980; KRALJIC, 1983; BALLOU, 2001). Sendo assim, definir um método eficiente, que consiga trazer bons resultados na tomada de decisão, com um custo operacional baixo, passa a ser um grande diferencial administrativo e econômico, uma vez que toda economia gerada por tomadas de decisões bem realizadas pode ser direcionada a novos investimentos na própria instituição ou no aumento da margem de lucro (CHEN, PAULRAJ; LADO, 2004).

Em engenharia, todo o processo e planejamento para definição da aquisição do melhor produto com o melhor preço é chamado de gestão de compras (MCIVOR, HUMPHREYS; MCALEER, 1997; FLEURY; FLEURY, 2003). A atividade de compras, segundo Sousa e Boente (2016), é aquela que deve ser praticada exclusivamente pelo gestor de compras, buscando otimizar o resultado econômico da empresa e visando ao maior lucro ou à melhor utilização da aquisição. De todo modo, Senapeschi Neto e Godinho Filho (2011) entendem que gerir compras em diferentes setores, comercial, industrial, agrícola, público ou privado, possui níveis de complexidades ímpares, uma vez que cada setor possui características e peculiaridades próprias.

No setor público, as instituições e seus gestores se deparam com um aspecto que não existe, em regra, no setor privado: o processo licitatório. Nas empresas privadas, visa-se ao lucro, porém, na administração pública, a finalidade é garantir o interesse da população, que contribui através de tributos para o Estado (COSTA, 1994). No setor público, as licitações, um procedimento administrativo que tem a finalidade de contratação de produtos ou serviços diversos nas condições mais vantajosas para a administração pública, a fim de atender os princípios da economia e da eficiência, são geralmente obrigatórias (GARCIA; RIBEIRO, 2012). A licitação, a partir dos órgãos públicos que a utilizam, buscam constantemente a economia, uma vez que o licitante que apresentar o produto ou o serviço com menor preço tende a ser o contratado. Portanto, é possível perceber que ao mesmo tempo que defende os recursos públicos dos administradores mal-intencionados, as licitações limitam os bons gestores, tendo esses últimos na maioria das vezes, somente a escolha pelo menor preço, não podendo considerar outras questões de mesmo grau de importância (MEIRELLES, 2016).

Percebe-se que é possível utilizar as instituições públicas para validar projetos e processos de compras, definindo, a partir de simulações, os melhores fornecedores e os

melhores produtos que deveriam ser adquiridos, mesmo que as compras pelos processos licitatórios possam trazer prejuízos e impedimentos para implementar uma boa gestão de compras. Essas validações, após aperfeiçoadas, podem ser utilizadas no setor privado, auxiliando gestores a tomar a melhor decisão (KRAAK et al., 2012).

Deve-se definitivamente conhecer, analisar e escolher os melhores fornecedores dos produtos ou dos serviços para se conseguir a melhor gestão de compras. Ter informações antecipadas sobre os fornecedores auxilia a instituição a melhorar ou alterar seu planejamento no melhor momento possível. Existem alguns métodos que utilizam diferentes meios para a seleção da melhor opção de fornecedor, definindo critérios de análise e utilizando técnicas matemáticas e computacionais para alcançar os resultados esperados (ASHLAGI, 2014; WANG; LEE, 2007). Esses métodos são conhecidos por métodos de tomada de decisão multicritério (*Multicriteria Decision Making*), os quais são conceituados como uma forma de tomar decisões onde se pode considerar diferentes aspectos, permitindo a avaliação de incertezas sobre temas que afetam o ambiente organizacional (ZOLFANI et al., 2016).

O método *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) somado à utilização da lógica *fuzzy*, possibilita ao tomador de decisão a melhor escolha levando em consideração fatores subjetivos, porém, precisos, o que proporciona ao gestor somar a sua experiência à tomada de decisão, sem fugir do escopo definido. Portanto, o método *Fuzzy-TOPSIS* vem se destacando como uma técnica que mostra grande eficiência e eficácia para problemas relacionados à gestão de compras e à cadeia de suprimentos (SOUSA; BOENTE, 2016).

Os critérios a serem avaliados devem estar bem definidos para que o Método *Fuzzy-TOPSIS* apresente os melhores resultados (BOTTANI; RIZZI, 2006). Para tanto, é possível, para se definir os critérios, utilizar-se do Método de Análise Hierárquica do Processo (AHP), o qual consegue obter a melhor solução estabelecendo um ranking dos elementos, decompondo e sintetizando as relações entre os critérios até que se chegue a uma priorização dos seus indicadores, aproximando-se da melhor resposta (SAATY, 1991).

A utilização de validações ou simulações de métodos devem usar técnicas confiáveis e precisas, uma vez que ao serem implementadas por instituições privadas, consigam apresentar mínimos erros ao sugerirem decisões (HLUPIC; MANN, 1995). Sendo assim, este trabalho visa a desenvolver e a aplicar de maneira simulada num setor de uma instituição pública da região central do estado do Rio Grande do Sul, uma proposta de modelo para a escolha do melhor fornecedor de um determinado reagente químico, empregando o método AHP para definição

dos critérios a serem avaliados e a técnica *Fuzzy-TOPSIS* para ranquear os fornecedores analisados.

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

A problemática da pesquisa, exposta neste estudo, está relacionada à grande dificuldade que gestores possuem em avaliar o melhor fornecedor para determinados produtos, uma vez que se deve levar em conta, para a tomada de decisão, diversos aspectos, muitos deles de características predominantemente qualitativas, como a reputação do vendedor, o suporte pós-venda ou a versatilidade do produto.

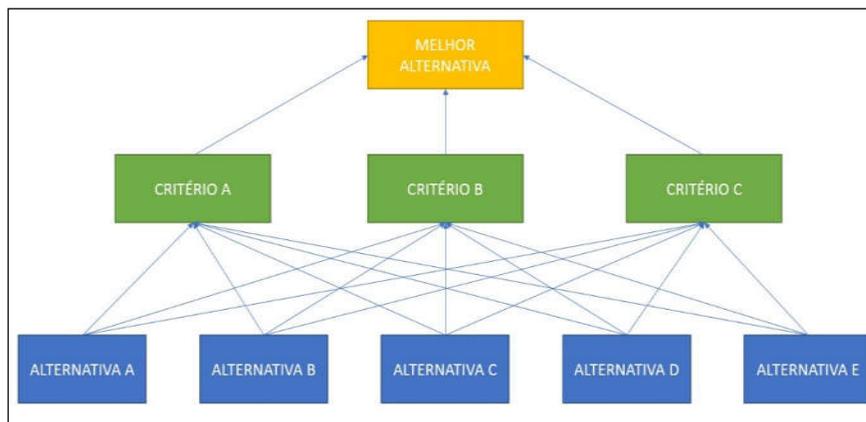
Dessa forma, desenvolveu-se um estudo, no contexto da grande área de Engenharia de Produção, com intuito de usar uma ferramenta ainda pouco utilizada pelos gestores de organizações, de modo que se consiga representar um modelo que indique a decisão da melhor opção de compra. Tomar decisões, quando se envolve grandes cifras monetárias, nunca é tarefa fácil para qualquer gestor, afinal um investimento equivocado além de não trazer o benefício esperado, deixa de incrementar outro setor da instituição. (HLUPIC; MANN, 1995).

A técnica *Fuzzy-TOPSIS* se mostrou interessante para estudo, uma vez que consegue analisar diferentes fatores ou critérios de vários fornecedores ou prestadores de serviços. Além disso, essa técnica consegue definir o tamanho do impacto de cada fator analisado, trazendo resultados fiéis, tendo em vista que a cada fator é atribuído um peso, o qual influenciará, em maior ou menor grau, na tomada de decisão (LIMA JUNIOR; CARPINETTI; OSIRO, 2014). A utilização do Método AHP na definição dos critérios a serem utilizados na avaliação traz maior confiabilidade aos resultados obtidos, já que delimita os critérios pelos mais lembrados pela população acompanhada (RODRÍGUEZ; ORTEGA; CONCEPCIÓN, 2013).

É fato que a gestão de compras pode influenciar na capacidade de sucesso de toda a instituição, tendo em vista que o setor de compras investe grandes recursos financeiros na busca de ativos (ASHLAGI, 2014). O método *Fuzzy-TOPSIS*, portanto, traz opções para a tomada de decisão do gestor, levando em consideração diversas alternativas e critérios na busca em auxiliá-lo a investir os recursos disponíveis da melhor maneira possível (LIAO; KAO, 2011).

A Figura 1 mostra esquematicamente como cada alternativa é analisada em relação a cada critério previamente definido.

Figura 1 – Esquema de técnica de multicritério



Fonte: O autor (2018).

A Figura 1 mostra que a melhor alternativa é aquela que melhor cumpre os critérios e que se espera que produza os melhores resultados para o cenário, uma vez que é analisada em vários pontos e se sobressai frente as demais alternativas.

Sendo assim, este estudo irá propor uma solução para a seguinte problemática: é possível validar um modelo de tomada de decisão empregando a técnica *Fuzzy-TOPSIS*, com os critérios de análise definidos pelo Método AHP, a partir da sua aplicação e simulação em um setor de uma instituição pública, para a escolha do melhor fornecedor de determinado produto?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver e aplicar de maneira simulada um modelo para a escolha do melhor fornecedor de um determinado reagente químico empregando o método *Fuzzy-TOPSIS*, com os critérios de análise definidos pelo Método AHP.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Realizar uma pesquisa de preferência com gestores de outros setores para comparar e ratificar os resultados obtidos a partir da técnica *AHP-Fuzzy-TOPSIS*;

- b) Utilizar somente informações das pessoas realmente envolvidas na situação-problema, que foram acompanhadas durante o estudo, de modo que os resultados sejam expressos com fidelidade;
- c) Definir os critérios a serem adotados na análise aplicando o Método AHP;
- d) Hierarquizar os critérios na definição da ordem de classificação de desempenho dos fornecedores no Método *Fuzzy-TOPSIS*.

1.3 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA

Encontrar meios que diminuam gastos para qualquer instituição, seja pública ou privada, é essencial para que novos investimentos aconteçam e melhorem a qualidade do serviço prestado. O desenvolvimento de ferramentas e modelos de tomada de decisão que poderão ser úteis para tomadas de decisões precisas tornou-se uma necessidade, uma vez que podem trazer benefícios ao economizar recursos, bem como ao permitir uma maior margem de lucro, tendo em vista que a economia gerada pode ser reinvestida em setores estratégicos da empresa ou em setores deficientes.

O significativo impacto que os fornecedores possuem sobre uma organização explicita a grande necessidade de contratação de empresas qualificadas e comprometidas para o fornecimento de matéria-prima ou materiais de consumo. Como consequência disso, as organizações tornaram-se cada vez mais seletivas, aumentando os critérios para seleção e monitorando os fornecedores selecionados. Isso mostra o quão importante o desenvolvimento e a seleção de fornecedores são para uma organização, uma vez que ao focarem em suas atividades fins, repassando a terceiros todas as demais atividades não principais do negócio, as organizações tornam-se cada vez mais dependentes do desempenho de seus fornecedores (VIANA; ALENCAR, 2012). Sendo assim, a importância deste estudo está em analisar como é relevante validar e simular métodos e modelos de tomada de decisão dentro de um setor público, tendo em vista que, por um lado uma instituição pública possui grandes similaridades com a iniciativa privada, e por outro não visa ao lucro, o que favorece a aplicação de estudos sem a pressão imediata por resultados a que a iniciativa privada está submetida.

A utilização do método AHP para a definição dos critérios para serem utilizados no método *Fuzzy-TOPSIS* justifica o desenvolvimento deste trabalho, uma vez que não foram encontrados estudos anteriores exatamente com essa proposta. A grande maioria dos trabalhos referentes a métodos de tomada de decisão multicritério utilizam-se de apenas um método, ou seja, os critérios analisados são definidos aleatoriamente ou pela experiência do

gestor/entrevistado, utilizando-se o método somente para a definição da melhor alternativa. Por outro lado, este trabalho emprega dois métodos. O método AHP define os critérios e o método *Fuzzy-TOPSIS* apresenta a melhor alternativa de decisão. A utilização de dois métodos reforça a justificativa deste estudo, tendo em vista que não foram encontrados trabalhos com essa estrutura de raciocínio.

Diante disso, simular esse método de tomada de decisão enriquece a literatura dos métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD), além de provocar a realização de novos estudos nos mesmos moldes, porém, com métodos diversos.

Os métodos de tomada de decisão estão crescendo em relevância em todas as áreas de estudo (ROCHA, 2001; FRANKE, 2004; HERNÁNDEZ et al., 2009; SILVA; ACCIOLY, 2018). Na literatura, é possível observar que esses métodos, comuns nas áreas de Engenharia de Produção e Administração, estão presentes em trabalhos desde a área de saúde até em estudos de ciências rurais (CUNHA, 2018; SILVA, 2018). Desse modo, percebe-se que desenvolver métodos e técnicas de tomada de decisão é de grande importância, tendo em vista que seus resultados e suas possíveis utilizações não se restringem somente ao uso de uma determinada área de pesquisa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção apresentará o embasamento teórico para o entendimento dos assuntos relacionados a este estudo. São apresentados trabalhos de diferentes autores, os quais publicaram estudos relevantes referentes ao conteúdo apresentado nesta pesquisa. Desse modo, é possível a partir da leitura desta Seção, encontrar a base teórica sobre os conteúdos, os resultados e as conclusões que serão expostos neste trabalho.

2.1 GESTÃO DE COMPRAS

Gerir compras de uma instituição tem se tornado uma função complexa. Hoje, o gestor além de simplesmente comprar o que a empresa necessita para continuar em funcionamento, deve também visualizar em que a empresa deve investir e o que tende a trazer um lucro interessante no futuro. Levando isso em consideração, o gestor ou a equipe de compras possui o desafio de manter o que está trazendo retorno para a empresa, ao mesmo tempo que deve investir em novidades quando achar oportuno (MORAES, 2005).

Toda atividade realizada em uma empresa, seja ela industrial, comercial ou burocrática, necessita de matérias-primas, componentes, equipamentos e serviços para ser executada. Conforme Dias (1993), a gestão de compras teve seu início quando os empresários começaram a perceber que comprar bem significava diminuir custos. Sendo assim, o mesmo autor entende que estar bem relacionado com o mercado fornecedor, bem como antever os problemas de estoques, são grandes pontos que fazem a gestão de compras da empresa ser bem-sucedida. O Quadro 1 mostra quais os princípios básicos que Dias (1993) entende serem fundamentais para a gestão de compras em uma organização.

Quadro 1 – Princípios básicos na gestão de compras

Atividades de compras importantes	Normas fundamentais na gestão de compras
Aquisição	autoridade para compra;
	registro de compra;
Administração	registro de preço;
	registro de estoque e consumo.
Pesquisa de fornecedores	registro de fornecedores;
	arquivo e especificações; arquivo de catálogos.
	arquivo de catálogos.

Fonte: Dias (1993) – adaptado.

Gaither e Frazier (2006) iniciam a trazer à literatura a importância da gestão de compras de uma maneira mais ampla, ou seja, começam a mostrar como a gestão de compras influencia em diversos fatores extremamente competitivos para uma organização. Com isso, entendem que a simples ação de comprar a matéria-prima não é mais suficiente, afinal, a gestão de compras é uma parte do processo de logística da empresa, uma vez que é parte responsável pela entrega no tempo correto, pelos custos e pela qualidade dos produtos.

Martins e Alt (2001) corroboram com o pensamento que a gestão de compras é uma parte de grande importância da organização e deve estar alinhada aos objetivos estratégicos da empresa, de modo que se consiga melhor atender o cliente externo, bem como o cliente interno. Baily et al. (2000) entendem que o comprador deve ter um pensamento moderno, utilizar-se de tecnologias sofisticadas e atuais, tendo em vista que a função de comprar tem se tornado cada vez mais dinâmica e competitiva. Moraes (2005) também afirma que as pessoas que trabalham nessa área devem estar muito atualizadas e bem informadas, sendo imprescindíveis as habilidades de negociação, trabalho em equipe, boa comunicação e capacidade de gestão.

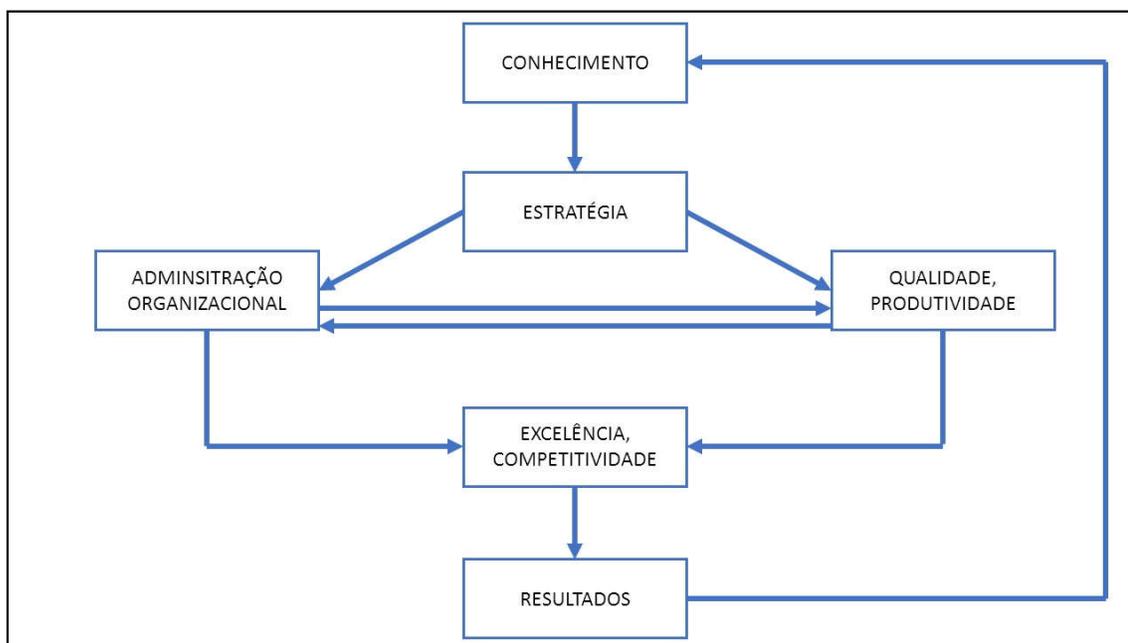
Saber quando, como, quanto e de quem comprar se torna mais complexo à medida que o mercado se torna mais competitivo. Portanto, para que se busque a melhor decisão de compra é necessário levar inúmeros fatores em consideração, fazendo com que as instituições tenham, a cada dia, que investir mais em técnicas de tomada de decisão para o setor de compras (ALVES, 2017).

Os objetivos da gestão de compras devem estar intimamente ligados aos da organização. O gestor deve buscar sempre a melhor qualidade, seja de produtos ou serviços, conseguindo o menor gasto de recurso, porém, deve respeitar o que alta direção da empresa pensa sobre onde

investir. Em outras palavras, o gestor de compras deve sempre buscar o melhor produto ou serviço, mas não deve investir naquilo que a empresa não possui interesse de trabalhar (BOWERSOX, 2010).

Consoante a Gonçalves (2010), o conhecimento é um dos grandes diferenciais para se conseguir uma gestão de compras eficiente. Costa Neto e Canuto (2010) ao aplicarem e estudarem sistemas de administração de controle de qualidade, retrataram a grande importância que o conhecimento traz, uma vez que o conhecimento faz com que se desenvolvam estratégias, as quais aumentam a qualidade e produtividade global, bem como criam uma administração organizacional com agentes competitivos, gerando resultados. A Figura 2 demonstra o modelo geral das organizações, o qual enfatiza que o conhecimento somado a uma boa estratégia e organização administrativa tendem a trazer bons resultados e a gerar novos conhecimentos para o gestor e para a instituição.

Figura 2 – Modelo geral das organizações



Fonte: Costa Neto e Canuto (2011) – adaptado.

De fato, a gestão de compras possui uma função de destaque tanto no setor privado como no setor público. No setor público, o uso dos recursos é monitorado diretamente por vários órgãos e indiretamente pela população, buscando o melhor custo-benefício no retorno dos tributos recolhidos. No setor privado, além de conseguir a melhor utilização possível do dinheiro disponível, a tomada de decisão na compra ou no investimento de materiais ou serviços

pode resultar num grande crescimento da empresa, bem como pode acabar no insucesso da organização (CARR; PEARSON, 2002).

A gestão de compras enfrenta obstáculos para ser mais utilizada, uma vez que os empresários ou administradores públicos confiam demasiadamente na sua experiência em detrimento de um planejamento adequado (ROBBINS, 1999). A resistência à mudança, segundo Robbins (1999) está atrelada a forças como o medo do desconhecido, a insegurança e o hábito. Vários gestores acabam rejeitando inovações nos processos para que sintam que permanecem no controle administrativo. De todo modo, empresas, órgãos e organizações estão aderindo a um planejamento conjunto ao setor de compras, o que está acarretando em economia de recursos e, por conta disso, na possibilidade de que novos investimentos possam ser feitos para alavancar os benefícios para a instituição (FERREIRA, 2015). Consoante à pesquisa de Ferreira (2015), o planejamento conjunto somado a um treinamento e discussões com todos os gestores aumenta a eficiência dos processos de compras, uma vez que os envolvidos conseguem ter a visão global da situação, buscando padronizar rotinas e evitar compras desnecessárias.

2.2 COMPRAS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

A Administração Pública de todos os entes federados deve buscar que o dinheiro público recolhido com tributos seja reinvestido, da melhor maneira possível, em favor de toda a população. Tendo isso em vista, os legisladores brasileiros buscaram proteger os recursos dos administradores mal-intencionados, fazendo com que as compras públicas passem por trâmites burocráticos legais, os quais visam a contratação do produto ou serviço com o preço mais vantajoso para os cofres públicos. Santos e Calheiros Junior (2017) em sua pesquisa corroboram essa ideia ao concluírem que a burocracia é necessária para todo e qualquer processo de compra. Os autores complementam ao afirmar que o administrador bem-intencionado acaba trabalhando mais para que o mal-intencionado tenha menos chances de ter êxito.

2.2.1 Licitação pública

A origem etimológica da palavra licitação é derivada do latim *licitationem*, *licitatio*, *licitatio-onis*, o que significa venda por lances. Por outro lado, a origem gramatical de licitação consiste na ação de oferecer preço por uma coisa vendida em hasta pública, ou seja, oferecer dinheiro para alguém que queira fazer um trabalho para a administração pública (LOPEZ-ELIÁS, 1999).

As licitações historicamente começaram a aparecer na legislação brasileira ainda no século XIX, através do Decreto n. 2926 de 14 de maio de 1862. Esse Decreto regulava as arrematações dos serviços a cargo do então Ministério da Agricultura, Comércio e Obras Públicas. Essa legislação definia alguns prazos para os interessados apresentarem propostas, mas ainda dava muita margem para interpretação das pessoas envolvidas. Foi uma lei com conteúdo bastante incompleto e que não abrangia todos os órgãos e esferas governamentais, entretanto, que iniciou as formas de como seriam tratadas as licitações brasileiras (MEIRELLES, 2016).

No século XX, algumas modificações nas legislações de licitação ocorrem. Inicialmente, o Decreto Lei n. 4.536 de 28 de janeiro de 1922 traz, entre outros pontos, a obrigação da concorrência pública para fornecimentos acima de determinado valor e para obras quando ultrapassasse o dobro do valor estipulado para fornecimento. Em 25 de fevereiro de 1967, é promulgado o Decreto Lei n. 200, onde pela primeira vez se fez referência aos Princípios da Licitação, mencionando ainda os casos onde seria necessária a realização do procedimento licitatório. Nessa mesma norma, há os primeiros indicativos que os editais deveriam ser publicados na imprensa oficial e a definição dos nomes de algumas modalidades de licitação (RIGOLIN; BOTTINO, 2008). Em 1968, a Lei n. 5456 é promulgada trazendo dispositivos que definiam a obrigatoriedade dos estados e municípios legislarem sobre licitação somente se fossem respeitadas as normas federais do mesmo assunto. A Lei n. 5456 então traz pela primeira vez a uniformidade para os ritos licitatórios em todas as esferas da federação.

Na década de 1980, surge o Decreto Lei n. 2300 de 21 de novembro de 1986. Essa norma, conhecida como o Estatuto Jurídico das Licitações e dos Contratos Administrativos, é entendida como o grande marco da licitação no Brasil até aquele momento. Entre outros pontos, definia exatamente os princípios licitatórios e apontava as obrigatoriedades que os entes federados deveriam seguir quando da necessidade de abrir algum procedimento licitatório. Essa norma foi tão importante para a legislação brasileira que foi empregada como base para diversas normas atuais sobre licitação (RIGOLIN; BOTTINO, 2008).

2.2.1.1 Disposições da Constituição Federal de 1988 sobre licitação

A lei fundamental do Brasil, a Constituição Federal de 1988, dispõe em vários momentos sobre o processo licitatório, dando normas gerais que mais à frente foram detalhadas em leis. Meirelles (2016) mostra que no artigo 22, inciso XXVII, é disposto que a competência

privativa para legislar sobre normais gerais e contratação é da União, ou seja, Estados, Distrito Federal e Municípios não podem editar leis sobre o assunto (BRASIL, 1988).

No artigo 37, inciso XXI da Magna-Carta de 1988 o termo licitação surge pela primeira vez em uma constituição brasileira. Esse inciso recepciona integralmente as orientações expostas no Decreto Lei n. 2300 de 21 de novembro de 1986, o Estatuto Jurídico das Licitações e dos Contratos Administrativos (RIGOLIN; BOTTINO, 2008; BRASIL, 1988).

Segundo Di Pietro (2016), os princípios relacionados à Administração Pública podem ser detalhados conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Princípios constitucionais na licitação pública

Princípios	Definição
Legalidade	Respeito aos dispositivos legais
Impessoalidade	A melhor proposta é a escolhida
Moralidade	Procedimentos praticados com boa-fé
Publicidade	Transparência dos trâmites
Eficiência	Melhor custo-benefício

Fonte: Di Pietro (2016) – adaptado.

2.2.1.2 Lei 8666/1993

A Lei 8666 de 21 de junho de 1993, também conhecida como Lei de Licitações, foi baseada no Decreto Lei n. 2300 de 1986. Essa lei foi promulgada com a esperança de solucionar os problemas de corrupção nas compras públicas através de grandes procedimentos burocráticos obrigatórios. Entretanto, com a demasiada burocratização dos procedimentos, a celeridade e a eficiência das contratações públicas acabam prejudicadas (RIGOLIN; BOTTINO, 2008).

Justen Filho (2005) retrata que a Lei 8666/93 consagrou o princípio do formalismo, sem margem de escolha para o aplicador. Entende que os malefícios das formalidades são compensados pela eliminação dos riscos de desvios éticos. O preço a pagar pela probidade seria a rigidez da disciplina legislativa.

A grande providência dos legisladores responsáveis pela Lei de Licitações foi em ampliar as regras existentes e transformar todo o conjunto da Lei em normais gerais de licitações e contratos, obrigando definitivamente os estados e municípios ao cumprimento dos dispositivos contidos na Lei 8666/93. Além disso, os autores dessa Lei criaram um código penal

licitatório, punindo os particulares que não cumprirem as obrigações licitatórias (RIGOLIN; BOTTINO, 2008).

A Lei 8666/93, entretanto, não teve êxito para inibir a prática da corrupção, como se esperava. Ela trouxe dificuldades a empresas idôneas de qualquer ramo a participarem das licitações, uma vez que, devido às novas exigências, tornou-se difícil adaptação de empresas menores. Por outro lado, a Lei das Licitações conseguiu fazer os empresários se adaptarem e desenvolverem os seus negócios de acordo com todas as legislações vigentes, tendo em vista que se a empresa não estiver perfeitamente dentro do que a lei estabelece, não poderá participar de nenhum rito licitatório (MEIRELLES, 2016).

2.2.1.3 Demais normas sobre licitações

Apesar da Lei 8666/93 ser a principal norma que dispõe sobre licitações, há outras importantes normas promulgadas após 1993. A Lei n. 10.520 de 17 de julho de 2002, a conhecida Lei do Pregão, foi criada devido à grande burocracia e à falta de rapidez das licitações. Então, a Administração Pública, através dessa Lei, utiliza a modalidade pregão para a aquisição de bens e serviços comuns, os quais são definidos na própria Lei no seu artigo 1º (BRASIL, 2002).

A rapidez da modalidade pregão frente à outras já existentes da Lei 8666/93 (concorrência, tomada de preços, convite, concurso e leilão) se destaca, pois somente a documentação do licitante vencedor é analisada, ou seja, a Administração Pública somente despenderá tempo analisando uma documentação, as outras, dos perdedores, não serão verificadas.

Na licitação convencional, o julgamento se inicia pelo exame do envelope contendo os documentos do licitante que o habilitam sob o aspecto jurídico, fiscal, técnico e econômico-financeiro a desempenhar o que está sendo contratado e, somente após, verifica-se a proposta. No pregão, acontece o inverso. Verificam-se todas as propostas, e a habilitação examinada é apenas a do vencedor. Desse modo, com a inversão das fases de exame a Administração Pública restringe o julgamento das habilitações, em tese, a uma habilitação: a do vencedor (FERNANDES, 2003).

Outras leis importantes da matéria licitação são a Lei n. 12.462 de 4 de agosto de 2011 – Lei que institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC e a Lei das Estatais – Lei n. 13.303, de 30 de junho de 2016, as quais ainda estão no início de utilização por parte dos interessados nos assuntos licitatórios. Atualmente, está na Câmara dos Deputados o Projeto

de Lei n. 6814/2017, a qual tende a ser a nova lei de licitações (SANTOS; CALHEIROS JUNIOR, 2017).

2.3 AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Avaliar e selecionar o melhor fornecedor são atividades essenciais para qualquer organização. Definir estratégias sobre a escolha de fornecedores, além de trazer economias para o setor de compras, traz influências monetárias para todos os departamentos da empresa. Uma empresa que possui fornecedores de excelência consegue planejar melhor sua logística e, por consequência, cativar e fidelizar o seu cliente final (CHAI; LUI; NGAI, 2013).

Chandrashekar e Callarmann (1998) concluíram que vivenciavam uma era marcada pela competitividade, e a solução para obter sucesso seria através da aproximação da empresa com seus os fornecedores e com os seus clientes. Sabe-se que uma empresa que se mantém isolada não conseguirá ser competitiva, afinal ela faz parte de uma cadeia de fornecedores e compradores, onde todos estão buscando o lucro incessantemente. As empresas necessitam envolver-se e inter-relacionar-se com sua cadeia de suprimentos, de modo que seja possível uma permuta de informações com a finalidade de aumentar a qualidade dos produtos e otimizar o tempo correto de entrega após a compra. Portanto, é primordial desenvolver um relacionamento duradouro e transparente com os fornecedores, já que eles estão ligados diretamente com o desempenho da empresa (CAMPOS, 1992; CRAWFORD; COX, 1991; KRAUSE; ELLRAM, 1997).

O desenvolvimento de fornecedores ou o desenvolvimento do relacionamento com fornecedores é, segundo De Toni e Nassimbeni (2000), qualquer esforço feito pela organização fornecida junto ao fornecedor para que este consiga aumentar seu desempenho e capacidade, a fim de atender as necessidades de suprimento da empresa compradora. Desenvolver fornecedores, portanto, abrange desde esforços pequenos, como uma avaliação superficial do desempenho do fornecedor, até esforços extensivos, como treinamento de pessoal e investimento nas operações do fornecedor (HANDFIELD et al., 2000).

A confiança, a interdependência, a reciprocidade, a flexibilidade e o comprometimento são fundamentais para a realização de qualquer transação entre empresas (fornecedor-fornecido) (VIEIRA, 2006). Sendo assim, o trabalho conjunto entre a empresa fornecedora e a empresa fornecida é uma importante ferramenta estratégica para reduzir custos e atender satisfatoriamente as necessidades dos clientes. Vieira (2006) concluiu que esse processo conjunto deve ser entendido como uma colaboração estratégica, onde o compartilhamento de

informações importantes de estoques, clientes e logística faz com que ambas empresas consigam crescer dentro das suas áreas de mercado.

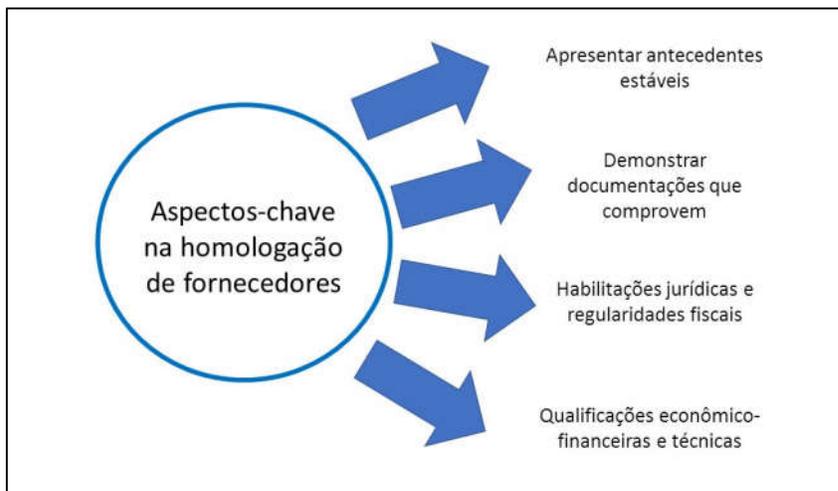
Para realizar a ação de desenvolver os fornecedores é necessário selecioná-los. A seleção de fornecedores é um processo no qual os fornecedores deverão ser avaliados, inspecionados e, então, escolhidos para fazer parte da cadeia de suprimentos da organização ou não, uma vez que a empresa deve ter uma lista de fornecedores suplentes, caso aconteça problemas com o fornecimento realizado pela empresa principal. Desse modo, selecionar parceiros de fornecimento tem como objetivo a identificação de fornecedores com maiores possibilidades de satisfazer as necessidades da organização, estando esses fornecedores dentro dos critérios definidos pela empresa. (CAMPOS, 1992; GONÇALO; ALENCAR, 2011)

Denicol e Cassel (2013) corroboram com as demais ideias, acrescentando que o relacionamento comprador-fornecedor baseado somente no custo não é mais aceitável. Eles entendem que as organizações devem repensar suas estratégias de aquisição e avaliação, tendo em vista o aumento da importância e a influência dos fornecedores em todas as atividades da empresa. Por fim, concluem que as empresas devem utilizar métodos multicritérios de decisão, uma vez que para avaliar e selecionar fornecedores são envolvidos múltiplos critérios que potencialmente podem afetar a sobrevivência da organização.

A homologação da lista definitiva dos fornecedores fecha o processo de busca de parceiros para fornecimento após a seleção dos parceiros. A homologação de fornecedores é entendida por Oliveira et al. (2014) como o ato de aprovar ou confirmar que um fornecedor ou um parceiro possui os critérios que a organização busca, de modo que assim se consiga gerar maior segurança e confiança no processo de gestão de compras da empresa. Na prática, a homologação de fornecedores revisa rapidamente todo o processo de seleção e avaliação já realizado. A homologação leva em consideração os fatores pontuais mais importantes para a organização que busca o fornecedor, rejeitando aqueles que não se enquadrarem nos parâmetros.

A Figura 3 mostra o processo de homologação de fornecedores esquematizado.

Figura 3 – Aspectos-chave na homologação de fornecedores



Fonte: Oliveira et al. (2014) – adaptado.

2.3.1 Fontes de fornecimento

A classificação de fornecedores não possui uma definição totalmente aceita para todos os pesquisadores da área. O contato com poucos fornecedores pode dar à organização, suprimentos de alta qualidade e mais confiáveis, e melhor processo de entregas, gerando um menor número de devoluções e baixos níveis de estoque, reduzindo o custo total e melhorando o preço e a percepção do produto final pelo cliente (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015). Por outro lado, possuir vários fornecedores ativos para cada grupo de produto gera uma situação de competição entre as fontes de suprimentos, diminuindo o risco de falta de material, melhorando a qualidade e, sobretudo, reduzindo os preços (MONKS, 1987).

As empresas, que almejam obter melhores resultados de seus fornecedores podem diversificar suas atividades de compras, de modo que se estimule a competição e se aprimore os padrões de comportamento (KRAUSE; SCANELL, 2002). Ballou (2001) e Chase et al. (1998) acrescentam também que essa tradicional programação de suprimentos para estoque consegue garantir menores custos, maior velocidade de entrega e incremento na qualidade dos produtos fornecidos.

Entretanto, a aproximação da organização de apenas um fornecedor para cada produto tende a trazer suprimentos de alta qualidade, resultando num menor número de devoluções e baixos estoques (CHEN; YANG, 2003). Uma relação duradoura e compromissada com poucos fornecedores atende uma premissa primordial na Engenharia de Produção que seria obter

maiores benefícios em custo e qualidade para todo o canal logístico, ou seja, garantir redução de custos além da cadeia de suprimentos (CHASE; AQUILANO; JACOBS, 1998). As ideias de Womack (1992) e Ballou (2001) mostram que uma relação próxima da organização com o fornecedor, a empresa consegue criar um princípio de Just in Time, filosofia de programação, que todos os administradores de produção almejam conseguir para suas empresas.

Slack et al. (1996) definiram que a relação com somente um fornecedor seria chamada de *single sourcing*, e a relação com vários fornecedores, *multiple sourcing*. Slack et al. (1996) sintetizaram as informações e trouxeram as vantagens e desvantagens de cada fonte de relacionamento. O Quadro 3 mostra a comparação.

Quadro 3 – Vantagens e desvantagens do Single e Multiple Sourcing

Estratégias	Vantagens	Desvantagens
<i>Single Sourcing</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de garantia de qualidade • Relações mais fortes e mais duráveis • Favorece o comprometimento • Melhor comunicação • Maior cooperação • Maior confidencialidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior vulnerabilidade a problemas de fornecimento. • Flutuações no volume de demanda • Aumento de preços
<i>Multiple Sourcing</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Concorrência de preços • Possibilidade de mudança de fornecedor • Várias opções disponíveis 	<ul style="list-style-type: none"> • Pouco comprometimento • Sistema de garantia deficiente • Maior esforço requerido para comunicação • Menos investimentos pelos fornecedores

Fonte: Slack et al. (1996) – adaptado.

A abordagem de fonte única de suprimentos está se tornando popular (BAILY et al., 2000). Porém, não é em todas as situações a decisão correta a se tomar. Existem circunstâncias que é melhor ter mais de um fornecedor. Para tanto, Baily et al. (2000) compararam as duas estratégias, registrando alguns benefícios de cada alternativa para determinados pontos de influência. O Quadro 4 apresenta a comparação:

Quadro 4 – Comparação Single Sourcing *versus* Multiple Sourcing

Influência de cada estratégia	Multiple Sourcing	Single Sourcing
Efeito sobre o preço	Vários fornecedores podem proporcionar preços menores.	Um único fornecedor pode significar preço unitário menor
Efeito sobre a segurança do suprimento	Maior segurança em situações de interrupção.	O fornecedor é motivado a prestar um bom serviço porque a ele foi confiado todo o negócio.
Efeito sobre a motivação, disposição, inovação de design do fornecedor	A concorrência entre os fornecedores obriga uma permanente motivação dos fornecedores.	A falta de concorrência pode diminuir a inovação e a motivação.

Fonte: Baily et al. (2000) – adaptado.

2.4 PARTICIPAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS NA GERAÇÃO DE PESQUISAS E ESTUDOS

Qualquer nação que visa ao desenvolvimento social depende de agentes institucionais e de agentes privados. As universidades e institutos de educação públicos são lugares onde pesquisas e desenvolvimento de estudos são gerados, sendo esses os agentes institucionais. Já as empresas privadas são os chamados agentes privados, os quais são responsáveis pela utilização de forma capitalista de estudos e pesquisas, gerando emprego e renda para a sociedade. Sendo assim, o governo, através das suas instituições de educação, e os empresários, através das suas organizações, são essenciais para que o desenvolvimento social consiga acontecer dentro de um território (CRUZ, 1999).

É fato que a parceria entre instituições governamentais de educação e empresas privadas contribuem para a geração de estudos e pesquisas importantes para desenvolvimento de um país. Adam Smith (1776) já observava que o desenvolvimento e a inovação aconteciam com a aproximação entre os homens que trabalhavam com as máquinas e os desenvolvedores das mesmas. Essa afirmação, então, corrobora com o quanto pesquisadores (instituições governamentais de educação) e usuários (empresas privadas) devem estar próximos, visto que ambos os lados possuem informações importantes para o desenvolvimento de todo o processo.

Na Administração ou na Engenharia de Produção, o setor que busca e organiza parcerias de desenvolvimento de pesquisas, seja com instituições públicas, seja com instituições privadas chama-se setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) (PAKER; GRILICHES, 1980). No Brasil, entretanto, o setor de P&D não tem sido uma prioridade para as organizações, uma vez

que os empresários geralmente preferem investir em outros setores da organização porque não acreditam que a pesquisa trará grandes ganhos financeiros no curto ou médio prazo (MUNARI; PASQUINI; TOSCHI, 2014).

Conforme o IBGE (2016), o Brasil vem mostrando um aumento no investimento em setores de P&D nas empresas, porém, quando comparados com as suas Receitas Líquidas de Vendas (RLV), esse investimento ainda fica aquém do que se busca. O Quadro 5 mostra dados de investimentos em P&D em relação à receita líquida de vendas (P&D) nos anos de 2008, 2011 e 2014.

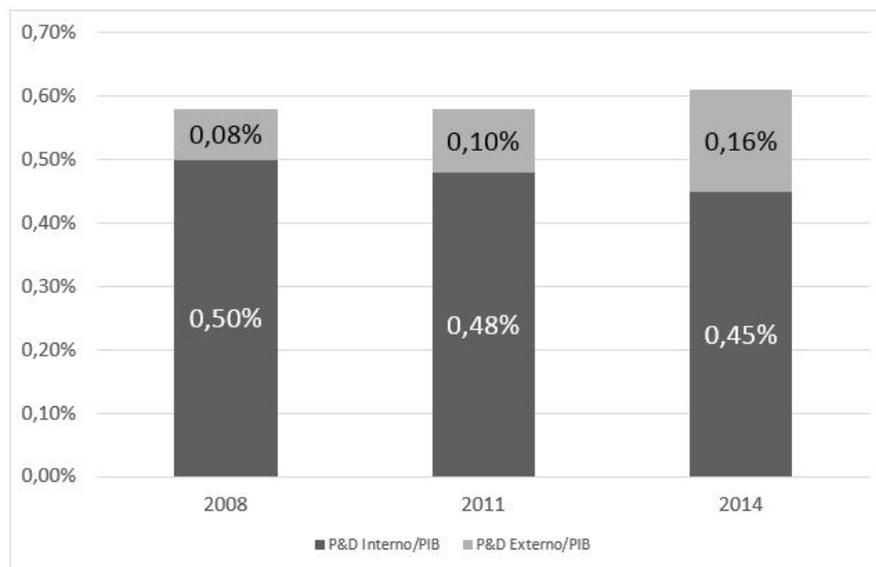
Quadro 5 – Investimentos em P&D em relação à receita líquida de vendas (P&D): 2008, 2011 e 2014

	P&D / RLV (%)		
	2008	2011	2014
Indústria (total)	0,73	0,81	0,84
Indústria extrativa	0,15	0,42	0,52
Indústria de transformação	0,75	0,83	0,85
Serviços selecionados	2,89	2,17	3,43
Eletricidade e Gás	-	1,07	0,43

Fonte: IBGE – PINTEC (2016) – adaptado.

O IBGE (2016) ainda traz resultados importantes sobre o quanto dos investimentos no setor de P&D são realizados externamente, ou seja, utilizando institutos de pesquisas governamentais. Os dados refletem definitivamente como as empresas pouco se interessam por parcerias para a pesquisa e desenvolvimento de produtos com o Governo. O gráfico da Figura 4 mostra a parcela de investimentos internos (própria empresa realiza as pesquisas) e investimentos externos (a empresa é auxiliada por instituições públicas) em relação a Produto Interno Bruto (capacidade de investimento) durante os anos de 2008, 2011 e 2014.

Figura 4 – Investimentos internos e externos em P&D em relação ao PIB



Fonte: IBGE – PINTEC (2016) – adaptado.

A importância da parceria entre instituições públicas e agentes privados para aumentar o desenvolvimento social de um país é notória. Entretanto, como há uma mínima procura por parcerias seja pela parte governamental, seja pela parte privada, acabam acontecendo poucos avanços no campo científico (SCHOLZE; CHAMAS, 2000). De todo modo, o papel das instituições públicas se mostra de grande importância para que os estudos possam ser realizados e simulados, e quando sua utilização aconteça de fato comercialmente, haja poucas ou nenhuma falha para serem reparadas.

2.5 TÉCNICAS DE TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

O número de variáveis para que uma decisão seja tomada com o maior grau de certeza vem aumentando ao passar do tempo. Perguntas como *quando comprar?* *De quem comprar?* *Quanto comprar?* *Como comprar?* tem dificultado a tomada de decisão do gestor de compras. Neste sentido, surgem processos decisórios que utilizam métodos complexos para auxiliar o gestor a tomar a decisão correta. Esses métodos ou técnicas são conhecidos como Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA), e estão fazendo a diferença na solução de diferentes problemas na gestão de compras (BESTA et al., 2012).

As técnicas multicritérios são definidas como meios desenvolvidos para apoiar e conduzir os gestores na tomada de decisão, avaliando e escolhendo alternativas-solução, em diferentes espaços. Esses espaços consistem em variáveis quantitativas e qualitativas que, ao

serem estudadas, trazem soluções ótimas para os tomadores de decisão (ALMEIDA, 2013). Essas técnicas possuem o objetivo de analisar diversos critérios, alternativas e objetivos, a fim de encontrar a melhor solução possível dependendo do ponto de vista (WANG, 2010).

Conforme Thokala e Duenas (2012), alguns aspectos devem ser observados na elaboração de alguma análise multicritério:

- a) selecionar as alternativas que serão analisadas;
- b) definir os critérios (ou atributos) empregados;
- c) definição da pontuação que reflete o valor esperado de cada alternativa, tendo em vista os critérios definidos, e;
- d) determinação de pesos para cada critério, levando em consideração a importância relativa de cada um no contexto do estudo ou no que se pretende dar mais ênfase.

Historicamente, os métodos multicritérios (AHP, *Fuzzy*, *Fuzzy-TOPSIS*, MAUT, SMART, entre outros – vide Quadro 7) vêm sendo desenvolvidos para servir de apoio e nortear tomadores de decisão a escolherem a melhor alternativa de determinado problema. A determinação do conjunto de soluções possíveis leva em consideração que as alternativas expostas são as melhores para resolver o problema em questão (VINVKE, 1992). Por outro lado, o resultado pretendido com a utilização dos métodos multicritérios pode ser identificado entre quatro tipos de problemáticas (GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2014):

- a) Procedimento de seleção ou escolha de uma alternativa;
- b) Classificação das alternativas;
- c) Ordenação das alternativas, e;
- d) Esclarecer a decisão por uma descrição.

Os métodos multicritérios de tomada de decisão foram evoluindo com o tempo. Por um lado, existem métodos antigos, alguns ultrapassados, que foram desenvolvidos na década de 1950 e, por outro, existem os que mesclam diferentes abordagens de decisão com auxílio computacional que foram desenvolvidos a partir dos anos 2000. De maneira geral, Leite e Freitas (2012) destacam os principais métodos multicritérios de tomada de decisão: Analytic Hierarchy Process (AHP) (SAATY, 1970), Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE) (BRANS e VINCKE, 1985), Elimination and Choice Expressing Reality (ELECTRE) (ROY, 1996), Método TOPSIS (HWANG; YOON, 1981) e Método *Fuzzy-TOPSIS* (CHEN, 2000). Além disso, é importante ressaltar que a grande característica dos métodos multicritérios em relação a outros métodos de tomada de decisão é a inclusão do julgamento e avaliação dos tomadores de decisão no processo (GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2014).

As vantagens da aplicação das técnicas de tomada de decisão multicritério estão relacionadas com a capacidade de dar destaque a similaridade ou potenciais conflitos entre gestores que possuem opiniões divergentes. Além disso, as vantagens dessas técnicas concernem também à facilidade de aplicação das mesmas por profissionais não especialistas, uma vez que, após devidamente programados computacionalmente, são métodos intuitivos e de pouco grau de dificuldade para serem utilizados (THOKALA; DUENAS, 2012).

Tendo em vista o grande aumento do número de informações que se consegue obter atualmente, muitos gestores estão à procura de soluções computacionais para seus problemas de tomada de decisão. Nesse sentido, as técnicas de tomada de decisão multicritério surgem como métodos de apoio para a gestor, trazendo soluções com uma certeza matemática, e mostrando eficácia para solução de problemas com critérios conflitantes (JIANG et al., 2011).

2.5.1 Principais abordagens e métodos AMD

Os métodos de tomada de decisão multicritério são muito úteis quando há uma grande variedade de critérios qualitativos e quantitativos, além de haver várias alternativas a serem consideradas no processo de avaliação e seleção. É preciso entender que cada método está vinculado a uma abordagem, a qual dá características para o mesmo (BOZARTH; HANDFIELD, 2008). Essa abordagem é chamada pelos especialistas de Abordagem de apoio multicritério à decisão (AMD) e visa, basicamente, fornecer aos tomadores de decisão ferramentas que permitam avançar na solução de problemas de decisão, onde há vários objetivos e diferentes pontos de vista contraditórios, sendo um grande exemplo a dicotomia existente entre reduzir custos e aumentar a qualidade (ALMEIDA, 2011).

Roy (1996) afirma que a escolha da abordagem a qual o método está vinculado precede sua escolha. Portanto, Vincke (1992) e Roy (1996) dividem as abordagens em: (a) Teoria da utilidade multiatributo ou do Critério único de síntese; (b) Abordagem de sobreclassificação ou superação; e, (c) Métodos interativos, os quais o Quadro 6 apresenta.

Quadro 6 – Síntese das Abordagens AMD

ABORDAGENS	DESCRIÇÃO
Teoria da Utilidade Multiatributo ou	As preferências do decisor geram um score (Almeida, 2011). Alguns métodos desta abordagem podem ser citados: MAUT, SMART, TOPSIS, AHP
Sobreclassificação ou Subordinação	Não se obtém um score das alternativas mediante seu desempenho em cada critério (LÉGER; MARTEL, 2002). Os principais métodos desta abordagem são os das famílias: ELECTRE, PROMETHÉE.
Métodos Interativos	Caracterizam-se por possuir passos computacionais e serem interativos (LÉGER; MARTEL, 2002). Alguns métodos dessa abordagem podem ser citados: STEM, TRIMAP, ICW, PARETO RACE (ANTUNES; ALVES, 2012).

Fonte: Guarnieri (2015).

A escolha das abordagens expostas no Quadro 6 relaciona-se em grande grau com a racionalidade do decisor ao demonstrar suas preferências, as quais podem ser basicamente:

(a) Aditiva: as alternativas são avaliadas mediante cada critério, o desempenho das alternativas é avaliado quantitativamente (valores numéricos) ou qualitativamente (por meio de escalas) e é estabelecido um score para cada alternativa. Essa racionalidade permite trade-offs entre critérios, o que significa afirmar que uma alternativa com um péssimo desempenho (por exemplo: qualidade) pode ser compensada por um ótimo desempenho em outro critério (por exemplo: custo); e,

(b) Não aditiva: as alternativas são avaliadas em pares pelas relações: preferência forte (P+), preferência fraca (P-), indiferença (I) ou incomparabilidade (R), no lugar de números. Neste caso, não é gerado um score para cada alternativa, este sistema é similar ao utilizado nas Olimpíadas (medalhas de ouro, prata e bronze), pelo qual as alternativas são avaliadas segundo a quantidade e qualidade dos votos que obtiveram, ou seja, não permite trade-offs entre critérios (ALMEIDA, 2011; VINCKE, 1992).

Sendo assim, o Quadro 7 finalmente elenca os principais métodos utilizados em cada abordagem.

Quadro 7 – Principais Métodos Provenientes das Abordagens AMD

MÉTODO	DESCRIÇÃO
ABORDAGEM DA TEORIA DA UTILIDADE MULTIATRIBUTO/CRITÉRIO ÚNICO DE SÍNTESE	
Multiple Attribute Utility Function (MAUT)	Modelagem de preferência tradicional.
Simple Multicriteria-Attribute Rating Technique (SMART)	É uma simplificação da MAUT. Julga a avaliação das alternativas considerando o pior e o melhor estímulo.
Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution (TOPSIS)	Avalia o desempenho das alternativas através da similaridade desta com a solução ideal.
Analytic Hierarchy Process (AHP)	Decompõe o problema em diversos em fatores, com relações entre si, por meio da construção de uma hierarquia.
ABORDAGEM DE SOBRECLASSIFICAÇÃO/SUPERAÇÃO	
Elimination and Choice Translating Algorithm(ELECTRE)	Compreende dois procedimentos principais: I) construção de uma ou várias relações de sobreclassificação/superação; e, II) exploração desta(s) relação(s).
Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation(PROMETHEE)	Consiste em realizar a comparação das alternativas em pares e construir uma relação de sobreclassificação de valores.
ABORDAGEM DOS MÉTODOS INTERATIVOS	
Step Method(STEM)	Em cada fase de cálculo é calculada a solução que minimiza a distância de Chebyshev à solução ideal. Se os valores das funções objetivo são todos considerados satisfatórios, o processo termina.
Interval Criterion Weights (ICW)	O decisor escolhe uma solução numa amostra de soluções não dominadas que lhe é apresentada em cada fase de diálogo. Em cada fase de cálculo são otimizadas várias somas ponderadas das funções objetivo.
Pareto Race	Realiza uma pesquisa direcional livre sobre a região não dominada. As soluções são calculadas definindo uma direção que oferece uma variação nos valores das funções objetivo que está de acordo com as preferências do decisor.
Tricriterion Multiobjective Linear Programming (TRIMAP)	Efetua uma pesquisa livre no sentido de uma aprendizagem progressiva e seletiva do conjunto de soluções não dominadas, combinando a redução da região admissível com a redução do diagrama paramétrico.

Fonte: Guarnieri (2015).

Cabe ressaltar que a situação do problema influencia a escolha do método, uma vez que as decisões que envolvem o contexto multicritério podem ser direcionadas por várias problemáticas:

- (a) Escolha: reduzir a um conjunto menor o número de alternativas existentes;
- (b) Ordenação: ordenar as alternativas em ordem crescente ou decrescente; e,

(c) Classificação: categorizar as alternativas em grupos por similaridade, de forma categórica ou ordenada (ROY, 1996; VINCKE, 1992).

É necessário perceber ainda que há naturezas de critérios diferentes, os quais podem ser classificados basicamente em quantitativos e qualitativos. Também é possível acrescentar a essas abordagens os métodos da Teoria *Fuzzy*, os quais são frequentemente agregados aos métodos AMD devido à sua capacidade de modelar os processos subjetivos de avaliação humana, convertendo essas avaliações em escalas de números *fuzzy* (LARBANI; HUANG; TZENG, 2011).

De todo modo, não há um consenso dos estudiosos de AMD sobre o melhor método a ser utilizado. Entretanto, enfatiza-se que para a escolha de um método deve se considerar, sobretudo, a situação de decisão que envolve os objetivos, a problemática escolhida (escolha, ordenação, classificação), os tipos de critérios (quantitativos e/ou qualitativos) e a racionalidade do tomador de decisão (ARAZ; OZKARAHAN, 2007).

2.5.2 Método Analytic Hierarchy Process – AHP

O método de Análise Hierárquica do Processo (AHP) é um modelo matemático que serve de apoio à tomada de decisão e permite sua aplicação para resolução de diversos problemas. Esse método foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 1970, sendo aprimorado ao passar do tempo. A ideia central da teoria da análise hierárquica introduzida é a redução do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares. A utilização do método acontece através da minimização das falhas de decisão em face de multicritérios, ou seja, pretende apoiar a tomada de decisão, atendendo multicritérios simultaneamente (SAATY, 1991).

A teoria remete ao método natural de funcionamento da mente humana, uma vez que em face de grande número de variáveis, a mente agrega os elementos seguindo propriedades comuns entre eles. Em seguida, a mente humana continua a fazer o mesmo processo até chegar em um nível mais elevado, momento no qual atinge o nível máximo ao representar a solução para o processo decisório no qual estava trabalhando (SAATY, 1991).

O método de Análise Hierárquica do Processo consiste em ser um modelo matemático para apoiar a tomada de decisão, permitindo que sua aplicação possa acontecer para resolução de inúmeras situações-problema (GRANEMANN; GARTNER, 1998). Trata-se de uma técnica de programação multicritério estruturada para uso em ambientes complexos em que vários são os critérios e variáveis para a priorização e seleção de alternativas (GOMES; COSTA, 2013).

Inúmeras definições são encontradas na literatura sobre o AHP. O *Decision Support Systems Glossary* (DSS, 2008) define AHP como “uma aproximação para tomada de decisão que envolve estruturação de multicritérios de escolha numa hierarquia. O método avalia a importância relativa desses critérios, compara alternativas para cada critério, e determina um *ranking* total das alternativas”.

Para DeWayne (2009), a significância do método AHP está no fato de estabelecer um ranking dos elementos. Várias instituições governamentais, militares e educacionais, por exemplo, utilizaram o AHP para sua tomada de decisão. O método AHP é utilizado em diversas áreas do conhecimento, tanto nacionalmente, quanto internacionalmente. Em estudos nacionais e internacionais constata-se que o método é aplicado, por exemplo, nas Ciências Exatas, Sociais Aplicadas e da Saúde (LIBERATORE; NYDICK, 2008; SCHNIEDERJANS; GARVIN, 1997; LEE; CHEN; KANG, 2009; LYRA, 2008).

O AHP se baseia no método newtoniano e cartesiano de pensar, ou seja, busca tratar a complexidade da situação-problema através de um modelo que gere uma decomposição dessa situação-problema em vários fatores, os quais, por sua vez, são decompostos em novos fatores, facilitando o entendimento do problema e redimensionando sua complexidade (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009). Ressalta-se que a técnica AHP possui a função de agregar os valores de cada alternativa referente a cada critério. Com isso, a representação da importância relativa de cada critério surge do conceito de taxa de substituição (trade-off). Sendo assim, a aplicação da AHP se caracteriza por possuir fases distintas: a construção da hierarquia, a construção de prioridades ou a avaliação e análise de consistência. A primeira traz a definição e estruturação do problema, já a segunda é a fase do julgamento das alternativas face aos critérios, e por fim, a análise de consistência é a fase em que se avalia a coerência dos julgamentos apresentados. (GOMES, 2014)

2.5.2.1 Pontos fortes, pontos fracos e aplicações do AHP

O ponto forte do método está em como os valores dos julgamentos das comparações paritárias são baseadas no tomador de decisão, ou seja, é levado em consideração a experiência, a intuição e também os dados físicos (SAATY, 1994).

Ainda Grandzol (2005) afirma que, por reconhecer que participantes podem estar incertos ou fazer julgamentos pobres em algumas comparações, o método de Saaty envolve comparações redundantes para melhorar a validade, sendo isto também ponto positivo, uma vez que a tolerância de inconsistências não é uma limitação, mas um retrato da realidade. Desse

modo, o AHP inclui e mede todos os fatores relevantes, qualitativa e quantitativamente mensuráveis, tangíveis ou intangíveis, para chegar a um modelo realista.

Muito embora existam vários pontos positivos nesse método, é necessário perceber que ele possui suas limitações. A principal delas, assim entendida por Grandzol (2005), é a sua aplicação inadequada, isto é, em ambientes desfavoráveis onde a aplicação é percebida como simplificação excessiva ou como desperdício de tempo.

O método já se mostrou eficaz em diferentes trabalhos apresentados. Entre vários estudos onde o AHP foi utilizado, destacam-se pesquisas sobre escolha de operador logístico (SANTANA, 2004), decisão estratégica de Tecnologia da Informação (TI) (MURAKAMI, 2003), proposição de um indicador geral (FRANCISCHINI; CABEL, 2003), avaliação de riscos em projetos de ERP – Enterprise Resource Planning (HUANG, 2004), mensuração de retrabalho (MELLO; BANDEIRA; BRANDALISE, 2018), critérios importantes para demissão (STOCKER et al., 2018), entre outros trabalhos que enriqueceram a literatura desse assunto.

2.5.2.2 Hierarquia

Para conseguir a solução do problema utilizando o método AHP, o problema geral é dividido em avaliações de menor importância, porém, simultaneamente mantém a participação dos problemas menores para a decisão global. Isso quer dizer que o método AHP divide o problema geral em problemas menores para facilitar a solução, entretanto, não deixa de levar em consideração todos os subproblemas menores gerados a partir do problema global. Sendo assim, o método AHP cria uma espécie de hierarquia, que ao fim, traz a melhor solução possível para a situação (SAATY, 1994)

A hierarquia é uma abstração da estrutura de um sistema para estudar as interações funcionais de seus componentes e seus impactos no sistema total (SAATY, 1991). Essa abstração pode tomar várias formas inter-relacionadas, todas descendentes de um objetivo geral, abrindo-se em sub-objetivos, desmembrando-se nas forças influentes e até nas pessoas que influenciam essas forças. Duas perguntas aparecem na estrutura hierárquica dos sistemas (Saaty, 1991):

- (1) Como estruturar hierarquicamente as funções de um sistema?
- (2) Como medir impactos de cada elemento na hierarquia?

No método AHP, um problema é estruturado como hierarquia e, posteriormente, sofre um processo de priorização. Saaty (1991) explica que priorização envolve explicitar julgamentos de questões de dominância de um elemento sobre outro quando comparados a uma

prioridade. De todo modo, é importante ressaltar que a parte mais criativa de tomadas de decisão que tem efeito significativo no resultado é a modelagem do problema, ou seja, o método AHP deve estar bem hierarquizado e sofrer um correto processo de priorização. Sendo assim, o princípio básico na criação dessa estrutura de hierarquia é sempre tentar encontrar a resposta para a seguinte questão: posso comparar os elementos de um nível abaixo usando alguns ou todos os elementos no próximo nível superior como critérios ou atributos dos elementos do nível inferior?

Para elaborar a forma de uma hierarquia, Saaty (1994) fornece as seguintes sugestões conforme mostra o Quadro 8:

Quadro 8 – Elaboração de Hierarquia

PASSO	AÇÃO/SUGESTÃO	OBSERVAÇÕES
1	Identificar o problema geral	Qual a questão principal?
2	Identificar os sub-objetivos do objetivo geral	Caso relevante, identificar o horizonte de tempo que afetam a decisão
3	Identificar os critérios que devem ser satisfeitos para satisfazer os sub-objetivos do objetivo geral	
4	Identificar os subcritérios abaixo de cada critério	Vale ressaltar que critérios e subcritérios podem ser especificados em termos de faixas de valores de parâmetros ou em termos de intensidades como alta, média, baixa
5	Identificar os atores envolvidos	
6	Identificar os objetivos dos atores	
7	Identificar as políticas dos atores	
8	Identificar opções e resultados	
9	Decidir situações sim-não	Tomar o resultado mais preferível e comparar os benefícios e custos de tomar decisão com os de não se tomar a decisão
10	Realizar uma análise de custo-benefício usando valores marginais.	

Fonte: Saaty (1994) – adaptado.

Ao final de todo processo, as perguntas que devem ser respondidas são: a) qual alternativa gera o melhor benefício? b) qual alternativa é mais custosa? c) qual alternativa é mais arriscada, se houver análise para riscos?

De fato, uma hierarquia bem construída será um bom modelo da realidade. Entretanto, mesmo apresentando vantagens, a hierarquia por si própria não é uma ferramenta poderosa no processo de tomada de decisões ou de planejamento. É necessário também levar em conta a

força com que elementos de um nível atuam sobre os elementos do nível mais alto seguinte, assim como considerar forças relativas entre os níveis e os objetivos gerais (GRANDZOL, 2005).

2.5.2.3 O Processo de hierarquização do AHP

A metodologia do AHP tem na sua constituição a decomposição por hierarquias e a síntese pela identificação de relações através de escolha consciente.

Toda e qualquer prática para tomada de decisões necessita da análise e da escolha de uma melhor alternativa, desde que satisfaçam os objetivos pretendidos. No método AHP, isso acontece através da obtenção de pesos numéricos para alternativas relacionadas a sub-objetivos e também desses sub-objetivos relacionados a objetivos de maior grandeza (SAATY, 1991). Para tanto, Grandzol (2005) afirma que o melhor meio de estruturar logicamente os objetivos e sub-objetivos é através da hierarquização. O mesmo autor ainda explica que através de comparações aos pares em cada nível da hierarquia, os participantes adquirem pesos, os quais são definidos como prioridades.

A partir disso, surge a escala de prioridades de Saaty, a qual sendo usada corretamente consegue mostrar as relações de importância de cada participante da análise. Saaty (1994) define que um julgamento ou comparação é a representação numérica de uma relação entre dois elementos que possuem o mesmo pai, ou a mesma origem. Com isso, Saaty (1994) percebe que o grupo dos julgamentos pode ser expresso em uma matriz quadrada, onde há comparação entre os elementos. Sendo assim, cada julgamento representa a dominância de um elemento da coluna à esquerda sobre um elemento da linha de topo.

O Quadro 9 mostra a escala recomendada por Saaty (1991). A escala inicia em 1 e acaba em 9, sendo 1 representando a menor importância possível e 9 representando a maior importância possível.

Quadro 9 – Comparações do AHP

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i.	Uma designação razoável.
Racionais	Razões resultantes da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, somente para completar a matriz.

Fonte: Saaty (1991).

A partir do julgamento, portanto, é possível saber qual dos dois elementos é mais importante em relação a um critério de um nível superior, bem como qual a intensidade da diferença de importância. O elemento mais importante da comparação deve ser usado como valor inteiro da escala e o menos importante como inverso do mesmo número.

A Matriz A mostra como são lançados os números em um problema de genérico comparando os elementos W, X, Y e Z:

Matriz A

<i>Problema X</i>	<i>W</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	
<i>W</i>	1	5	6	7	
<i>X</i>	1/5	1	4	6	(I)
<i>Y</i>	1/6	1/4	1	4	
<i>Z</i>	1/7	1/6	1/4	1	

Ao se analisar a Matriz A, nota-se pela parte superior direita que todos os elementos-linha eram mais dominantes do que os elementos-coluna, uma vez que todas as posições estão com números maiores que 1. Didaticamente, a leitura da importância é feita da seguinte maneira: W é 5 vezes mais dominante que X e 6 vezes mais dominante que Y. (SAATY, 1991)

De modo a facilitar o processo, Chan, Kwok e Duffy (2004) estabeleceram um algoritmo para a aplicação do AHP:

(1) Define-se o problema e o que se procura saber. Expor as suposições e as partes envolvidas.

(2) Decompõe-se o problema em hierarquias sistemáticas, do topo (objetivo geral) para o último nível (fatores mais específicos, usualmente as alternativas). Partindo do topo para a extremidade, a estrutura do AHP possui objetivos, critérios e classificação de alternativas. Quanto mais critérios, menos importante cada critério individual se torna, e a compensação é feita pela atribuição de pesos para cada critério.

(3) Constrói-se uma matriz de comparação paritária entre os elementos do nível inferior e os do nível imediatamente acima.

(4) Faz-se os julgamentos para completar as matrizes. Para isso, são necessários $n(n-1)/2$ julgamentos para uma matriz $n \times n$, sendo n o número de linhas e colunas. Os valores inseridos são aqueles da escala de comparação, mostrados Quadro 9.

(5) Calcular o Índice de Consistência (IC). Se não for satisfatório, refazer julgamentos. (CHAN; KWOK; DUFFY, 2004)

Chan, Kwok e Duffy (2004) acrescentam em seu raciocínio o Índice de Consistência (IC). Esse índice mostra se os elementos na matriz estão logicamente corretos. Para isso, Chan definiu a seguinte fórmula:

$$\text{I. C.} = \text{Índice de Consistência} = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n-1} \quad (\text{II})$$

Então, n é a dimensão da matriz e $\lambda_{\text{máx}}$ é calculado através da multiplicação da matriz de julgamentos W pelo vetor coluna de prioridades computado α , dividido novamente pelo vetor α :

$$\lambda_{\text{máx}} = \text{média do vetor } \frac{W\alpha}{\alpha} \quad (\text{III})$$

2.5.3 Método *Fuzzy-TOPSIS*

2.5.3.1 *Lógica Fuzzy-TOPSIS*

Em uma lógica clássica, o tomador de decisão geralmente separa conjuntos, ou seja, separa as opções que possui através de julgamentos e critérios que acabam não levando em consideração todos os fatores que deveriam. Sendo assim, a lógica clássica acaba não exprimindo a veracidade dos fatores ou critérios que o problema a ser modelado requer. Nesse sentido, a lógica *fuzzy* se mostra importante, pois se diferencia da lógica clássica, trazendo características e técnicas próprias para se tratar um determinado problema. (GOMIDE; GUDWIN; TANSCHUIT, 1995; SOUSA; BOENTE, 2016).

Desenvolvida pelo estudioso Lofti Zadeh na década de 60, a lógica *fuzzy* busca traduzir em uma linguagem comum o que as pessoas pensam sobre determinada situação, para que se consiga modelar o problema e expressar soluções e respostas precisas. Essa lógica tem sua definição como sendo um método matemático promitente para modelagens que combinam, incerteza, ambiguidade, imprecisão e, principalmente, subjetividade. De maneira geral, a lógica *fuzzy* consegue unir os cálculos e equações (conhecimento objetivo) com as informações verbais ou faladas (conhecimento subjetivo), alcançando a melhor solução pra determinado problema. (LANZILLOTTI; LANZILLOTTI, 1999).

Mesmo que a teoria *fuzzy* consiga apresentar melhores resultados para problemas com informações de caráter subjetivo, é importante ressaltar que essa teoria teve seu desenvolvimento a partir da teoria clássica dos conjuntos, onde a identificação de um componente como parte ou não de um conjunto é definida por uma determinada função característica. (FRANÇA, 2015). Porém, para conjuntos onde os cenários não se apresentam de uma forma exata, recomenda-se o uso da função pertinência, da qual a imagem deixa de ser o conjunto de $\mu_a(X): \rightarrow \{0,1\}$, da função característica, e toma forma de um intervalo $\mu_a(X): \rightarrow [0,1]$, condicionando a fim de que os elementos pertencentes ao intervalo consigam fazer parte de um determinado conjunto (SOUSA; BOENTE, 2016; ORTEGA, 2001).

Consoante a França (2015) quando se obteve a ampliação da “função característica” para a “função de pertinência” no intervalo $[0,1]$, teve-se um marco dos conjuntos *fuzzy*, pois a partir disso, ficou viabilizado o uso de variáveis linguísticas, reduzindo, conseqüentemente, o grau de incerteza no desenvolvimento de diversas soluções de problemas.

2.5.3.2 Fuzzy

Fuzzy ou variável linguística é aquela cujos valores quantitativos e absolutos não são representados, entretanto, os valores qualitativos e as relações da variável em relação às outras variáveis têm seus valores expressos em grau de pertinência. Em outras palavras, na linguagem *fuzzy* se trabalha com variáveis qualitativas, as quais após análises, são convertidas em variáveis quantitativas para que se consiga resultados numéricos possíveis de interpretação (FONSECA; JESUS; LIMA, 2016).

Utilizando a linguagem *fuzzy* é possível transformar valores qualitativos e imprecisos em valores quantitativos e precisos. Entretanto, para que essa transformação ocorra, os valores das variáveis devem estar previamente determinados, de modo que para cada dado qualitativo lançado seja atribuído automaticamente um intervalo quantitativo em uma escala linguística *fuzzy*. Os critérios para a realização dessa escala são determinados pelo tomador de decisão, abrangendo diversos fatores que são relevantes para se chegar a melhor solução do problema.

Após a definição dos critérios pelo tomador de decisão, é possível estabelecer uma tabela com os termos e os valores linguísticos, como mostra o exemplo abaixo:

Tabela 1 – Termos e valores linguísticos

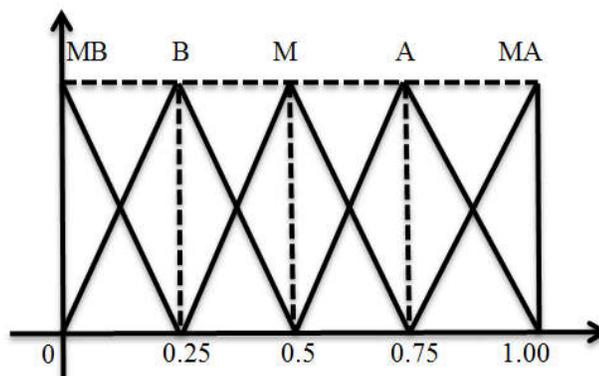
Termos linguísticos	Valores linguísticos
Discordo totalmente (DT)	(0.00, 0.00, 0.25)
Discordo (D)	(0.00, 0.25, 0.50)
Indiferente (I)	(0.25, 0.50, 0.75)
Concordo (C)	(0.50, 0.75, 1.00)
Concordo totalmente (CT)	(0.75, 1.00, 1.00)

Fonte: Uygun e Dede, 2016 (Adaptada).

É necessário que cada termo linguístico possua uma referência em valores linguísticos, tendo em vista que a linguagem *fuzzy* transforma dados qualitativos em dados quantitativos. Esses três valores que formam o valor linguístico de cada termo é o que se chama de grau de pertinência, pois uma vez que vai aumentando positivamente o dado qualitativo, o dado quantitativo também é aumentado (LIMA JUNIOR; CARPINETTI; CARVALHO, 2016).

Assim, segundo Zakeri e Keremati (2015), é possível representar os termos linguísticos por escalas gráficas, como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Escala *fuzzy* triangular de valores linguísticos



Fonte: Zakeri e Keremati (2015).

De todo modo, a importância de se usar variáveis linguísticas ao se modelar problemas de decisão se mostra primordial, uma vez que essas variáveis refletirão a maneira imprecisa que os julgamentos humanos acontecem (FONSECA; JESUS; LIMA, 2016).

2.5.3.3 Conjuntos difusos, conjuntos nebulosos ou conjuntos *fuzzy*

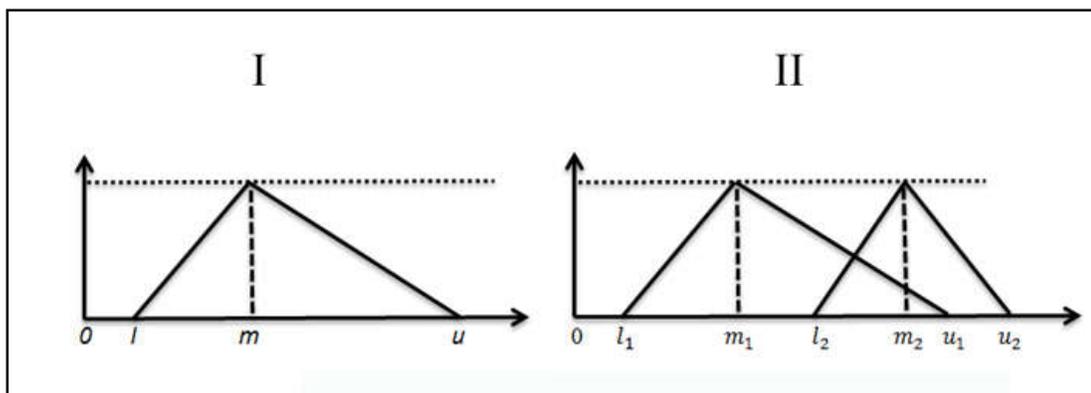
Em matemática clássica, a pertinência de elementos a um determinado conjunto é definida em termos binários, ou seja, o elemento simplesmente pertence ao conjunto ou não. Na teoria de conjuntos *fuzzy*, entretanto, permite-se que seja feita uma avaliação mais qualitativa e menos criteriosa, ou seja, os elementos pertencem com mais ou menos intensidade a um conjunto.

Os matemáticos Lofti Zadeh e Dieter Klaua, criadores da teoria dos conjuntos *fuzzy* em 1965, tinham por objetivo criar uma alternativa de decisão mais flexível, baseando-se em como os problemas acontecem de fato na realidade, pois o que se usava até então tinha como premissa somente o Verdadeiro/Falso ou o Sim/Não. Com isso, criou-se uma maneira de coletar informações em processos análogos ao do raciocínio humano, ou seja, começou a ser possível a atribuição de termos ou variáveis linguísticas qualitativas e subjetivas.

A teoria dos conjuntos *fuzzy* calcula, a partir das variáveis linguísticas, os julgamentos humanos sobre determinado problema. Com isso, um número *fuzzy* (NF) é gerado, levando em consideração pesos e classificações, de modo que se facilite a resolução do problema.

Os NF apresentam duas formas de classificação: triangulares ou trapezoidais. Ambas formas refletem a incerteza do julgamento humano, ou seja, reflete a intensidade que um elemento pertence a determinado conjunto. Partindo disso, um número *fuzzy* triangular ou um número *fuzzy* trapezoidal podem ser descritos como (l, m, u) e (l_i, m_i, u_i) respectivamente. Os limites inferiores e superiores do número *fuzzy* são definidos por l e u , enquanto m representa o mediano.

Figura 6 – Número *fuzzy* triangular (I) e números *fuzzy* triangulares (II)

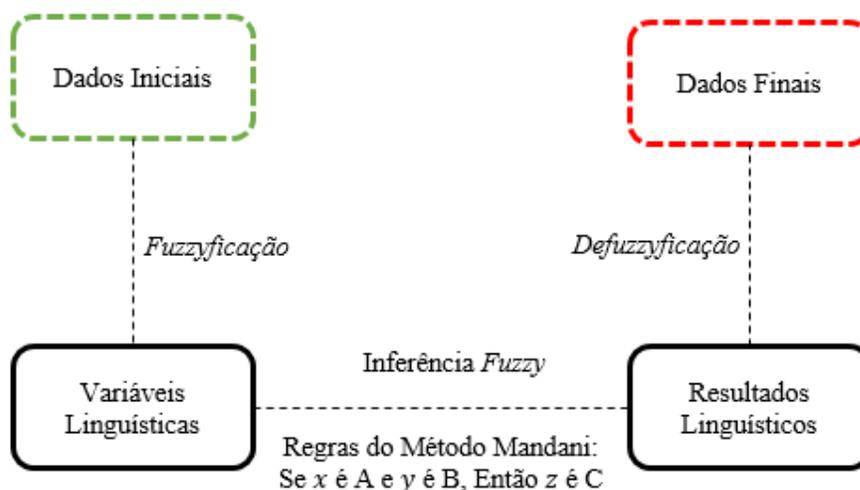


Fonte: Zakeri e Keremati (2015).

2.5.3.4 Sistema de inferência fuzzy

Inferir significa deduzir ou concluir a respeito de algo partindo de indícios, fatos ou raciocínios. Na lógica *fuzzy*, o conhecimento humano, em regra com julgamento imprecisos, é de grande importância, pois é do conhecimento humano que serão definidas as regras para a tomada de decisão de determinado problema. Desse modo, é necessário traduzir o conhecimento humano em regras que o método *fuzzy* consiga interpretar, de modo que seja possível a realização de todos os cálculos e raciocínios necessários (ZAKERI; KEREMATI (2015).

França (2015) afirma que existem dois métodos diretos de raciocínio *fuzzy*: o método direto de Mandani; e a modelagem *fuzzy* de Takagi-Sugeno. O primeiro é mais utilizado geralmente, sendo conhecido por possuir 4 etapas e 3 fases:

Figura 7 – Sistema baseado em regras *fuzzy*

Fonte: França (2015) – adaptado.

Na fase de *fuzzyficação* é onde acontece a definição dos elementos de entrada e de saída das funções de pertinência, ou seja, se define os limites de intensidade que um elemento pode pertencer a um determinado conjunto. Nesta fase, a opinião do especialista é de grande importância, pois é onde serão definidas as variáveis linguísticas. A inferência *fuzzy* é um processo de avaliação das entradas para, por meio das regras que foram definidas, se conseguir conclusões mediante o uso da teoria dos conjuntos *fuzzy*.

A fase de a *defuzzyficação* é o processo inverso da etapa de *fuzzyficação*. Nesta fase, o objetivo é transformar os dados que estão em *fuzzy* para valores reais. Os métodos de *defuzzyficação* mais comuns são centro de gravidade, centro dos máximos e média dos máximos, sendo o primeiro o mais difundido (FRANÇA, 2015).

Além da participação próxima, a clareza por parte dos especialistas sobre o que se espera de resultados se mostra de muita relevância ao se usar a teoria *fuzzy*. A participação dos especialistas auxilia nas definições e resoluções de dúvidas simples, bem como definem os critérios e os limites que são usados dentro do processo de tomada de decisão *fuzzy*.

2.5.3.5 Os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS

Mesmo que o método TOPSIS e o *Fuzzy-TOPSIS* busquem a identificação da solução ideal negativa e positiva, os dois métodos possuem diferenças em relação à maneira em que seus cálculos são embasados. O método TOPSIS objetiva identificar um conjunto finito de alternativas, onde a solução ótima está mais próxima da solução ideal positiva e, por

consequência, mais afastada da solução ideal negativa. Além disso, o TOPSIS apenas trabalha com valores numéricos absolutos em formato *crisp*, ou seja, trabalha apenas com números que podem pertencer a conjuntos da lógica clássica ou binária.

O método *Fuzzy-TOPSIS*, por outro lado, acrescenta a lógica *fuzzy* para realizar operações onde os valores numéricos intervalares possam fazer parte do conjunto. Muito embora existam semelhanças entre os dois métodos, ambos apresentam diferenças significativas em alguns pontos.

Lima Junior e Carpinetti (2016) desenvolveram um comparativo entre o Método TOPSIS e o Método *Fuzzy-TOPSIS*, conforme o Quadro 10.

Quadro 10 – Comparação entre os métodos TOPSIS e *Fuzzy-TOPSIS*

Pontos avaliados Métodos	Quantidade de julgamentos necessários	Scores dos fornecedores e pesos	Desempenho global dos fornecedores	Solução ideal positiva	Solução ideal negativa	Cálculo das distâncias	Consistência dos resultados
TOPSIS	$nm + m$	Indicada por valores numéricos <i>crisp</i>	Feita em formato <i>crisp</i> entre [0,1]	Seleciona-se o melhor resultado das alternativas	Seleciona-se o pior resultado das alternativas	Método da distância euclidiana normalizada	Adicionar novas alternativas pode causar inversões no <i>ranking</i>
<i>Fuzzy-TOPSIS</i>	$nm + n$ (mais valores para termos linguísticos)	Valores linguísticos <i>fuzzy</i>	Formato <i>crisp</i> entre [0,1]	Definida como (1.0,1.0,1.0) para todos critérios	Definida como (0.0,0.0,0.0)	Método <i>vertex</i>	É permitida a adição de novas alternativas pois não alterem o <i>ranking</i>

Fonte: Lima Junior e Carpinetti (2016) – adaptado.

O Quadro 10 mostra que o método *Fuzzy-TOPSIS* se enquadra melhor em cenários de incerteza, onde não há informações precisas a respeito dos fornecedores. Considerando ainda que o método *Fuzzy-TOPSIS* consegue mais facilmente converter dados qualitativos para quantitativos, ele se torna o mais adequado em situações onde há julgamentos humanos para serem levados em consideração numa tomada de decisão (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2016).

3 METODOLOGIA

A ideia dos procedimentos metodológicos deste estudo está relacionada ao objetivo principal proposto, ou seja, a metodologia empregada busca facilitar que o desenvolvimento de um modelo de auxílio na escolha do melhor fornecedor de um determinado reagente químico em um setor de uma instituição pública da região central do estado do Rio Grande do Sul aconteça, utilizando o método AHP e o método *Fuzzy*-TOPSIS

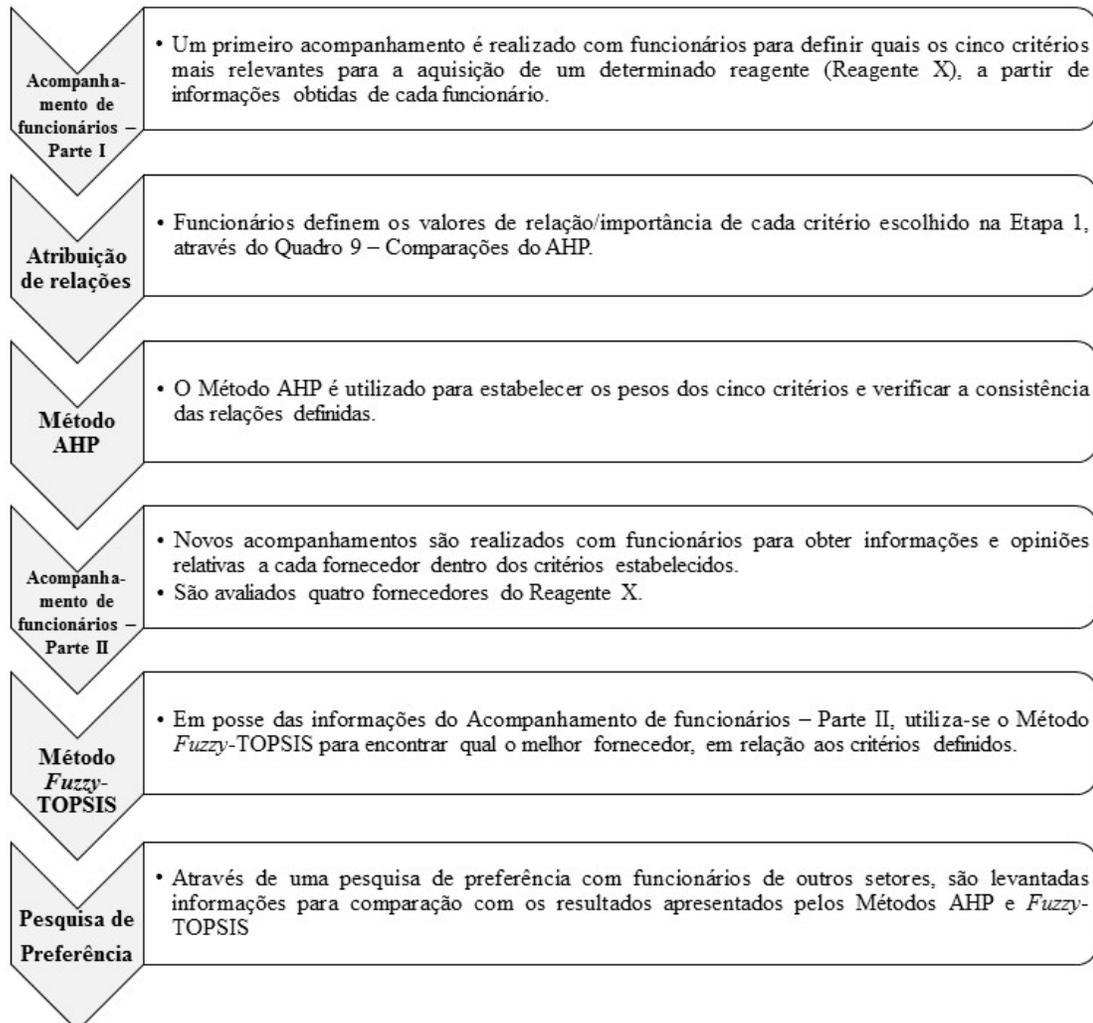
Do mesmo modo, esse método foi desenvolvido para que o gestor consiga tomar decisões consistentes, embasadas nas informações produzidas pelos métodos aplicados. A correta aplicação do método proposto gera redução do tempo de tomada de decisão pelo gestor, uma menor utilização de mão de obra durante o processo e, sobretudo, ganhos financeiros para instituição, uma vez que as decisões são fundamentadas quanti e qualitativamente.

A validação dos procedimentos deste trabalho ocorreu com sua aplicação dentro de um setor de uma instituição pública da região central do estado do Rio Grande do Sul, tendo em vista que os dados e o contato com especialistas do setor estão disponíveis para acesso.

Esta pesquisa iniciou-se com a utilização do Método AHP. Ao se empregar esse método foram definidos os critérios utilizados dentro do Método *Fuzzy*-TOPSIS, ou seja, o Método AHP definiu o grau de importância de cada critério para serem utilizados no Método *Fuzzy*-TOPSIS, de modo que este método consiga trazer um modelo que auxilie na definição dos melhores fornecedores de um setor de uma instituição pública. Por fim, será aplicada uma pesquisa de preferência com outros funcionários, de modo a ser possível comparar os resultados obtidos.

A Figura 8 mostra um fluxograma ilustrando como os métodos e os acompanhamentos foram realizados e como as etapas aconteceram.

Figura 8 – Fluxograma das etapas



Fonte: O autor (2018).

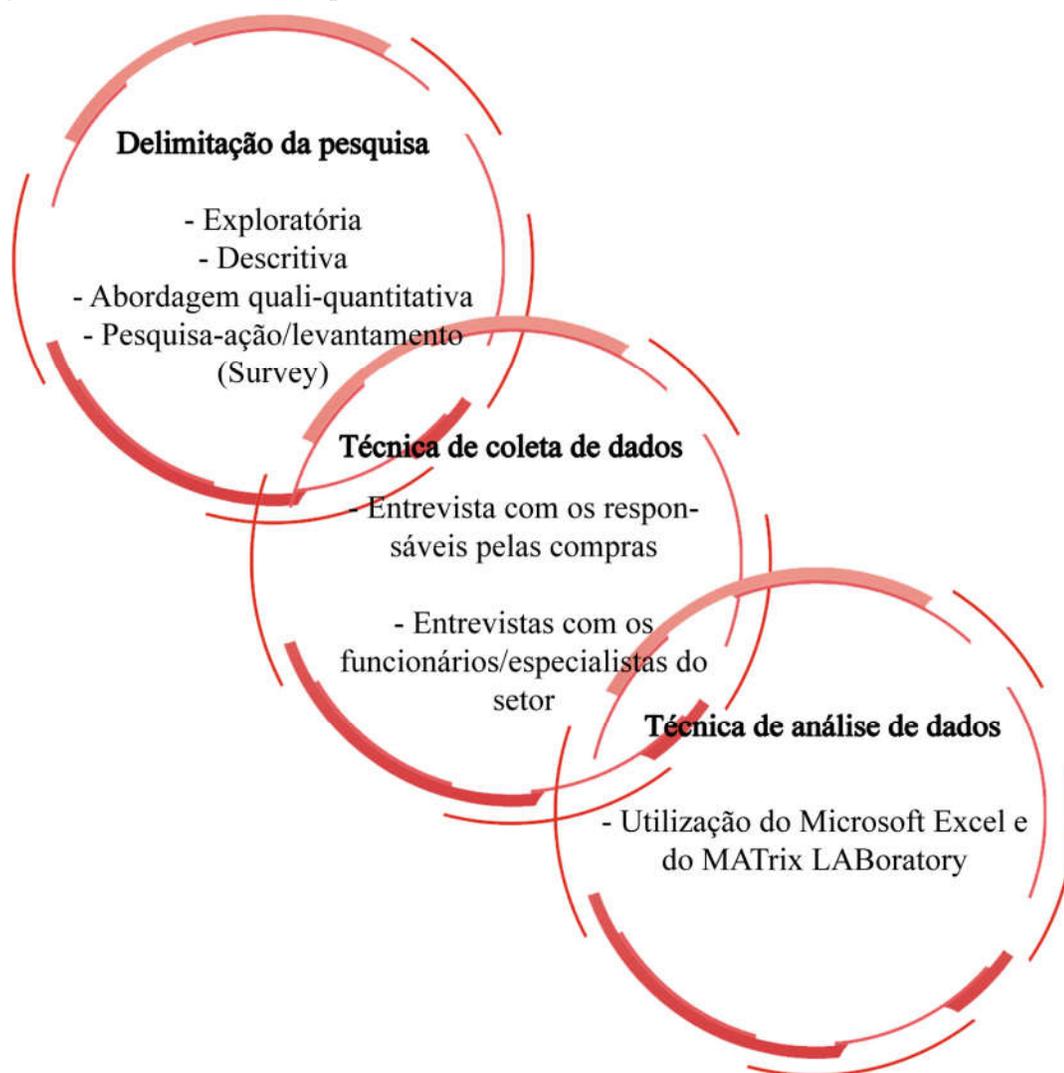
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Este trabalho foi realizado em um setor de uma instituição pública onde há cerca de 40 funcionários. O setor estudado trabalha com análises laboratoriais, demandando de vários reagentes químicos e materiais de uso geral em laboratórios. Devido à burocracia do setor público, vários funcionários possuem contato com os materiais comprados para os laboratórios. Alguns funcionários fazem a compra de materiais, outros são responsáveis técnicos e alguns realizam o manuseio dos produtos laboratoriais. Desse modo, há várias pessoas, com diferentes pontos de vista, que puderam ser acompanhadas para que os resultados apresentassem a melhor realidade da situação estudada.

3.2 CARACTERÍSTICAS DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A Figura 9 apresenta as características dos procedimentos metodológicos aplicados neste estudo.

Figura 9 – Características do procedimento



Fonte: O autor (2018).

Este trabalho desenvolveu uma visão geral acerca da situação estudada, investigando e analisando as informações mais importantes, ou seja, buscou-se realizar uma pesquisa exploratória. Também foram descritas as características dos problemas da situação estudada, estabelecendo relações entre várias variáveis e coletando dados, ou seja, foi realizada uma pesquisa descritiva (RAUPP; BEUREN, 2006).

Neste trabalho foram realizados o levantamento e a análise de informações, bem como acompanhamentos com especialistas e técnicos (Apêndice 1, 2, 3 e 4). Combinar técnicas quantitativas e qualitativas torna o estudo mais confiável e diminui os problemas exclusivos de cada técnica. Por outro lado, a omissão na utilização de métodos qualitativos, numa pesquisa onde é possível adotá-los, empobrece a visão do pesquisador quanto ao contexto em que o fenômeno ocorre. Desse modo, este trabalho, ao analisar variáveis qualitativas e quantitativas, é classificado como sendo de abordagem quali-quantitativa

Este estudo pode ser entendido como um estudo de pesquisa-ação/levantamento (Survey). A pesquisa-ação neste trabalho está relacionada à apresentação de uma sequência lógica e sistemática de passos intencionados, ou seja, passos com objetivos que se operacionalizam através de instrumentos e técnicas (PINTO, 1989). Por outro lado, o levantamento (Survey) está relacionado a obtenção de dados ou informações de um determinado grupo – população-alvo -, por meio de um instrumento de pesquisa, normalmente um acompanhamento ou um questionário (PINSONNEAULT; KRAEMER, 1993)

Levando em consideração que este estudo se propõe a acompanhar especialistas e técnicos que possuem experiência no assunto, o método utilizado baseia-se no julgamento linguístico dos gestores, de modo que qualquer informação relevante seja utilizada e gere influências nos resultados finais.

A análise das informações foi realizada computacionalmente, uma vez que foram realizados acompanhamentos de todos técnicos/especialistas. Portanto, os cálculos que foram utilizados pelos Métodos *Fuzzy-TOPSIS* foram realizados empregando os softwares *Microsoft Excel* e *MATrix LABORatory (MATLAB)*. No momento da realização dos cálculos para o Método AHP, utilizou-se somente o *Microsoft Excel*.

Neste trabalho, foram respeitados os três passos de raciocínio definidos por Costa (2002) quando o método AHP foi utilizado:

- (i) Construção de hierarquias: estrutura-se o problema em níveis hierárquicos, facilitando o entendimento e a análise da situação. É primordial que tanto os critérios quanto as alternativas sejam colocadas de forma hierárquica, sendo que o primeiro nível da hierarquia corresponde ao propósito geral do problema, o segundo aos critérios e o terceiro às alternativas. A Figura 1 demonstra essa estrutura hierárquica básica do método AHP.
- (ii) Definição de prioridades: este passo está fundamentado na habilidade do ser humano em perceber relações, em comparar pares, buscando determinado resultado, ainda que haja restrições de critérios ou julgamentos paritários. Dessa forma, deve-se fazer

juízos paritários, julgar par a par os elementos de um nível da hierarquia relacionado com cada elemento de um nível superior, compondo as matrizes de julgamento A. A escala para isso está representada no Quadro 8;

O número de juízos para a construção de uma matriz de juízos genérica A é expressa por $n(n-1)/2$. Na expressão, n representa o número de elementos da matriz.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & a_{2n} \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & 1 \end{pmatrix} \quad (IV)$$

onde:

$a_{ij} > 0 \rightarrow$ positiva

$a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1$

$a_{ij} = 1/a_{ji} \rightarrow$ recíproca

$a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk} \rightarrow$ consistência

Os elementos de A são definidos pelas seguintes condições:

- normalização das matrizes de julgamento:
 - cálculo das prioridades médias locais (PML's)
 - cálculo das prioridades globais, ou seja, identificar um vetor de prioridades global (PG)
- (iii) Consistência lógica: a habilidade de estabelecer relações entre objetos ou ideias de forma que elas sejam coerentes está entre as capacidades do ser humano. Porém, para que as relações sejam consistentes, é necessário utilizar-se de alguns cálculos: (SAATY, 2000).

$$\text{Razão de Consistência dos juízos (RC)} = \frac{IC}{IR} \quad (V)$$

onde:

O Índice de Consistência Randômico (IR) é obtido para uma matriz recíproca de ordem n, com elementos não-negativos e gerada randomicamente.

O Índice de Consistência (IC) é dado:

$$IC = (\lambda_{\text{máx}} - n) / (n - 1) \quad (VI)$$

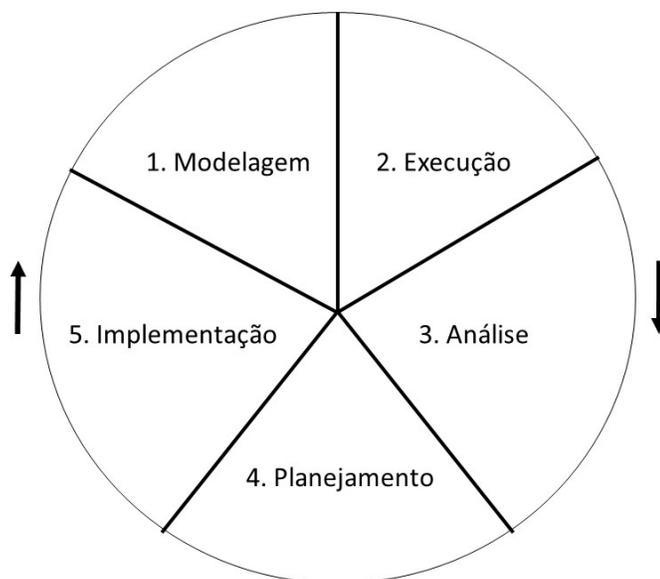
onde:

$\lambda_{\text{máx}}$ é o maior autovalor da matriz de julgamentos.

Saaty (2000) mostrou que a condição de consistência dos julgamentos deve ser $RC \leq 0,10$.

Na aplicação do AHP para a definição dos melhores critérios a serem usados no Método *Fuzzy-TOPSIS*, foi utilizada a proposta por Marins (2009). Sendo assim, a Figura 10 mostra as etapas que este estudo pretende seguir:

Figura 10 – Etapas do processo de avaliação para tomada de decisão



Fonte: Marins (2009).

1. Modelagem do problema: Definição dos elementos e procedimentos que irão compor o modelo de hierarquização das alternativas.
2. Execução: Desenvolvimento das matrizes que comparam as alternativas e os critérios. Nesta etapa, ocorre o cálculo da razão de consistência das matrizes, bem como a definição dos vetores de prioridade global. Nesse momento, acontece a avaliação das alternativas por meio de combinações binárias (de pares) para cada um dos critérios estabelecidos, construindo assim uma matriz de comparação por pares para cada critério ou subcritério estabelecido.
3. Análise: Analisam-se os dados coletados e os resultados dos procedimentos de agregação e de classificação. Por meio do desempenho das alternativas e do vetor de prioridade global,

levando em consideração os critérios de avaliação, será definida a hierarquia das alternativas. Nesta etapa, também é analisada a consistência do método.

4. Planejamento: Partindo do resultado obtido na etapa 3, serão definidos os critérios a serem utilizados no método *Fuzzy-TOPSIS* na ordem de importância.
5. Implementação: Implementa-se ações para corrigir alguma incongruência. Assim, se define definitivamente os critérios que serão utilizados dentro do *Fuzzy-TOPSIS*.

Os passos do Método *Fuzzy-TOPSIS* e as principais equações utilizadas são as seguintes:

O passo inicial relaciona-se com a teoria dos conjuntos *fuzzy*, a qual permite, pela sua função de pertinência associada $\mu_a(X)$, mensuração de imprecisões na coleta dos dados. Sendo essa função em X , temos que $\mu_a(X): \rightarrow [0,1]$, a qual pode representada na forma do seguinte sistema de equações:

$$\text{Sendo } \mu_a(X) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \leq l \\ \frac{x-l}{m-l}, & \text{se } x \in [l, m] \\ \frac{u-x}{u-m}, & \text{se } x \in [m, u] \\ 0, & \text{se } x \geq u \end{cases} \quad (\text{VII})$$

Uma vez que o número *fuzzy* triangular $\tilde{A} = (l, m, u)$ aceita ser dividido em $\tilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ e $\tilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$, os NFT podem ser expressos como segue:

Adição de dois NFT:

$$\tilde{A}_1 + \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) + (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (\text{VIII})$$

Subtração de dois NFT:

$$\tilde{A}_1 - \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) - (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2) \quad (\text{IX})$$

Multiplicação de dois NFT:

$$\tilde{A}_1 \times \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \times (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \quad (\text{X})$$

Divisão de dois NFT:

$$\tilde{A}_1 / \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) / (l_2, m_2, u_2) = \left(\frac{l_1}{l_2}, \frac{m_1}{m_2}, \frac{u_1}{u_2} \right) \quad (\text{XI})$$

para $l_i > 0, m_i > 0, u_i > 0$.

O método *Fuzzy-TOPSIS* portanto foi iniciado. Esse método trabalha na lacuna entre as pontuações dos critérios e alternativas e as soluções ideais positivas e negativas. Segundo Amaro e Lima Junior (2015), o método pode ser dividido nos seguintes passos:

- a) Passo 1: Agrega as ponderações obtidas através dos acompanhamentos com os técnicos/especialistas (tomadores de decisão – DM_r) quanto ao escore das alternativas e o peso dos critérios. Para agrupar os escores das alternativas, utiliza-se a Equação 6. As pontuações da alternativa $A_i (i = 1, \dots, n)$, em referência ao critério $C_j (j = 1, \dots, m)$ são representadas por \tilde{X}_{ij} , fornecido pelo tomador de decisão $DM_r (r = 1, \dots, k)$. Em relação aos pesos dos critérios, as observações são incluídas como mostra a Equação 13, onde \tilde{W}_j explica o peso do critério.

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{X}_{ij}^1 + \tilde{X}_{ij}^r + \dots + \tilde{X}_{ij}^k] \quad (\text{XII})$$

$$\tilde{W}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \dots + \tilde{w}_j^k] \quad (\text{XIII})$$

- b) Passo 2: Desenvolver a matriz *fuzzy* ou matriz de decisão *fuzzy* (\tilde{D}), combinando assim os escores das alternativas e os pesos dos critérios \tilde{W} . A Equações 14 e 15 demonstram genericamente.

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_m \\ A_1 & \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_i & \tilde{x}_{i1} & \tilde{x}_{i2} & \dots & \tilde{x}_{im} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_n & \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{x}_{nm} \end{matrix} \quad (\text{XIV})$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_m] \quad (\text{XV})$$

- c) Passo 3: A matriz de decisão *fuzzy* das alternativas (\tilde{D}) deve ser normalizada. A matriz normalizada \tilde{R} é encontrada como mostra genericamente as Equações 16, 17 e 18.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (\text{XVI})$$

$$\begin{aligned} \tilde{r}_{ij} &= \left(\frac{l_{ij}}{u_j}, \frac{m_{ij}}{u_j}, \frac{u_{ij}}{u_j} \right), \text{ sendo } u_j^+ \\ &= \max_i u_{ij} \text{ (critérios de benefício)} \end{aligned} \quad (\text{XVII})$$

$$\begin{aligned} \tilde{r}_{ij} &= \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}} \right), \text{ sendo } l_j^- \\ &= \min_i l_{ij} \text{ (critérios de custo)} \end{aligned} \quad (\text{XVIII})$$

- d) Passo 4: A obtenção da matriz normalizada e ponderada, \tilde{V} , acontece através da multiplicação da variável \tilde{W}_j (pesos) pela variável \tilde{r}_{ij} (matriz normalizada).

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad (\text{XIX})$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \tilde{w}_j \quad (\text{XX})$$

- e) Passo 5: Assim, determina-se a solução ideal positiva (*Fuzzy Positive Ideal Solution*, $FNIS^+$), denotado por A^+ , e a solução ideal negativa (*Fuzzy Negative Ideal Solution*, $FNIS^-$), denotado por A^- . A Equação 21 mostra genericamente.

$$\begin{aligned} A^+ &= (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+), \\ A^- &= (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-), \end{aligned} \quad (\text{XXI})$$

O cálculo da distância de cada alternativa de *Fuzzy Positive Ideal Solution* e *Fuzzy Negative Ideal Solution* é expresso nas Equações 22 e 23.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (\text{XXII})$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (\text{XXIII})$$

Assim, $d(\tilde{a}_1; \tilde{a}_2)$ mostra a distância entre dois números *fuzzy* triangulares. O cálculo acontece através da Equação 24.

$$d(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2) = \sqrt{\frac{1}{3}[(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2) + (u_1 - u_2)]} \quad (\text{XXIV})$$

- f) Passo 6: Calcular o coeficiente de aproximação (CC_i) e classificar as alternativas:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (\text{XXV})$$

- g) Passo 7: A partir dos valores CC_i , a alternativa que se aproxima mais de 1,00 é a que mais se aproxima da solução ótima. Por outro lado, quanto mais longe de 1,00, a alternativa está mais perto da solução ideal negativa.
- h) Passo 8: Elaborar um ranking demonstrativo elencando os valores de todas as alternativas. A melhor alternativa, portanto, vai ser a selecionada.

Toda e qualquer definição quanto ao número de gestores/funcionários que foram acompanhados, de critérios, e de fornecedores que estão neste estudo foi realizada conjuntamente com os técnicos/especialistas, uma vez que para se conseguir desenvolver um modelo de auxílio na tomada de decisão de um setor, considerar as opiniões das pessoas que convivem com a situação favorece a obtenção de informações fidedignas.

Sendo assim, todas as informações obtidas foram armazenadas em planilhas do software de edição de planilhas. A modelagem dos algoritmos para os cálculos utilizando o método *Fuzzy-TOPSIS* será feita também por meio do software de edição de planilhas, com o auxílio do software *MATLAB*. Após a aplicação do método foram feitas interpretações dos resultados, de modo a apresentar e melhor discutir os resultados. Os critérios tiveram definidos sua expressão com no máximo duas casas decimais após a vírgula. Por outro lado, Índice de consistência (IC) e a Razão de consistência dos julgamentos (RC) foram expressas com quatro casas decimais. Essas definições de casas decimais aconteceram para que as informações pudessem ser avaliadas de uma forma criteriosa e imparcial.

4 RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados da aplicação dos Métodos AHP e *Fuzzy-TOPSIS*, a partir da obtenção de dados conseguidos através dos acompanhamentos com os técnicos/especialistas. Os resultados foram divididos em subtópicos conforme mostrado na Figura 8. A primeira parte apresenta os acompanhamentos realizados com os

técnicos/especialistas de modo a definir, de uma maneira imparcial e representativa, os critérios de avaliação de fornecedores mais importantes. Em seguida, a atribuição dos pesos para cada critério, os quais são utilizados no Método AHP na terceira etapa. Por fim, de posse da definição dos critérios mais importantes, aplica-se o Método *Fuzzy-TOPSIS* para se encontrar o melhor fornecedor de um determinado reagente.

Ao todo estavam disponíveis para serem acompanhados 20 funcionários, sendo 12 técnicos e 8 especialistas em compras do setor. Os técnicos são os funcionários que manuseiam diretamente os reagentes. Os especialistas em compras, por outro lado, são os funcionários administrativos, os quais possuem a competência de realizar as compras e analisar as estatísticas sobre todo o processo de compra. Como foi possível o contato com todos funcionários, este trabalho teve seus cálculos realizados utilizando-se da população inteira, descartando, portanto, o uso de trabalhos por amostragem.

4.1 ACOMPANHAMENTOS DE FUNCIONÁRIOS – PARTE I

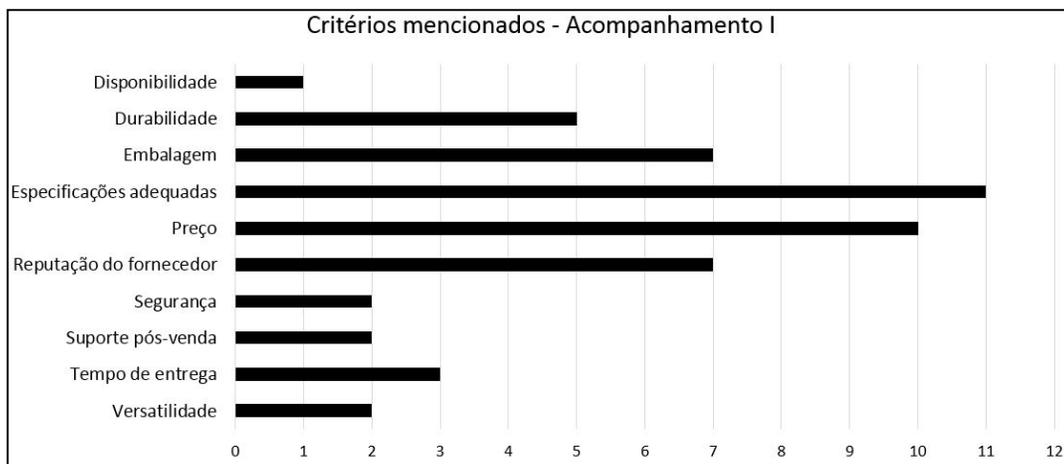
Para os critérios serem inter-relacionados, foi necessário um acompanhamento dos técnicos/especialistas do setor. Nesta primeira parte, foi definido que os acompanhamentos seriam realizados com a metade dos funcionários, respeitando a proporcionalidade: 4 especialistas em compras e 6 técnicos. A escolha aconteceu ao randomicamente, sendo acompanhados os funcionários que estavam disponíveis durante o momento.

Com o auxílio do guia de acompanhamento (vide Apêndice 1), de cada funcionário foram depreendidos os principais critérios que deveriam ser levados em conta quando da aquisição de reagentes, não levando em consideração qualquer ordem de prioridade ou relevância dos critérios informados. Como auxílio aos funcionários, foram citados exemplos genéricos de critérios que poderiam ser mencionados.

Considerando que diferentes estudos da literatura ao fazerem a análise de critérios para a escolha de fornecedores não mencionam mais que 10 critérios diferentes, nos acompanhamentos, foi solicitado que os funcionários mencionassem exatamente 5 critérios que na opinião deles fossem relevantes para uma escolha de fornecedores de reagentes químicos. Os critérios citados evidentemente semelhantes foram agrupados em um único critério.

Após os acompanhamentos, os critérios mencionados foram os seguintes: Disponibilidade, Durabilidade, Embalagem, Especificações adequadas, Preço, Reputação do vendedor, Segurança, Suporte pós-venda, Tempo de entrega e Versatilidade. O gráfico na Figura 11 ilustra os critérios mencionados.

Figura 11 – Critérios mencionados – Acompanhamento I



Fonte: O autor (2018).

Os cinco critérios que apresentaram maior frequência de menções pelos funcionários foram Especificações adequadas, Preço, Reputação do fornecedor, Embalagem e Durabilidade. Especificações adequadas foi mencionada 11 vezes, sendo o critério mais mencionado, ao passo que Disponibilidade recebeu apenas uma citação, sendo o critério menos lembrado nos acompanhamentos. O Quadro 11 define os conceitos dos cinco critérios mais lembrados.

Quadro 11 – Critério x Definição

Critério	Definição
Especificações adequadas	Produto é recebido com as características que se esperava.
Preço	Produto possui uma razoável relação custo-benefício
Reputação do fornecedor	Fornecedor possui bom histórico de vendas e boa avaliação dos consumidores
Embalagem	Embalagem proporciona segurança e facilidade de manuseio
Durabilidade	Produto possui uma vida útil razoável

Fonte: O autor (2018).

Como definido anteriormente, aos cinco critérios do Quadro 11 serão atribuídos os pesos entre suas relações, de modo que o método AHP identifique o grau de hierarquia e importância entre eles.

4.2 ATRIBUIÇÃO DE RELAÇÕES

Um novo acompanhamento foi realizado com os mesmos funcionários, porém nessa etapa cada funcionário foi convidado a atribuir pesos aos cinco critérios mais mencionados. Para tanto, cada um citou informações para o preenchimento da atribuição de pesos, Apêndice 2, o qual leva em consideração Quadro 9 – Comparações do AHP.

A partir da matriz de julgamentos genérica exposta na Equação IV, e considerando uma média simples entre os julgamentos de cada funcionário em relação a cada par de critérios, encontrou-se a Matriz de Julgamentos do Quadro 12.

Quadro 12 – Matriz de Julgamentos

	Especificações Adequadas	Preço	Reputação do fornecedor	Embalagem	Durabilidade
Especificações Adequadas	1,00	3,00	1,00	4,00	6,00
Preço	1/3	1,00	1/2	5,00	3,00
Reputação do fornecedor	1,00	2,00	1,00	7,00	3,00
Embalagem	1/4	1/5	1/7	1,00	1/2
Durabilidade	1/6	1/3	1/3	2,00	1,00
SOMA	2,75	6,53	2,98	19,00	13,50

Fonte: O autor (2018).

A matriz de julgamento do Quadro 12 mostra a relação critério a critério. Colunas e linhas relacionadas que apresentam o mesmo critério possuem valor 1. Por outro lado, colunas e linhas que possuem critérios diferentes apresentam valores invertidos. Por exemplo, a relação Preço (linha 2) x Embalagem (coluna 4) recebeu o valor 5, ao passo que a relação Embalagem (linha 4) x Preço (coluna 2) recebeu o valor 1/5.

4.3 MÉTODO AHP

No Quadro 13, a matriz é adequada em números decimais e normalizada. A partir da divisão da soma da respectiva linha pelo número de critérios ($n=5$), foram encontrados os Pesos dos Critérios.

Quadro 13 – Matriz de Julgamentos – Peso dos Critérios

	Especificações Adequadas	Preço	Reputação do fornecedor	Embalagem	Durabilidade	Pesos dos Critérios
Especificações Adequadas	0,36	0,46	0,34	0,21	0,44	0,36
Preço	0,12	0,15	0,17	0,26	0,22	0,19
Reputação do fornecedor	0,36	0,31	0,34	0,37	0,22	0,32
Embalagem	0,09	0,03	0,05	0,05	0,04	0,05
Durabilidade	0,06	0,05	0,11	0,11	0,07	0,08

Fonte: O autor (2018).

Com isso, multiplicou-se cada Coluna m da Matriz pelo Peso do Critério da Linha m para se encontrar os Valores da Soma Ponderada:

Quadro 14– Matriz de Julgamentos – Valores da Soma Ponderada

	Especificações Adequadas	Preço	Reputação do fornecedor	Embalagem	Durabilidade	Valores da Soma Ponderada
Especificações Adequadas	0,36	0,56	0,32	0,21	0,48	1,93
Preço	0,12	0,19	0,16	0,26	0,24	0,97
Reputação do fornecedor	0,36	0,37	0,32	0,36	0,24	1,66
Embalagem	0,09	0,04	0,05	0,05	0,04	0,27
Durabilidade	0,06	0,06	0,11	0,10	0,08	0,41

Fonte: O autor (2018).

De posse dos valores da soma ponderada, verificou-se a consistência da matriz, ou seja, analisou-se se os dados e suas relações estavam coerentes. Dividindo os valores da soma ponderada pelo respectivo peso do critério, obteve-se:

Quadro 15 – Matriz de Julgamentos – Relação

Valor da Soma Ponderada	Peso dos Critérios	Relação
1,93	0,36	5,32
0,97	0,19	5,21
1,66	0,32	5,19
0,27	0,05	5,12
0,41	0,08	5,12

Fonte: O autor (2018).

Aplicando a média simples aos valores da Coluna Relação, encontrou-se $\lambda_{máx}$, ou seja, o maior autovalor da matriz de julgamentos. Com o valor de $\lambda_{máx}$, também calculou-se o Índice de Consistência.

$$\lambda_{máx} = \frac{5,32 + 5,21 + 5,19 + 5,12 + 5,12}{5} = 5,19$$

$$I. C. = \text{Índice de Consistência} = \frac{\lambda_{máx}}{n} \frac{n}{1} = \frac{5,19}{4} \frac{5}{4} = 0,0475$$

Sabendo que para 5 critérios o Índice Randômico (IR) é 1,12, finalmente encontramos a Razão de consistência dos julgamentos (RC).

$$\text{Razão de consistência dos julgamentos (RC)} = \frac{IC}{IR} = \frac{0,0475}{1,12} = 0,0424$$

Lembrando que Saaty (2000) entende que a condição de consistência dos julgamentos deve ser $RC \leq 0,10$, pôde-se concluir que os dados coletados e os cálculos realizados possuem consistência, uma vez que $0,0424 < 0,10$. Sendo assim, levando em consideração os Pesos dos Critérios encontrados, definiu-se os pesos de cada critérios para a escolha do melhor fornecedor de um determinado reagente. A ordem de importância ficou definida da seguinte forma: Especificações adequadas (0,36), Reputação do fornecedor (0,32), Preço (0,19), Durabilidade (0,08) e Embalagem (0,05).

4.4 ACOMPANHAMENTOS DE FUNCIONÁRIOS – PARTE II

Os acompanhamentos de funcionários – parte II foram realizados com os outros 10 funcionários, seguindo o guia de acompanhamento do Apêndice 3. Dos funcionários foram obtidos pontos de vistas sobre os quatro fornecedores com maior número de vendas do reagente químico X. O desempenho de cada fornecedor foi analisado a partir dos critérios definidos pelo Método AHP: Especificações adequadas, Reputação do fornecedor, Preço, Durabilidade e Embalagem.

A partir de cada opinião de cada funcionário foi atribuída uma avaliação de desempenho a cada critério de cada fornecedor. Com isso, conseguiu-se obter os dados para serem utilizados no Método *Fuzzy*-TOPSIS. A definição da avaliação de cada funcionário seguiu restritamente as opções propostas na Tabela 4 da Seção 4.5, sendo que essas avaliações estão exemplificadas nas Tabelas 5 e 6 da mesma seção.

4.5 MÉTODO *FUZZY*-TOPSIS

O método *Fuzzy*-TOPSIS foi empregado para finalmente propor, de maneira simulada, qual o melhor fornecedor para determinado reagente químico. Para isso, foram utilizados os critérios obtidos a partir do Método AHP. O Método AHP definiu os graus de importância, os quais foram utilizados para a aplicação do Método *Fuzzy*-TOPSIS. Como no Método AHP foi definida a aplicação de cinco critérios, pode-se esquematizar a relação variável linguística e números *Fuzzy* conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Variável linguística x Números *Fuzzy*

Variável linguística (grau de importância na decisão)	Números <i>Fuzzy</i>
Muito Baixa (MB)	(1,1,3)
Baixa (B)	(1,3,5)
Média (M)	(3,5,7)
Alta (A)	(5,7,9)
Muito Alta (MA)	(7,9,9)

Fonte: O autor (2018).

De modo a manter a integridade das informações, definiu-se em reunião com os funcionários que os critérios com peso maior que 30% seriam de Importância Muito Alta (MA), os critérios com peso entre 15% e 30% seriam de Importância Alta (A) e os critérios com pesos menores de 15% seriam de Importância Média (M).

A Tabela 3 apresenta esse raciocínio de forma esquematizada.

Tabela 3 – Critérios x Variável linguística x Números *Fuzzy*

Critérios AHP	Peso	Variável linguística	Números <i>Fuzzy</i>
Embalagem (C ₅)	0,05	Média (M)	(3,5,7)
Durabilidade (C ₄)	0,08	Média (M)	(3,5,7)
Preço (C ₃)	0,19	Alta (A)	(5,7,9)
Reputação do fornecedor (C ₂)	0,32	Muito Alta (MA)	(7,9,9)
Especificações adequadas (C ₁)	0,36	Muito Alta (MA)	(7,9,9)

Fonte: O autor (2018).

Definidos os números *Fuzzy* dos critérios, utilizou-se as informações obtidas nos Acompanhamentos de funcionários – Parte II. Seguindo a mesma lógica da Tabela 3, as opiniões de cada funcionário sobre cada fornecedor foram traduzidas para números *Fuzzy*, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Variável linguística x Números *Fuzzy*

Variável linguística (avaliação do desempenho do fornecedor)	Números <i>Fuzzy</i>
Muito Ruim (MR)	(1,1,3)
Ruim (R)	(1,3,5)
Bom (B)	(3,5,7)
Muito Bom (MB)	(5,7,9)
Excelente (E)	(7,9,9)

Fonte: O autor (2018).

Os acompanhamentos de funcionários – Parte II foram realizados com 10 funcionários, sendo 4 especialistas em compras e 6 técnicos. Sendo assim, nas Tabelas 5 e 6 foram representadas as avaliações obtidas de apenas um funcionário, de modo a evitar repetições de quadros similares. A Tabela 5 mostra as avaliações em variável linguística, ao passo que a Tabela 6 traduz as informações da Tabela 5 para números *Fuzzy*.

Tabela 5 – Opinião de um funcionário – Variável linguística

Fornecedores (F_n)	C₁	C₂	C₃	C₄	C₅
F ₁	MB	E	B	MB	MB
F ₂	B	B	MB	R	B
F ₃	MB	MB	B	MB	MB
F ₄	B	B	MB	MB	MB

Fonte: O autor (2018).

A Tabela 6 mostra a tradução da variável linguística para números *Fuzzy*, conforme convenção exposta na Tabela 4.

Tabela 6 – Opinião de um funcionário – Números *Fuzzy*

Fornecedores (F_n)	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
F ₁	(5,7,9)	(7,9,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
F ₂	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(1,3,5)	(3,5,7)
F ₃	(5,7,9)	(5,7,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
F ₄	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)

Fonte: O autor (2018).

Com isso, inicia-se o cálculo da matriz de decisão (\tilde{D}), onde todas as opiniões obtidas dos dez funcionários são resumidas em somente uma matriz.

Tabela 7 – Matriz de decisão *Fuzzy* (\tilde{D})

Fornecedores (F_n)	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
F ₁	(5,8,2,9)	(5,8,4,9)	(3,7,4,9)	(5,8,2,9)	(3,7,0,9)
F ₂	(3,5,4,9)	(1,4,8,9)	(3,7,4,9)	(1,3,8,7)	(1,5,2,9)
F ₃	(5,7,4,9)	(5,7,8,9)	(3,6,2,9)	(5,7,4,9)	(3,6,6,9)
F ₄	(3,6,8,9)	(3,5,6,9)	(5,8,2,9)	(3,6,4,9)	(3,5,8,9)

Fonte: O autor (2018).

Seguindo os passos do Método *Fuzzy*-TOPSIS, a matriz de decisão *Fuzzy* (\tilde{D}) é normalizada conforme a Equação XVI da Seção 3. Todos os critérios foram definidos como critérios de benefício, exceto o critério Preço, que foi definido com critério de custo, uma vez que quanto maior o preço, pior. A Tabela 8 mostra a normalização da matriz de decisão *Fuzzy* (\tilde{D}), utilizando-se das Equações XVII e XVIII da Seção 3:

Tabela 8 – Matriz de decisão *Fuzzy* (\tilde{D}) normalizada

Fornecedores (F_n)	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
F ₁	(0.56,0.91,1)	(0.56,0.93,1)	(0.33,0.41,1.0)	(0.56,0.91,1.00)	(0.33,0.78,1)
F ₂	(0.33,0.60,1)	(0.11,0.53,1)	(0.33,0.41,1.0)	(0.11,0,42,0.78)	(0.11,0.58,1)
F ₃	(0.33,0.82,1)	(0.56,0.87,1)	(0.33,0.48,1.0)	(0.56,0.82,1.00)	(0.33,0.73,1)
F ₄	(0.33,0.76,1)	(0.33,0.62,1)	(0.33,0.37,0.6)	(0.33,0.71,1.00)	(0.33,0.64,1)

Fonte: O autor (2018).

O passo de ponderação da matriz de decisão *Fuzzy* (\tilde{D}) normalizada é iniciado, ou seja, a partir desse passo, os pesos dos critérios (Tabela 3) são multiplicados pelos valores da matriz de decisão *Fuzzy* (\tilde{D}) normalizada. Os cálculos para se encontrar a matriz de decisão *Fuzzy* normalizada ponderada (\tilde{V}) seguem as Equações XIX e XX da Seção 3. As duas últimas linhas da Tabela 9 também apresentam, de acordo a Equação XXI da Seção 3, os valores da solução ideal positiva (*Fuzzy Positive Ideal Solution, FNIS⁺*), denotada por A^+ , e da solução ideal negativa (*Fuzzy Negative Ideal Solution, FNIS⁻*), denotada por A^- . Sendo assim, têm-se a Tabela 9 representando a matriz (\tilde{V}) e os valores de A^+ e A^- .

Tabela 9 – Matriz de decisão *Fuzzy* normalizada ponderada (\tilde{V})

Fornecedores (F_n)	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
F ₁	(3.89,8.2,9)	(3.89,8.4,9)	(1.67,2.84,9.0)	(1.67,4.56,7.00)	(1.00,3.89,7)
F ₂	(2.33,5.4,9)	(0.78,4.8,9)	(1.67,2.84,9.0)	(0.33,2.11,5.44)	(0.33,2.89,7)
F ₃	(2.33,7.4,9)	(3.89,7.8,9)	(1.67,3.39,9.0)	(1.67,4.11,7.00)	(1.00,3.67,7)
F ₄	(2.33,6.8,9)	(2.33,5.6,9)	(1.67,2.56,5.4)	(1.00,3.56,7.00)	(1.00,3.22,7)
A^+	(3.89,8.2,9)	(3.89,8.4,9)	(1.67,3.39,9.0)	(1.67,4.56,7.00)	(1.00,3.89,7)
A^-	(2.33,5.4,9)	(0.78,4.8,9)	(1.67,2.56,5.4)	(0.33,2.11,5.44)	(0.33,2.89,7)

Fonte: O autor (2018).

Assim, utilizando as Equações XXII e XXIII da Seção 3, encontramos as distâncias de cada alternativa de fornecedor em relação a A^+ e A^- bem como os somatórios acumulados, definido como d_i^+ e d_i^- , das distâncias em relação a A^+ e A^- respectivamente. A Tabela 10 demonstra os valores relacionados a A^+ e a Tabela 11 representa os valores relativos a A^- .

Tabela 10 – Distância das alternativas de fornecedor em relação à A^+

Fornecedores (F_n)	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	d_i^+
F ₁	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,32
F ₂	1,85	2,75	0,32	1,84	0,69	7,45
F ₃	1,01	0,35	0,00	0,26	0,13	1,75
F ₄	1,21	1,85	2,13	0,70	0,39	6,27

Fonte: O autor (2018).

Analisando a Tabela 10, nota-se que F_1 possui a menor distância em relação à solução ideal positiva (A^+) (0,32), o que já pode ser um indicativo da preferência dos funcionários por esse fornecedor. Por outro lado, a distância em relação à A^+ de F_2 já mostra que há grandes possibilidades de esse ser o pior fornecedor entre os quatro analisados, uma vez que quanto mais longe da solução ideal positiva, pior é a alternativa. O critério decisivo, delimitando a análise na Tabela 10, foi C_2 , uma vez que esse é o critério que possui o maior valor, sendo o maior responsável proporcionalmente por F_2 possuir um alto valor em d_i^+ .

A Tabela 11, por outro lado, mostra os valores em relação à solução ideal negativa, ou seja, quanto maior o valor, melhor é o desempenho do fornecedor naquele determinado critério. Nota-se mais uma vez que C_2 é o critério mais decisivo, já que possui o maior valor, elevando a somatória d_i^- de F_1 , o que corrobora na tendência de F_1 ser o fornecedor preferido, em relação aos critérios analisados, dos técnicos e especialistas.

Tabela 11 – Distância das alternativas de fornecedor em relação à A^-

Fornecedores (F_n)	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	d_i^-
F_1	1,85	2,75	2,08	1,84	0,69	9,22
F_2	0,00	0,00	2,08	0,00	0,00	2,09
F_3	1,15	2,49	2,13	1,66	0,59	8,03
F_4	0,81	1,01	0,00	1,29	0,43	3,54

Fonte: O autor (2018).

Definidos d_i^+ e d_i^- , usou-se a Equação XXV da Seção 3 para se encontrar o Coeficiente de aproximação (CC_i) e o Ranking das alternativas, conforme Tabela 12. Sabendo que os valores dos CC_i que mais se aproximam de 1,00 remetem a melhor alternativa, conclui-se que F_1 é o melhor fornecedor para a situação estudada, seguido pelo F_3 , F_4 e F_2 . Sendo assim, o fornecedor F_1 apresentou o melhor desempenho global frente aos demais fornecedores analisados, ou seja, é o fornecedor melhor avaliado pelos técnicos e especialistas levando em consideração os critérios Especificações adequadas, Reputação do fornecedor, Preço, Durabilidade e Embalagem.

Tabela 12 – Coeficiente de aproximação (CC_i) e ranking das alternativas

Fornecedores (F_n)	d_i^+	d_i^-	CC_i	Ranking
F_1	0,32	9,22	0,97	1°
F_2	7,45	2,09	0,22	4°
F_3	1,75	8,03	0,82	2°
F_4	6,27	3,54	0,36	3°

Fonte: O autor (2018).

4.6 PESQUISA DE PREFERÊNCIA

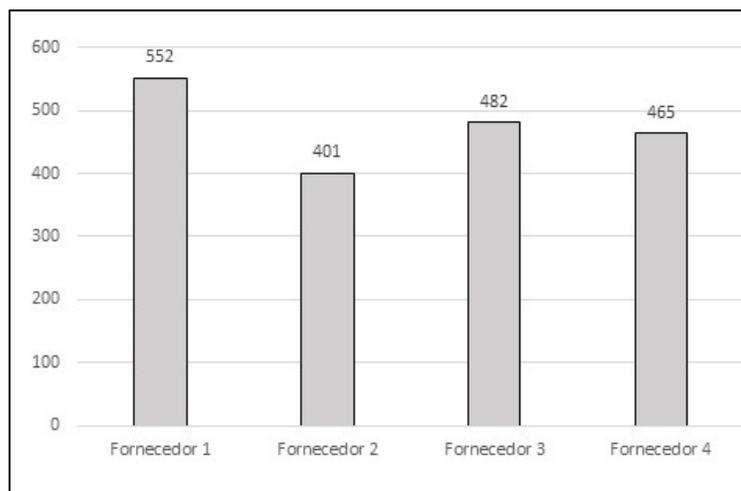
Nesta seção, apresenta-se uma pesquisa que teve como objetivo confirmar as informações obtidas com a utilização dos Métodos AHP e Método *Fuzzy*-TOPSIS, de modo a verificar que os resultados encontrados sejam corretos.

Considerando que o reagente escolhido é um produto com grande quantidade de compra em toda a instituição, não somente no setor estudado, e ainda que os fornecedores analisados são marcas incontestavelmente conhecidas, percebeu-se que uma pesquisa de preferência em alguns outros setores, com outros funcionários com cargos similares aos que realizaram os acompanhamentos, da mesma instituição estudada, corroboraria na conclusão dos resultados encontrados durante o uso dos métodos.

A pesquisa de preferência foi realizada a partir de conversas com 20 funcionários de outros 5 setores da mesma instituição estudada (4 funcionários por setor). O guia de acompanhamento (vide Apêndice 4) mostra o quadro que foi preenchido a partir das conversas com cada funcionário, sendo que a todos participantes foram mostradas as embalagens dos respectivos fornecedores, com intuito de não haver dúvidas sobre qual produto estavam opinando.

As opiniões obtidas foram interpretadas com o objetivo de apresentar informações que poderiam ser utilizadas como comparação aos resultados encontrados pelos Métodos AHP e *Fuzzy*-TOPSIS. Com isso, o gráfico da Figura 12 apresenta o resultado global da pesquisa, indicando que o Fornecedor 1 é o que apresenta melhor desempenho. O gráfico mostra a soma de todas as opiniões, seguindo a lógica estabelecida no guia de acompanhamento (Apêndice 4), ou seja, 1 para Muito Ruim, 2 para Ruim, 3 para Bom, 4 para Muito Bom e 5 para Excelente.

Figura 12 – Soma das notas de desempenho



Fonte: O autor (2018).

Analisando-se a soma das notas detalhadamente de cada fornecedor, nota-se que o critério que mais influenciou no resultado apresentado foi a Reputação do Fornecedor. Essa informação é obtida na comparação da diferença entre as notas máximas e mínimas atribuídas a cada fornecedor, visto que como o critério Reputação do Fornecedor é o que apresentou a maior diferença, definitivamente foi o critério que mais influenciou na ordem de desempenho dos fornecedores encontrada. Do mesmo modo, o critério Embalagem foi o que menos interferiu na ordem de desempenho dos fornecedores, tendo em vista que as notas atribuídas neste critério aos fornecedores apresentaram pouca diferença quantitativa umas das outras. O Quadro 16 resume a interpretação mencionada.

Quadro 16 – Soma das notas de desempenho

Critérios	Espec. Adequadas	Reputação do fornecedor	Preço	Durabilidade	Embalagem
Fornecedor 1	112	120	101	117	102
Fornecedor 2	75	70	99	76	81
Fornecedor 3	101	99	88	101	93
Fornecedor 4	93	81	115	91	85
Diferença (máx - mín)	37	50	27	41	21

Fonte: O autor (2018).

Dessa forma, na comparação do estudo feito nesta Seção com a aplicação do Método *Fuzzy*-TOPSIS e Método AHP, é possível concluir que os dois apresentaram os mesmos resultados, ou seja, o resultado da pesquisa de preferência corrobora com os resultados

encontrados pela utilização dos métodos *Fuzzy-TOPSIS* e AHP. O Fornecedor 1 definitivamente possui o melhor desempenho, tendo em vista o Quadro 16 e Figura 12. O Fornecedor 2 está a um nível de desempenho abaixo dos demais, já que na análise critério a critério com os outros fornecedores somente atingiu uma nota maior na comparação com o Fornecedor 3 no critério Preço. Fica ratificado também que o Critério 2, Reputação do fornecedor, é critério mais decisivo já que possui o maior valor da diferença entre os valores máximos e mínimos da soma das notas atribuídas.

5 CONCLUSÕES

Qualidade, prazo de entrega, confiabilidade são alguns pontos que qualquer pessoa ou empresa leva em consideração para fazer uma compra. No caso da escolha de fornecedores para uma empresa, isso não se altera. Uma empresa que deseja se fortalecer e crescer no mercado, necessariamente precisa investir para que tome a melhor decisão ao escolher seus fornecedores.

Métodos de tomada de decisão multicritério, muitas vezes, tem sua aplicabilidade restrita, pois determinado método tende a abranger somente determinadas situações. Levando em consideração que os cálculos refletiram o esperado, bem como o refinamento dos resultados a partir da comparação Método AHP-*Fuzzy*-TOPSIS x Pesquisa de Preferência, o estudo conseguiu resolver a problemática proposta, ou seja, foi possível validar o modelo de tomada de decisão *Fuzzy*-TOPSIS, com os critérios de análise definidos pelo Método AHP, para a escolha do melhor fornecedor de um determinado reagente químico no setor estudado.

Os resultados demonstraram a partir do Método AHP que os pesos dos critérios a serem utilizados no Método *Fuzzy*-TOPSIS devem estar na seguinte ordem: Especificações adequadas (C_1), Reputação do fornecedor (C_2), Preço (C_3), Durabilidade (C_4) e Embalagem (C_5). Essa ordem foi obtida a partir do resultado gerado na aplicação do Método AHP, o qual definiu os pesos dos cinco critérios escolhidos para a análise de fornecedores (vide Quadro 13). Os cálculos se mostraram consistentes, uma vez que a Razão de Consistência dos julgamentos (RC) foi de 0,0424, ou seja, obedecendo a condição $RC \leq 0,10$.

O Método *Fuzzy*-TOPSIS indicou que o desempenho global do Fornecedor 1 foi muito próximo de 1,00, tendo em vista que o Coeficiente de aproximação (CC_i) desse fornecedor foi de 0,97. F_3 , F_4 e F_2 tiveram o desempenho abaixo de F_1 , apresentando valores de (CC_i) 0,82, 0,36 e 0,22 respectivamente.

O mesmo Método na fase de definição das distâncias das alternativas de fornecedores em relação aos valores da solução ideal positiva (*Fuzzy Positive Ideal Solution, FNIS⁺*), denotada por A^+ , e da solução ideal negativa (*Fuzzy Negative Ideal Solution, FNIS⁻*), denotada por A^- , apresentou F_1 como o provável melhor desempenho entre os fornecedores analisados, já que possuía a menor distância em relação à solução ideal positiva (A^+) (0,32). Na análise dos critérios, foi C_2 que apresentou maior influência no resultado, uma vez que foi o maior responsável proporcionalmente por F_2 possuir um alto valor em d_i^+ . A Reputação do Fornecedor (C_2) ter sido o critério mais relevante, ou seja, o critério com maior influência na tomada de decisão, transparece que uma empresa com sua marca comercial bem vista, com notório reconhecimento de bons serviços prestados, tende a alcançar uma maior clientela.

A Pesquisa de Preferência foi uma ferramenta utilizada de comparação aos resultados apresentados pelo Método AHP e *Fuzzy-TOPSIS*. A Pesquisa de Preferência corroborou com as conclusões obtidas na aplicação do AHP e do *Fuzzy-TOPSIS*, uma vez que apresentou resultados similares aos encontrados pelos métodos. A Reputação do Fornecedor (C_2) foi o critério que mais influenciou na ordem de classificação de desempenho dos fornecedores, ou seja, a diferença entre valores máximos e mínimos da soma das notas de desempenho neste critério contribuiu de amplamente para a ordem de classificação de desempenho dos fornecedores segundo a Pesquisa de Preferência: F_1 , F_3 , F_4 e F_2 .

Notou-se ainda que F_2 , no critério Preço, não recebeu a pior nota: F_2 venceu F_3 por 11 pontos. Esse ponto pode ser interpretado como uma tendência de tomadores de decisão serem influenciados somente pelo preço de aquisição, ignorando outros critérios, reforçando, dessa forma, a utilização de métodos de tomada de decisão multicritério.

Os objetivos propostos foram alcançados. Conseguiu-se aplicar simuladamente o Método *Fuzzy-TOPSIS* com os critérios de análise definidos pelo Método AHP para a escolha do melhor fornecedor da situação apresentada, bem como foi aplicada uma pesquisa que trouxe resultados que ratificaram os encontrados primeiramente. Todas as informações foram obtidas a partir de acompanhamento dos gestores, atingindo assim resultados mais confiáveis.

Devido à ampla possibilidade de adaptação do método utilizado neste trabalho, tendo em vista que nas mais diversas situações de tomada de decisão existentes cada critério considerado possui um determinado peso numa eventual decisão final, é possível concluir que com pequenas alterações, a técnica desenvolvida neste estudo pode auxiliar nas resoluções de problemas similares onde há inúmeras variáveis a serem avaliadas. Dessa forma, disponibiliza-se ao gestor eficiência, velocidade e, sobretudo, precisão, de modo que as tomadas de decisões sejam otimizadas e o sucesso da instituição seja a consequência.

APÊNDICE 1

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
Av. Roraima, 1000 – Prédio 08 (INPE)
Sala 2057 – Telefone: (55) 3220-8619
CEP: 97105-900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: ppgep@ufsm.br

**GUIA DE ACOMPANHAMENTO**

Trabalha com: Manuseio direto de reagentes Compras de reagentes

Para este funcionário, foi possível depreender do acompanhamento que os 5 critérios mais relevantes para a aquisição de reagentes são:

Exemplos: Preço; Segurança; Material; Precisão; Durabilidade; Embalagem resistente; Tempo de entrega; Reputação do fornecedor; Embalagem informativa; Suporte pós-venda; Instruções de uso adequadas; Características adequadas (tamanho, volume, cor, densidade); etc.

APÊNDICE 2



Universidade Federal de Santa Maria
 Centro de Tecnologia
 Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
 Av. Roraima, 1000 – Prédio 08 (INPE)
 Sala 2057 – Telefone: (55) 3220-8619
 CEP: 97105-900 – Santa Maria – RS – Brasil
 e-mail: ppgep@ufsm.br



ATRIBUIÇÃO DE PESOS – JULGAMENTOS

Trabalha com: Manuseio direto de reagentes Compras de reagentes

1. Qual critério é mais importante, **especificações adequadas ()** ou **preço ()**?
 - 1.1. Quanto esse critério é mais importante do que o outro, segundo a Tabela de Comparações do Método AHP? ____

2. Qual critério é mais importante, **especificações adequadas ()** ou **reputação do fornecedor ()**?
 - 2.1. Quanto esse critério é mais importante que o outro, segundo a Tabela de Comparações do Método AHP? ____

3. Qual critério é mais importante, **especificações adequadas ()** ou **embalagem ()**?
 - 3.1. Quanto esse critério é mais importante que o outro, segundo a Tabela de Comparações do Método AHP? ____

4. Qual critério é mais importante, **especificações adequadas ()** ou **durabilidade ()**?
 - 4.1. Quanto esse critério é mais importante que o outro, segundo a Tabela de Comparações do Método AHP? ____

5. Qual critério é mais importante, **preço ()** ou **reputação do fornecedor ()**?
 - 5.1. Quanto esse critério é mais importante que o outro, segundo a Tabela de Comparações do Método AHP? ____

6. Qual critério é mais importante, **preço ()** ou **embalagem ()**?
 - 6.1. Quanto esse critério é mais importante que o outro, segundo a Tabela de Comparações do Método AHP? ____

7. Qual critério é mais importante, **preço ()** ou **durabilidade ()**?
 - 7.1. Quanto esse critério é mais importante que o outro, segundo a Tabela de Comparações do Método AHP? ____



Universidade Federal de Santa Maria
 Centro de Tecnologia
 Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
 Av. Roraima, 1000 – Prédio 08 (INPE)
 Sala 2057 – Telefone: (55) 3220-8619
 CEP: 97105-900 – Santa Maria – RS – Brasil
 e-mail: ppgep@ufsm.br



8. Qual critério é mais importante, **reputação do fornecedor ()** ou **embalagem ()**?
- 8.1. Quanto esse critério é mais importante que o outro, segundo a Tabela de Comparações do Método AHP? ____
9. Qual critério é mais importante, **reputação do fornecedor ()** ou **durabilidade ()**?
- 9.1. Quanto esse critério é mais importante que o outro, segundo a Tabela de Comparações do Método AHP? ____
10. Qual critério é mais importante, **embalagem ()** ou **durabilidade ()**?
- 10.1. Quanto esse critério é mais importante que o outro, segundo a Tabela de Comparações do Método AHP? ____

MATRIZ DE JULGAMENTOS

	Especificações Adequadas	Preço	Reputação do fornecedor	Embalagem	Durabilidade
Especificações Adequadas	1				
Preço		1			
Reputação do fornecedor			1		
Embalagem				1	
Durabilidade					1

APÊNDICE 3



Universidade Federal de Santa Maria
 Centro de Tecnologia
 Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
 Av. Roraima, 1000 – Prédio 08 (INPE)
 Sala 2057 – Telefone: (55) 3220-8619
 CEP: 97105-900 – Santa Maria – RS – Brasil
 e-mail: ppgep@ufsm.br



GUIA DE ACOMPANHAMENTO - AVALIAÇÃO DOS FORNECEDORES

Trabalha com: Manuseio direto de reagentes Compras de reagentes

A partir do acompanhamento, foi possível depreender que o gestor avaliou* o **desempenho** do reagente químico em questão da seguinte forma:

*A avaliação é feita para cada um dos quatro fornecedores e deve seguir estritamente as seguintes opções: Muito Ruim (MR), Ruim (R), Bom (B), Muito Bom (MB) e Excelente (E).

Crítérios	Especificações adequadas	Reputação do fornecedor	Preço	Durabilidade	Embalagem
<u>Fornecedor 1</u>					
<u>Fornecedor 2</u>					
<u>Fornecedor 3</u>					
<u>Fornecedor 4</u>					

APÊNDICE 4



Universidade Federal de Santa Maria
 Centro de Tecnologia
 Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
 Av. Roraima, 1000 – Prédio 08 (INPE)
 Sala 2057 – Telefone: (55) 3220-8619
 CEP: 97105-900 – Santa Maria – RS – Brasil
 e-mail: ppgep@ufsm.br



GUIA DE ACOMPANHAMENTO - AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES

SETOR: _____

A partir do acompanhamento, foi possível depreender que este funcionário avaliou* o **desempenho** do reagente químico em questão da seguinte forma:

A avaliação é feita para cada um dos quatro fornecedores e deve seguir estritamente as seguintes opções: Muito Ruim (1), Ruim (2), Bom (3), Muito Bom (4) e Excelente (5).

Crítérios	Especificações adequadas	Reputação do fornecedor	Preço	Durabilidade	Embalagem
<u>Fornecedor 1</u>					
<u>Fornecedor 2</u>					
<u>Fornecedor 3</u>					
<u>Fornecedor 4</u>					

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2011.

ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações**: construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas, 2013.

AMARO, G. D.; LIMA JUNIOR, F. R. Aplicação do método fuzzy-TOPSIS no apoio à seleção de fornecedores “verdes”. XVII ENGEMA – Encontro internacional sobre gestão empresarial e meio ambiente, São Paulo/SP. 2015.

ANTUNES, C.; ALVES, M. Programação linear multiobjetivo-métodos interativos e software. In: Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa, 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CLAIO, 2012.

ARAZ, C.; OZFIRAT, P. M.; OZKARAHAN, I. An integrated multicriteria decision-making methodology for outsourcing management. **Computers & Operations Research**, v. 34, n.12, p. 3738-3756, 2007.

ASHLAGI, M. A. Hod and Linear Physical Programming New Approach to Green Supplier Selection Based on Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Met. **Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette**, v. 21, n. 03, p. 591-597, 2014.

ALVES, F. A. B. **Proposta de melhoria na gestão do planejamento do processo de compras em uma instituição de ensino: CEFET/RJ**. 2017. 128 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão)–Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, 2017.

BAILY, P. et al. **Compras**: Princípios e Administração. São Paulo: Atlas, 2000.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: planejamento, organização e logística empresarial. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BESTA, P. et al. Evaluation of benefits resulting from innovation of input raw materials dosing process in sintering, **Metalurgija**, v. 51, n. 4, 2012.

BOTTANI, E.; RIZZI, A. A fuzzy TOPSIS methodology to support outsourcing of logistics services. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 11, n. 4, p. 294-308, 2006.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. E COPPER, M. B. **Gestão da cadeia de suprimentos e logística**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BOZARTH, C. C.; HANDFIELD, R. B. **Introduction to operations and supply chain management**. New Jersey: Pearson Education Inc, 2008.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. H. A preference ranking organization method, the PROMETHEE method for MCDM. **Management Science**, v. 31, p. 647-656, 1985.

BRASIL. **Lei n. 10.520**, de 17 de julho de 2002. Institui a modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns. Diário Oficial, Brasília, Distrito Federal, 17 jul. 2002.

BRASIL. **Lei n. 8.666**, de 21 de junho de 1993, com alterações resultantes da Lei 8.883, de 08 de junho de 1994 e da Lei 9.648, de 27 de maio de 1998. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 jun 1993.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

CAMPOS, V. F. **Controle da Qualidade Total (No Estilo Japonês)**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CARR, A.; PEARSON, J. The impact of purchasing and supplier involvement on strategic purchasing and its impact on firm's performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 9, p. 1032-1052, 2002.

CHAI, J.; LIU, J. N. K.; NGAI, E. W. T. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 10, p. 3872- 3885, 2013.

CHAN, A H.S., KWOK W.Y., DUFFY V. G. Using AHP for determining priority in a safety management system. **Industrial Management & Data Systems**, v. 104, n. 5, p 430–445, 2004.

CHANDRASHEKAR, A.; CALLARMANN, T. E. A Modeling Study of the Effects of Continuous Incremental Improvement in the Case of a Process Shop. **European Journal of Operational Research**, v. 109, n. 1, p.111-121, 1998.

CHASE, R.B.; AQUILANO, N.J.; JACOBS, F.R. **Production and Operations Management**. 8. ed. Boston: McGraw-Hill, 1998.

CHEE-CHENG, C.; CHING-CHOW, Y. Cost-effectiveness based performance evaluation for suppliers and operations **The Quality Management Journal**; Milwaukee, v. 9, n. 4, p. 59-73. 2002.

CHEN, C. T. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 114, n. 1, p. 1–9, 2000.

CHEN, I. J.; PAULRAJ, A.; LADO, A. A. Strategic purchasing, supply management, and firm performance. **Journal of Operations Management**, v. 22, p. 505-523, 2004.

CHEN, C. C.; YANG, C. C. **Cost-Effectiveness Based Performance Evaluation for Suppliers and Operations**. 2003.

COSTA NETO, P. L. O., CANUTTO, S. A. **Administração com qualidade**. São Paulo: Blucher, 2010.

COSTA, N. N. (1994). *Processo administrativo e suas espécies*. Rio de Janeiro, Forense, 1994.

COSTA, H. G. **Introdução ao método de análise hierárquica**: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói: H.G.C., 2002.

CRAWFORD, K.M.; COX, J.F. Addressing manufacturing problems through the implementation of Justin-time. **Production and Inventory Management Journal**, v. 32, n. 1, p. 33- 36, 1991.

CRUZ, C. H. B. A Universidade, a Empresa e a Pesquisa que o país precisa. **Revista Humanidades**, v. 45, p.15-29, 1999.

CUNHA, B. G. **Planejamento espacial integrado como subsídio para a promoção da multifuncionalidade em assentamentos rurais**. 2018. 171 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)–UFS – Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão/SE, 2018.

DE TONI, A.; NASSIMBENI, G. Just-intime Purchasing: an Empirical Study of Operational Practices, Supplier Development and Performance. **Omega**, v. 28, n. 6, p. 631-651, 2000.

DECISION SUPPORT SYSTEMS GLOSSARY. Disponível em: <http://dssresources.com/>. Acesso: jan/2018.

DENICOL, J.; CASSEL, R. A. Métodos para seleção e avaliação de desempenho de fornecedores na indústria da construção civil: uma revisão sistemática da literatura. In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013, Salvador. **Anais...** Salvador: ENEGEP, 2013.

DEWAYNE, L. S. **Developing a Lean Performance Score**. Strategic Finance, 2009.

DI PIETRO, M. S. Z. **Direito Administrativo**. 29. ed. São Paulo: Forense, 2016.

DIAS, M. A. P. **Administração de Materiais**: Uma abordagem logística. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1993.

DUFFY, M. E. Methodological triangulation: a vehicle for merging quantitative and qualitative research methods. **Journal of Nursing Scholarship**, v. 19, n. 3, p. 130-133, 1987.

FERNANDES, J. U. J. **Tribunais de Contas do Brasil**: jurisdição e competência. Belo Horizonte: Fórum, 2003.

FERRARI, A. T. *Metodologia da Ciência*. 2. ed. Rio de Janeiro: Kennedy, 1974.

FERREIRA, B. C. **Gestão de Compras Públicas**: Desafios, Dilemas e Perspectivas na Universidade Federal de Viçosa. Juiz de Fora: Faculdade de Educação/ CAED, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2015.

FLEURY, A. C. C.; FLEURY, M. T. L. Estratégias competitivas e competências essenciais: perspectivas para a internacionalização da indústria no Brasil. **Gestão e Produção**, v. 10, n. 2, p.129-144, 2003.

FONSECA, A. S.; JESUS, M. L.; LIMA, J. S. S. Lógica fuzzy na análise espacial dos teores de K e S no tecido foliar do mamoeiro. IN: XX ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, XVI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO e VI ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 2016, **Anais...** Universidade do Vale do Paraíba, 2016.

FRANÇA L. V. G. **Modelo de avaliação de impacto ambiental utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy: um estudo de caso para a indústria automobilística**. 2015. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)—UNESP – Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2015.

FRANCISCHINI, P. G.; CABEL, G. M. Proposição de um indicador geral de desempenho utilizando AHP. In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ENEGEP, 2003.

FRANKE, M. Competition between network carriers and low-cost carriers—retreat battle or breakthrough to a new level of efficiency? *Journal Of Air Transport Management*, v. 10, n. 1, p.15-21, 2004.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8 ed. São Paulo: Thompson Learning, 2006.

GARCIA, F. A.; RIBEIRO, L. C. Licitações públicas sustentáveis. **Revista de Direito Administrativo**, Rio de Janeiro, v. 260, p. 231-254, 2012.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. de. **Tomada de decisão gerencial: o enfoque multicritério**. 5. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2014.

GOMES, C. F. S; COSTA, H. G. Abordagem estratégica para a seleção de sistema ERP utilizando apoio multicritério à decisão. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v.13, n.3, p. 1060-1088, 2013.

GOMIDE, F.; GUDWIN, R. R.; TANSCHKEIT, R. Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações. **Proc. 6 th IFSA Congress-Tutorials**, v. 59, p. 1-38, 1995.

GONÇALO, T. E. E.; DE ALENCAR, L. H. Seleção de fornecedores para um estaleiro brasileiro utilizando a metodologia ELECTRE III. In: XLIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2011, Ubatuba. **Anais...** Ubatuba: SBPO, 2011.

GONÇALVES, P. S. **Administração de materiais**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

GRANDZOL, J. R. Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: a case for the analytic hierarchy process. **IR Applications**, v. 6, n. 13, 2005.

GRANEMANN, S.R.; GARTNER, I.R. Seleção de financiamento para aquisição de aeronaves: Uma aplicação do método de análise hierárquica (AHP). **Revista Transportes**, Rio de Janeiro, v.6, p.18-40, 1998.

GUARNIERI, P. Síntese dos Principais Critérios, Métodos e Subproblemas da Seleção de Fornecedores Multicritério. **Revista de Administração Contemporânea**. v. 19, n. 1, 2015.

HANDFIELD, R. B.; KRAUSE, D. R.; SCANELL, T. V.; MONZKA, R. M. Avoid the Pitfalls in Supplier Development. **Sloan Management Review**, v. 41, n. 2, p. 37-49, 2000.

HERNÁNDEZ, C. T. et al. Utilização do AHP e do ANP para Avaliar a Relação entre a Logística Reversa e o Desempenho Empresarial: Um Estudo no Setor Automotivo Brasileiro. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Porto Seguro, v. 41, n. 1, p.1812-1823, 2009.
HLUPIC, V.; MANN, A. S. SimSelect: a System for Simulation Software Selection. **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, p. 720-727, 1995.

HUANG, B. A GIS-AHP Method for HAZMAT Route Planning with consideration of Security, **Environmental Informatics Archive**, v. 2, p. 814-830, 2004.

HWANG, C. L.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications**. New York: Springer-Verlag, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – PINTEC. **Inovação no Brasil: Crescimento marginal no período recente**. Brasil, 2016. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7354/1/NT_n34_Diset.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2017.

KRAAK V. I. et al. Balancing the benefits and risks of public-private partnerships to address the global double burden of malnutrition. **Public Health Nutr**, v. 15, p. 503-517, 2012.

KRALJIC, P. Purchasing Must Become Supply Management. **Harvard Business Review**, v. 61, p. 109-117, 1983.

KRAUSE, D.; ELLRAM, L. M. Critical elements of Supplier Development. **European Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 3, n. 1, p. 21- 31, 1997.

KRAUSE, D. R.; SCANNELL, T. V. Supplier Development Practices: Product-and Service-Based Industry Comparisons. **The Journal Supply Chain Management**, p. 13-21, 2002.

JIANG, J. et al. TOPSIS with fuzzy belief structure for group belief multiple criteria decision making. **Expert Systems with Applications**, v. 38, p. 9400-9406, 2011.

JUSTEN FILHO, Marçal. **Comentários à Lei de Licitações e Contratos Administrativos**. 11. ed. São Paulo: Dialética, 2005.

LANZILLOTTI, R. S.; LANZILLOTTI, H. S. análise sensorial sob o enfoque da decisão fuzzy 146. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 145-157, 1999.

LARBANI, M.; HUANG, C. Y.; TZENG, G. H. A novel method for fuzzy measure identification. **International Journal of Fuzzy Systems**, v. 13, n. 1, p. 24–34, 2011.

LEE, A. H. I.; CHEN, H. H.; He-Yau KANG. Multi-criteria decision making on strategic selection of wind farms. *Renewable Energy*, v. 34, p 120-126, 2009.

LÉGER, J.; MARTEL, J. M. A multicriteria assignment procedure for a nominal sorting problematic. *European Journal of Operational Research*, v. 138, n. 2, 349-364, 2002.

LEITE, I. M. S.; FREITAS, F. F. T. Análise Comparativa dos métodos de apoio multicritério a decisão: AHP, ELECTRE e PROMETHEE. In: XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2012, Bento Gonçalves. *Anais...* Bento Gonçalves: ENEGEP, 2012.

LIAO, C.; KAO, H. An integrated fuzzy TOPSIS and MCGP approach to supplier selection in supply chain management. *Expert Systems with Applications*, v. 38, n. 9, p. 10803-10811, 2011.

LIBERATORE, M. J.; NYDICK, R. L. The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: A literature review. *European Journal of Operational Research*, vol. 189, n. 1, p. 194-207, 2008.

LIMA JUNIOR, F. R. **Comparação entre os métodos Fuzzy TOPSIS e Fuzzy AHP no apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores**. 2013. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)—Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R.; CARVALHO, G. M. R. Uma metodologia baseada no modelo SCOR e em inferência fuzzy para apoiar a avaliação de desempenho de fornecedores. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 23, n. 3, p. 515-534, 2016.

LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. Elsevier, 2014.

LOPEZ-ELIÁS, J. P. **Aspectos Jurídicos de la Licitación Pública en México**. Cidade do México: UNAM, 1999.

LÜDKE, M; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

LYRA, R. L. W. C. Análise hierárquica dos indicadores contábeis sob a óptica do desempenho empresarial, 2008. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade)—Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2008.

MARINS, C. S.; SOUZA, D O.; BARROS, M. S. O Uso Do Método De Análise Hierárquica (AHP) Na Tomada De Decisões Gerenciais - Um Estudo. XLI SBPO, p. 11, 2009.

MARTINS, P. G.; ALT, P. R. C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2001.

MCIVOR, R.; HUMPHREYS, P.; MCALEER, E. The evolution of the purchasing function. *Strategic Change*, v. 6, n. 3, p. 165-179, 1997.

MEIRELLES, H. L. *Direito Administrativo Brasileiro*. ed. 42. São Paulo: Malheiros, 2016.

MELLO, L. C. B. B.; BANDEIRA, R. A. M.; BRANDALISE, N. Seleção de metodologia de mensuração de retrabalho através da utilização do método AHP. **Revista Gestão & Produção**, v. 25, n. 1, p 94-106, 2018.

MONKS, J. G. **Administração da Produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1987.

MORAES, A. **Gestão de Compras**: apostila. Rio de Janeiro: CEFDET, 2005.

MUNARI, F.; PASQUINI, M.; TOSCHI, L. (2014). From the lab to the stock market? The characteristics and impact of university-oriented seed funds in Europe. **The Journal of Technology Transfer**, v. 40, n. 6, p. 948-975, 2014.

MURAKAMI, M. **Decisão estratégica em TI: estudo de caso**. 2003. Dissertação (Mestrado)–Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. 2003.

OLIVEIRA et al. Homologando Fornecedores: uma Estratégia Competitiva nas Organizações. XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2014.

ORTEGA, N. R. S. **Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a Problemas da Biomedicina**. 2001. 152 f. Tese (Doutorado em Ciências)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

PAKER, A.; GRILICHES, Z. Patents and R&D at the firm level: a first look. **NBER Working paper series**, v. 561, 1980.

PINSONNEAULT, A.; KRAEMER, K. L. Survey research methodology in management information system: an assessment. *Journal of Management Information Systems*, v. 10, n. 2, p. 75-105, 1993.

PINTO, J. B. G. *Pesquisa-Ação: Detalhamento de sua sequência metodológica*. Recife: Mimeo, 1989.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo/RS: Feevale, 2013.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2006.

RIGOLIN, I. B.; BOTTINO, M. T. **Manual prático das licitações: (lei n. 8.666, de 21 de junho de 1993)**. São Paulo: Saraiva, 2008.

ROBBINS, S. P. **Mudança Organizacional e Administração do Estresse**. Comportamento Organizacional. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

ROCHA, P. P. F. **Modelo de dimensionamento de frota de helicópteros para um sistema de distribuição física de pessoas voltado às atividades offshore de exploração de produção de uma bacia petrolífera: estudo de caso**. 2001. 95 p. Dissertação (Mestrado)–

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

RODRÍGUEZ, A.; ORTEGA, F.; CONCEPCIÓN, R. A method for the selection of customized equipment suppliers. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 4, p. 1170-1176, 2013.

ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Dordrecht: Kluwer, 1996.

SAATY, T. L. The analytic hierarchy process – what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, p. 161-176, 1987.

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. Rio de Janeiro: Makron Books, 1991.

SAATY, T. L. **How to make a decision: the analytic hierarchy process**. Interfaces, v. 24, n.6, p.19–43, 1994.

SAATY, T. L. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with AHP. Pittsburg: RWS Publications, 2000.

SANTANA, W. C. **Proposta de modelo de desenvolvimento de sistemas de medição de desempenho logístico**. 2004. 151 p. Dissertação (Mestrado)–Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2004.

SANTOS, R. A. A.; CALHEIROS JUNIOR, J. D. M. **Direito Administrativo Esquemático**. ed. 3. São Paulo: Elsevier, 2017.

SCHNIEDERJANS, M. J.; GARVIN, T. Using the analytic hierarchy process and multi-objective programming for the selection of cost drivers in activity-based costing. **European Journal of Operational Research**, v. 100, n. 1, p. 72-80, 1997.

SCHOLZE, S; CHAMAS, C. **Parcerias Estratégicas**. ed. 5. Brasília: CGEE, 2000.

SENAPESCHI NETO, A.; GODINHO FILHO, M. A evolução da gestão de compras em uma empresa do segmento de material escolar: estudo de caso longitudinal. **Production**, v. 21, n. 1, 2011.

SILVA, A. C.; ACCIOLY, P. Mapeamento das áreas ambientalmente frágeis e a efetividade das Unidades de Conservação por análise multicritérios - Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçú – PR. **Brazilian Journal of Technology**, v. 1, n. 1, p. 49-54, 2018.

SILVA, P. O. **Relação entre os processos de trabalho na atenção primária à saúde e a implantação das linhas-guia nos municípios sob jurisdição da gerência regional de saúde de Itabira-MG: Uma análise multicritério**. 2018. 71 p. Dissertação (Mestrado)–Programa de Pós-Graduação em Saúde, Sociedade e Ambiente, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2018.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. ed. 4. São Paulo: Atlas, 2015.

- SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1996.
- SMITH, A. A Riqueza das Nações. Rio de Janeiro: Zahar, 1776.
- SOUSA, B.; BOENTE, P. Metodologia de avaliação de desempenho baseada em lógica fuzzy: avaliação de desempenho de uma instituição estadual de ensino superior em Duque de Caxias. **Revista Edu. Tec**, v. 1, n. 1, 2016.
- SPEKMAN, R. E.; HILL, R. P. Strategy to effective procurement in the 1980s. **Journal of Purchasing and Materials Management**, v. 16, n. 1, p. 2-6, 1980.
- STOCKER F. et al. Demissão: Critérios importantes na tomada de decisão dos gestores. **Revista de Administração de Empresas – FGV**, v. 58, n. 2, p. 116-129, 2018.
- THOKALA P, DUENAS A. Multiple Criteria Decision Analysis for Health Technology Assessment. Nova Jersey: Value in Health, 2012.
- UYGUN, Ö.; DEDE, A. Performance evaluation of green supply chain management using integrated fuzzy multi-criteria decision making techniques. **Computers & Industrial Engineering**, 2016.
- VIANA, J. C.; ALENCAR, L. H. Metodologias para seleção de fornecedores: uma revisão da literatura. **Produção**, v. 22, n. 4, p. 625-636, 2012.
- VIEIRA, J. G. V. **Avaliação do estado de colaboração logística entre indústrias de bens de consumo e redes de varejo alimentar**. 2006. 222 f. Tese (Doutorado Engenharia de Produção)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- VINCKE, P. **Multicriteria decision aid**. New York: John Wiley & Sons, 1992.
- WANG, W. A fuzzy linguistic computing approach to supplier evaluation. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, n. 10, p. 3130-3141, 2010.
- WANG Y. J.; LEE H. S. Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making. **Journal of Computers and Mathematics with Applications**. v. 53, n. 11, p. 1762–1772, 2007.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A Máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- ZAKERI, S.; KERAMETI, M. A. Systematic combination of fuzzy and grey numbers for supplier selection problem. **Grey Systems: Theory and Application**, v. 5, n. 3, p. 313-343, 2015.
- ZOLFANI, S. H.; MAKNOON, R.; ZAVADSKAS, E. K. Multiple attribute decision making (MADM) based scenarios. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 20, n. 1, 2016.