

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA FUZZY AHP PARA
TOMADA DE DECISÃO DA LOCALIZAÇÃO DE ARMAZÉNS
DE TRIGO NO PARANÁ**

Felipe Meneguetti de Carlos

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

Implementação da metodologia *Fuzzy AHP* para tomada de
decisão da localização de armazéns de trigo no Paraná

Felipe Meneguetti de Carlos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de
Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da
Universidade Estadual de Maringá.

Orientador(a): Prof^(a). Dr^(a). Márcia Marcondes Altimari
Samed

Maringá - Paraná
2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, irmã e irmão,
por todo o apoio e confiança em mim.

“Há escolas que são gaiolas e há escolas que são asas.

Escolas que são gaiolas existem para que os pássaros desaprendam a arte do voo. Pássaros engaiolados são pássaros sob controle. Engaiolados, o seu dono pode levá-los para onde quiser. Pássaros engaiolados sempre têm um dono. Deixaram de ser pássaros. Porque a essência dos pássaros é o voo.

Escolas que são asas não amam os pássaros engaiolados. O que eles amam são os pássaros em voo. Existem para dar ao pássaros coragem de voar. Ensinar o voo, isso elas não podem fazer, porque o voo já nasce dentro dos pássaros. O voo não pode ser ensinado. Só pode ser encorajado.”

- Rubem Alves.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho representa o fim de uma das etapas mais interessantes e desafiadoras da minha vida, acompanhada de obstáculos, quedas, provações, mas também com vitórias, conquistas e superações, algumas que não poderia nem imaginar que conseguiria obter. Nesses seis anos de UEM, fui cercado de pessoas que me deram suporte e apoio nas horas difíceis, que dei boas risadas, que joguei conversa fora, que chorei e que celebrei, que estudei e que sempre estavam ali para o que desse e viesse. São a essas pessoas que faço meus agradecimentos, do fundo do meu coração.

À minha mãe e meu pai por terem me dado educação, me apoiado nas decisões que fiz e por terem dado todo o suporte para que eu me tornasse um profissional mais completo e uma pessoa melhor. À minha irmã por cuidar de mim e por sempre estar disposta a me ajudar. Ao meu irmão por me dar bons conselhos e fazer com que eu busque ser uma pessoa e um profissional melhor. Ao meu cunhado e cunhada pela preocupação e bons conselhos dados a mim. À minha sobrinha, Maitê, um serzinho que chegou enquanto eu estava fora e veio para deixar nossos dias mais calmos, leves, cheios de alegria e amor.

À minha avó, tios, tias, primos e primas pelos almoços, jantadas, pela companhia e pelas conversas na varanda ou ao redor da mesa. É sempre muito bom estar próximo a eles.

Aos meus amigos de Juara, Maringá e de Rochester por sempre estarem presentes e fazerem com que o dia fique mais alegre.

À Amanda, Bruna, Juliana e Luiz, amizade sincera que a universidade me trouxe e fez com que esse período passasse com menos dificuldades e mais tranquilidade, cheio de conversas, alegrias e sorrisos. Serei eternamente grato por ter conhecido eles e espero cultivar essa amizade por muitos anos.

Aos mestres e professores que passaram na minha vida por realizarem diariamente o ato que mais admiro nas pessoas, o de ensinar. Também agradeço pelas conversas e conselhos.

À Professora Doutora Márcia por ter aceitado me orientar no meu primeiro projeto de pesquisa e neste TCC, pelos conselhos valiosos, por todos os ensinamentos passados, pela paciência e amizade.

RESUMO

Ao se analisar as empresas, é possível notar que elas possuem inúmeros fornecedores e clientes, gerando assim uma cadeia de suprimentos. Com o passar dos anos e a evolução dos conceitos de gestão, as empresas passaram a adotar medidas para promoverem o gerenciamento das atividades relacionadas à cadeia de suprimentos. Tais atitudes são realizadas para potencializar as operações, reduzir perdas e custos, garantir competitividade, aproveitar oportunidades de vendas, e, o mais importante, dar suporte para elaboração do planejamento estratégico. Independente do horizonte de tempo, o processo de gestão é acompanhado de decisões, das mais simples até as mais complexas. Dessa forma, as empresas fazem uso de ferramentas que dão suporte à tomada de decisão com o intuito de minimizar erros. Este trabalho faz um diagnóstico da cadeia de fornecedores, quanto à localização dos armazéns para estocagem de trigo, de uma empresa do setor de *trading* de *commodities* agrícolas com o apoio da ferramenta *Fuzzy AHP*, um dos métodos de apoio à tomada de decisão multicritério. Com a aplicação do *Fuzzy AHP*, é possível notar que o critério mais importante, ao se analisar um fornecedor, é o acesso aos modais de transporte e dentre os fornecedores com as quais a empresa trabalha atualmente, nota-se a alta preferência por dois deles, o primeiro localizado no norte-central do PR e o segundo na região metropolitana de Curitiba.

Palavras-chave: Cadeia de suprimentos; Localização; Fuzzy AHP.

SUMÁRIO

1	Introdução	12
1.1	Justificativa	13
1.2	Definição e delimitação do problema	14
1.3	Objetivos	14
1.3.1	Objetivo geral	14
1.3.2	Objetivos específicos	15
1.4	Organização do Trabalho de Conclusão de Curso	15
2	Revisão de literatura	17
2.1	Revisão Conceitual	17
2.1.1	Cadeia de Suprimentos	17
2.1.2	Armazenagem	19
2.1.3	Análise de Decisão	20
2.1.4	Métodos de Apoio à Tomada de Decisão Multicritério (MATDM)	22
2.2	Revisão Bibliométrica	27
2.2.1	Análise Quantitativa	29
2.2.2	Análise Qualitativa	38
2.3	Fechamento do Capítulo	42
3	Método de pesquisa	44
4	Aplicação do <i>FAHP</i> na localização de armazéns	45
4.1	Definição do Problema e Criação da Árvore Hierárquica	45
4.2	Definição da Variável Linguística	47
4.3	Realização das avaliações dos critérios e dos fornecedores	48
4.4	Cálculo do Índice de Consistência (<i>IC</i>) e Relação de Consistência (<i>RC</i>)	53
4.5	Processo de Fuzzificação	54
4.6	Agregação	55
4.7	Defuzzificação e Parametrização das Matrizes de Julgamento	59
4.8	Análise dos Resultados	62
5	Conclusão	65
5.1	Lições Aprendidas	66
5.2	Trabalhos Futuros	66
	Referências	68

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cadeia de suprimentos típica	18
Figura 2 – Exemplo de uma árvore hierárquica para seleção de uma universidade.....	24
Figura 3 - Quantidade de publicações sobre a logística entre 2006 e 2015	29
Figura 4 - Número de publicações por evento - Logística	30
Figura 5 - Porcentagem de publicações por evento - Logística.....	30
Figura 6 - Quantidade de publicações sobre a armazenagem entre 2006 e 2015	31
Figura 7 - Número de publicações por evento - Armazenagem	31
Figura 8 - Porcentagem de publicações por evento - Armazenagem.	32
Figura 9 - Quantidade de publicações sobre localização entre 2006 e 2015	32
Figura 10 - Número de publicações por evento - Localização	33
Figura 11 - Porcentagem de publicações por evento – Localização.....	33
Figura 12 - Quantidade de publicações sobre <i>AHP</i> entre 2006 e 2015	34
Figura 13 - Número de publicações por evento - <i>AHP</i>	34
Figura 14 - Porcentagem de publicações por evento - <i>AHP</i>	35
Figura 15 - Quantidade de publicações sobre <i>Fuzzy AHP</i> entre 2006 e 2015	35
Figura 16 - Número de publicações por evento - <i>Fuzzy AHP</i>	36
Figura 17 - Porcentagem de publicações por evento - <i>Fuzzy AHP</i>	36
Figura 18 - Árvore Hierárquica de Decisão.....	47
Figura 19 - Escala de preferência para os julgamentos reformulada.....	48
Figura 20 - Escala para transformação numérica dos julgamentos realizados	48
Figura 21 – Formato para julgamento par a par dos critérios.....	49
Figura 22 – Novo formato para julgamento par a par dos fornecedores à luz de cada critério	50
Figura 23 – Simulação 1 da comparação par a par dos critérios	51
Figura 24 – Transformação da matriz de julgamento dos critérios em escala numérica.....	51
Figura 25 – Simulação 1 da comparação dos fornecedores em relação ao critério acesso aos modais.....	52
Figura 26 – Transformação da matriz de julgamento dos fornecedores em escala numérica ..	52
Figura 27 – Matriz de julgamento dos critérios para cálculo do <i>IC</i> e <i>RC</i>	53
Figura 28 – Primeira etapa de fuzzificação do julgamentos dos critérios	55
Figura 29 – Matriz <i>fuzzy</i> dos julgamentos dos critérios	56
Figura 30 – Matriz <i>fuzzy</i> dos fornecedores em relação ao critério acesso aos modais.....	57
Figura 31 – Matriz <i>fuzzy</i> dos fornecedores em relação ao critério condições do armazém	57
Figura 32 – Matriz <i>fuzzy</i> dos fornecedores em relação ao critério parceria comercial	57
Figura 33 – Matriz <i>fuzzy</i> dos fornecedores em relação ao critério cobrança de taxa de armazenagem	57
Figura 34 – Matriz <i>fuzzy</i> dos fornecedores em relação ao critério capacidade de armazenagem	58
Figura 35 – Matriz <i>fuzzy</i> dos fornecedores em relação ao critério proximidade com regiões produtoras	58
Figura 36 – Matriz <i>fuzzy</i> dos fornecedores em relação ao critério proximidade com clientes ..	58
Figura 37 - Agregação dos julgamentos dos critérios	59
Figura 38 - Agregação e Defuzzificação dos julgamentos dos critérios	60
Figura 39 – Valores para obtenção do peso global.....	61
Figura 40 - Fornecedores e seus pesos globais.....	62
Figura 41 – Ordenação dos critérios em relação a sua relevância.....	63
Figura 42 - Fornecedores e seus pesos globais ranqueados.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de preferência para os julgamentos.....	24
Tabela 2 – Escala de preferência utilizada nos julgamentos	26
Tabela 3 - Artigos resultantes da combinação de três palavras-chave	38
Tabela 4 - Artigos resultantes da combinação de duas palavras-chave.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Índice Aleatório de Consistência	27
Quadro 2 - Quantidade de artigos obtidos com a combinação das palavras-chaves	37
Quadro 3 - Critérios utilizados nas avaliações	45
Quadro 4 - Justificativa para a escolha dos fornecedores a serem analisados.....	46
Quadro 5 - Obtenção do índice e relação de consistência dos julgamentos dos critérios e fornecedores.....	54
Quadro 6 – Prioridades dos fornecedores em relação à cada critério.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP: Analytic Hierarchy Process;

ENEGEP: Encontro Nacional de Engenharia de Produção;

FAHP: Fuzzy Analytic Hierarchy Process;

ICA: Índice de Consistência Aleatório;

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

IC: Índice de Consistência;

MATDMC: Métodos de Apoio à Tomada de Decisão Multicritérios;

PO: Pesquisa Operacional;

RC: Relação de Consistência.

SBPO: Simpósio Brasileiro de Pesquisa operacional;

SIMPEP: Simpósio de Engenharia de Produção.

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que as empresas necessitam de estratégias para sobreviver, no contexto econômico e globalizado que o mundo está inserido atualmente, de modo a possuírem uma vantagem competitiva que as diferenciem umas das outras. O conceito de estratégia, difundido por Michael Porter, em 1980, foi evoluindo ao longo dos anos e Ovans (2015) afirma que o universo da estratégia pode ser classificado em três grandes áreas:

1. fazer algo novo;
2. melhorar o que a empresa já faz;
3. ter uma rápida e oportunista reação a novas possibilidades.

Após se estabelecer no Brasil, a empresa em estudo – uma multinacional do ramo do agronegócio cuja atividade principal é a comercialização de *commodities* agrícolas – adotou uma estratégia conhecida com *blitzscaling* que, de acordo com Sullivan (2016), é adotada por companhias quando essas precisam crescer em um ritmo muito rápido, ganhando de seus concorrentes em escala. Por outro lado, a empresa perde com ineficiências geradas pelo alto volume de operações decorrentes dos processos. Isso faz com o que o planejamento estratégico dos setores da empresa seja, de certa forma, deficiente. As decisões acontecem de acordo com o surgimento dos problemas e não com a antecipação dos mesmos, causando perda de eficiência e estresse com fornecedores e clientes.

A empresa não possui uma estrutura com uma rede de armazéns próprios no Paraná, há apenas uma localização em Ponta Grossa, região metropolitana de Curitiba. Assim, ela depende exclusivamente de unidades armazenadoras públicas e de seus fornecedores. Além disso, há na área comercial do trigo, da unidade de Maringá-PR, a falta de um processo metodológico bem estruturado para a tomada de decisão em relação a qual estratégia tomar para armazenagem dos grãos de trigo das novas safras paranaenses. Esse tipo de decisão é estratégica e pode vir a garantir uma vantagem competitiva à empresa no longo prazo. Além disso, as consequências de uma decisão errada são a perda de oportunidade de venda, altos custos de movimentação e de armazenagem.

Dessa forma, faz-se necessário a aplicação de um método de apoio à tomada de decisão multicritério (MATDM) para classificar os armazéns mais aptos de acordo com os critérios de seleção, auxiliando assim, a criação de uma estratégia adequada de uma rede de fornecedores. Um método muito utilizado para a determinação da localização de instalações, com contexto empresarial, é o *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, que trabalha com base em estrutura hierárquica e avaliação de especialistas.

Neste trabalho, pretende-se utilizar uma variante deste método, que consiste no *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)*, ou Método de Análise Hierárquica *Fuzzy*, uma vez que este tem como característica a minimização da subjetividade por parte dos tomadores de decisão que realizam as etapas de avaliação.

1.1 Justificativa

A razão de existir desse projeto é de fornecer a uma empresa, do setor do agronegócio cujas atividades estão voltadas à *trading de commodities*, uma abordagem de auxílio ao processo de tomada de decisão em relação a qual estratégia de armazenagem de trigo tomar para as próximas safras no estado do Paraná. Este método, caso introduzido à cultura organizacional da empresa, pode auxiliar no processo de estruturação das decisões que a mesma realiza, possibilitando uma melhor elaboração do seu planejamento estratégico. Dessa forma, é possível definir uma rede de armazéns que possibilite uma boa cobertura para distribuição do trigo no Paraná e em estados vizinhos, criar parcerias com fornecedores e identificar riscos e oportunidades. Além de diminuir a lacuna empírica que a firma em estudo possui, este projeto tem contribuição para o meio acadêmico, pois fornece uma descrição detalhada da utilização do método *FAHP* e exemplifica uma aplicação em uma empresa do setor agrícola.

Esta pesquisa tem um grande potencial metodológico para as empresas da área de *trading de commodities*, pois o processo pode ser replicado inúmeras vezes e se adequar às necessidades e realidade dos fornecedores, empresas e clientes. Além disso, empresas de outros setores podem fazer o uso deste trabalho para adaptar os problemas que enfrentam e melhorar seu processo de tomada de decisão.

1.2 Definição e delimitação do problema

Este estudo foi realizado em uma empresa de *trading de commodities* com escritório em Maringá-PR. As regiões produtoras e fornecedores estudados são do estado do Paraná e os clientes são do portfólio atual da empresa, sendo que alguns podem ser clientes em potencial.

Como dito anteriormente, a empresa em estudo, pelo fato do rápido crescimento e o grande volume de operações, sofre com a falta de um planejamento estratégico em relação ao armazenamento de trigo no estado do Paraná. Este trabalho utiliza dados do setor em questão para modelar um problema que visa diagnosticar a situação atual da empresa, no qual são identificados, dentre um conjunto de armazéns, os mais aptos de acordo com os critérios de seleção definidos. O modelo desenvolvido deve aproveitar a proximidade com as regiões produtoras e/ou a oportunidade de negócio com clientes.

1.3 Objetivos

Este projeto tem um objetivo geral, que mostra o intuito principal do trabalho, e vários específicos, que nada mais são que o detalhamento do objetivo geral para exibir como este será atingido.

1.3.1 Objetivo geral

Classificar os armazéns mais aptos para armazenagem de trigo utilizando o método *FAHP* e considerando o portfólio de uma empresa de *trading de commodities* que atua no estado do Paraná.

1.3.2 Objetivos específicos

Desmembrando o objetivo geral, têm-se os objetivos específicos:

- Realizar uma revisão de literatura sobre a cadeia de suprimentos do trigo, a logística com foco na armazenagem e métodos multicritérios de apoio à tomada de decisão;
- Analisar e identificar as regiões produtoras de trigo do Paraná e dos clientes potenciais no Paraná e de outros estados;
- Definir os critérios mais relevantes na análise de um armazém com especialistas do setor;
- Definir os fornecedores em estudo utilizando o portfólio da empresa;
- Modelar o problema utilizando as premissas de Métodos de Apoio à Tomada de Decisão Multicritérios (MATDMC);
- Implementar o modelo *Fuzzy AHP*;
- Analisar os resultados obtidos;
- Interpretar os resultados face ao problema da empresa em questão.

1.4 Organização do Trabalho de Conclusão de Curso

Após os capítulos introdutórios, segue-se a lógica que começa com a revisão da bibliografia, dividida em revisão de literatura – na qual são relatados temas que irão facilitar o entendimento deste estudo, tais como, cadeia de suprimentos, armazenagem e análise de decisão – e revisão bibliométrica – que consiste em uma busca metodológica, em Anais de eventos científicos nacionais, com o objetivo de verificar a quantidade e qualidade das publicações que são relacionadas a este trabalho. Posteriormente, é definida a classificação deste trabalho de acordo com as suas características e o método de pesquisa é especificado. O próximo capítulo é a aplicação do *FAHP* na localização de armazéns, que dará ênfase à adaptação do problema ao método *FAHP* e os resultados obtidos serão comentados. Por fim, será feita uma retomada de todos os aspectos importantes na conclusão e porque eles afetam

os resultados deste trabalho. Além disso, serão especificadas as lições aprendidas e recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura deste trabalho é dividida em duas partes. Na primeira, que é a revisão conceitual, relatam-se o que os principais autores de suas áreas de pesquisa afirmam sobre determinados temas, como a cadeia de suprimentos, armazenagem, a análise de decisão e seus métodos de apoio. Espera-se que o entendimento do desenvolvimento seja facilitado pelas explicações dadas neste capítulo. A segunda é a revisão bibliométrica, que consiste de uma busca metodológica por palavras-chaves em Anais de três eventos nacionais. Com isso, é possível avaliar a quantidade e qualidade das publicações relacionadas aos temas explicitados na revisão de literatura.

2.1 Revisão Conceitual

Os capítulos 2.1.1 ao 2.1.4 têm como objetivo a descrição dos conceitos necessários para o desenvolvimento e que darão uma base conceitual sobre o que se trata neste estudo, tomando como apoio as principais publicações literárias acerca dos temas em análise. Serão apresentados os conceitos sobre cadeia de suprimentos, qual a importância da melhoria de suas operações, quais são as funções e categorias da armazenagem, como se deve lidar com problemas complexos que exigem decisões confiáveis e certas, o que são os métodos de apoio à tomada de decisão multicritério e como funcionam dois desses dois métodos, o *AHP* e o *FAHP*.

2.1.1 Cadeia de Suprimentos

Segundo Novaes (2015), a cadeia de suprimentos é uma evolução da logística, sendo essa segunda considerada, erroneamente, como sendo responsável apenas pelo transporte e armazenagem de bens de uma empresa. No entanto, acredita-se que a logística agrega valor de lugar – quando o produto chega ao consumidor –, de tempo – entregar o produto dentro do

prazo estipulado –, de qualidade – o produto está livre de avarias – e de informação – a empresa fornece informações como rastreabilidade ao consumidor.

Ballou (2010) complementa Novaes (2015) e afirma que a logística é responsável pela “disponibilização de bens e serviços aos consumidores quando e onde estes quiserem adquiri-los”. Além disso, ela é parte constituinte da cadeia de suprimentos

De acordo com Chopra e Meindl (2011), uma cadeia de suprimentos consiste basicamente de cinco atores: clientes, varejistas, atacadistas ou distribuidores, fabricantes e fornecedores de matéria-prima. Porém essa configuração varia dependendo do ramo em que a empresa está inserida e todos os atores estão envolvidos, de alguma forma, para atender o mercado. Os mesmos autores alegam que uma cadeia de suprimentos é, na verdade, uma rede de suprimentos, pois, normalmente, existem diversos dos atores citados anteriormente e que esses se configuram das mais variadas formas possíveis dentro de um contexto empresarial e industrial. Por exemplo, se uma empresa tem várias linhas de produtos diferentes, cada uma delas terá uma configuração de cadeia específica. Dessa forma, quando se olha no todo, percebe-se a existência de uma rede, na qual os atores interagem entre si de diversas maneiras.

Novaes (2015) caracteriza uma cadeia de suprimentos típica, mostrada na Figura 1.

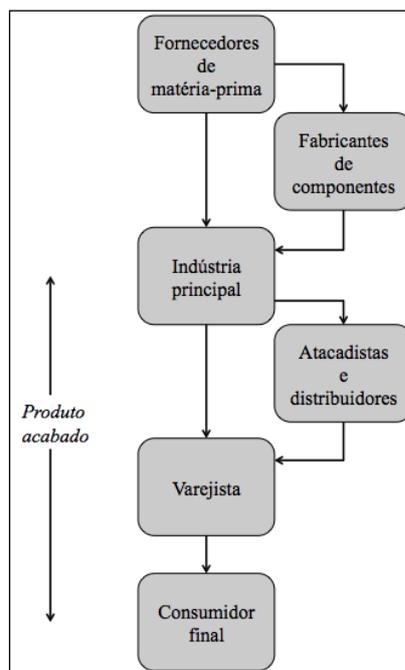


Figura 1 - Cadeia de suprimentos típica

Fonte - Adaptado de Novaes (2015).

Ballou (2010), bem como Chopra e Meindl (2011), trazem à discussão os termos gerenciamento ou gestão da cadeia de suprimentos, nos quais as atividades dessa área interagem com outros departamentos funcionais (produção, comercial, marketing e entre outros) e ultrapassam as fronteiras da empresa por meio da cooperação com os atores externos. Assim, é possível obter um gerenciamento eficiente das estruturas, materiais e informações, com o intuito de agregar o máximo de valor ao produto ou serviço que é oferecido ao cliente.

Uma boa gestão da cadeia de suprimentos é extremamente importante em relação à estratégia empresarial e à vantagem competitiva, pois além dos custos logísticos serem reduzidos, a empresa ganha em oportunidade de venda, aumento dos lucros e do *market share* (BALLOU, 2010).

Novaes (2015) relata que as principais características do gerenciamento da cadeia de suprimentos são o foco na satisfação do cliente, a formação de parcerias entre os atores da cadeia, abertura e troca de informações e estratégias entre os mesmos, e no estudo de novos métodos para agregar valor ao cliente, reduzindo custos e aumentando a eficiência.

Como descrito, a gestão da cadeia de suprimentos engloba todas as atividades logísticas. Dentro dessas atividades, existe uma com um interesse em particular para o desenvolvimento deste estudo, que é a armazenagem. No próximo capítulo será exposto o que ela é e quais são suas funções e categorias.

2.1.2 Armazenagem

Para Bowersox *et al.* (2014), a armazenagem é uma das operações logísticas e sempre será associada ao menos uma das três principais áreas funcionais: o processamento de pedidos, estoques e transportes. Para os mesmos autores, essa operação era realizada, antigamente, apenas como forma de armazenar os itens por um certo período de tempo. Atualmente, os depósitos são utilizados estrategicamente, pois possuem atividades que agregam valor ao produto e atendem o cliente final. Os autores ainda afirmam que um depósito só será viável se ele vier a melhorar os resultados monetários e de prestação de serviço.

Ballou (2012) relata que existem quatro funções na armazenagem. São elas:

- i. Abrigo de produtos: utilizados para manter produtos de modo a reduzir as consequências negativas em relação à variabilidade da demanda dos clientes;
- ii. Consolidação: produtos de locais diferentes chegam a um ponto em comum, são consolidados e seguem a um destino específico;
- iii. Transferência e transbordo: produtos são transportados a um depósito, as cargas são repartidas em quantidades menores que seguem para destinos diferentes. A principal diferença entre transferência e transbordo é que o segundo é apenas um terminal de movimentação onde não existe o armazenamento dos produtos;
- iv. Agrupamento: quando a empresa entrega os produtos acabados a um depósito em vez de direto ao cliente.

Quanto à classificação dos depósitos, Ballou (2012), Bowersox *et al.* (2014) e Bowersox e Closs (2010) afirmam que eles podem ser separados em quatro categorias:

1. Próprios: quando a própria empresa é responsável pela administração do depósitos;
2. Independentes ou públicos: a empresa contrata o serviço de um depósito que seja público;
3. Terceirizados ou contratados: uma firma privada é detentora do espaço físico e fica responsável pela administração das operações logísticas que a empresa contrata;
4. Distribuição em rede: quando a empresa utiliza depósitos de diferentes categorias para criar uma rede.

Os autores ainda classificam os tipos de armazéns como sendo de *commodities*, produtos ou mercadorias gerais, refrigerados ou frigorificados, alfandegados e utilidades domésticas e móveis residenciais.

Como o gerenciamento da cadeia de suprimentos busca a otimização de suas operações, nada mais lógico do que fazer-se uso de técnicas e métodos para melhorá-las. Dessa forma, é possível utilizar a Pesquisa Operacional (PO) como ferramenta para modelar e resolver problemas complexos de diversas áreas. No próximo capítulo, descreve-se como o processo decisórios normalmente é feito e dois métodos de apoio à tomada de decisão são explicados.

2.1.3 Análise de Decisão

Existe, no Brasil, uma classificação quanto às áreas e subáreas de conhecimento da Engenharia de Produção, feita pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção

(ABEPRO). Graças à tal categorização, é sabido que a subárea de processos decisórios está dentro da grande área da Pesquisa Operacional.

De acordo com Hillier e Lieberman (2013), a PO trata da “condução e coordenação de operações em uma organização”. Como as organizações estão inseridas em diversos setores e se sustentam em suas operações, a PO tem uma extensa área de aplicação. Ainda segundo os autores, ao se estudar um problema que será resolvido utilizando-se a PO, deve-se definir claramente o problema e o que se deseja obter com a sua solução, observá-lo e o formular matematicamente, resolvê-lo por meio de métodos computacionais, validá-lo e, caso necessário, propor mudanças, e por fim, implementar o resultado obtido. Seguindo esses passos, será possível encontrar o melhor resultado levando em consideração a situação atual do problema, suas restrições, objetivos e parâmetros. Ainda assim, é necessário frisar que a PO é uma ferramenta de apoio à tomada de decisão, que depende da qualidade das informações imputadas no processo de resolução do problema e que fornece uma resposta que dever ser criteriosamente analisada pelos tomadores de decisão.

Hillier e Lieberman (2013), Render *et al.* (2010), Taha (2003) e Winston (2004) separam um capítulo específico para o tópico da análise de decisão em seus livros. Tal fato ocorre pois raramente as decisões são tomadas em um ambiente em que se tenha absoluta certeza da situação de seus constituintes (HILLIER e LIBERMAN, 2013).

Taha (2003) categoriza, em três, a forma que a tomada de decisão é feita: sob certeza, sob risco e sob incerteza. Na primeira, é possível definir os dados utilizados deterministicamente, na segunda, eles são descritos em probabilidades e na última não se consegue colocar em números a importância de determinados dados. Por outro lado, Render *et al.* (2010) afirmam que, na primeira se sabe exatamente quais são as consequências da decisão, na segunda consegue-se estabelecer com confiança quais são as probabilidades para os vários resultados possíveis e na última não é possível quantificar a probabilidade dos resultados dentro de cada alternativa. Gomes e Gomes (2012) ainda adicionam uma condição extra a essas citadas anteriormente, que é a decisão em condições de competição ou conflito, ou seja, o processo decisório depende exclusivamente das ações tomadas por dois ou mais responsáveis pela resolução do problema.

Diversos métodos para resolução de problemas realizados sob certeza, risco e incerteza são relatados na literatura. Dentre eles, citam-se o Maximax, Maximin, Valor Monetário Esperado, Árvore de Decisão, Análise de Sensibilidade e o *AHP*. Cada método é

recomendado para uma determinada situação, porém todos eles são processos racionais para escolher a melhor alternativa dentro de uma série de opções (TAHA, 2003).

2.1.4 Métodos de Apoio à Tomada de Decisão Multicritério (MATDM)

Como já citado anteriormente, o processo de escolher uma alternativa entre uma gama de opções pode ser bastante difícil pelo fato das incertezas inerentes ao problema em análise existirem. Para sanar esse problema, surgiram os métodos de apoio à tomada de decisão, sustentados pela PO, como a modelagem matemática de um sistema utilizando a programação linear. Dentre eles, existem os métodos multicritério que resolvem problemas onde os critérios são conflitantes e o julgamentos são subjetivos (GOMES e GOMES, 2012).

Kahraman *et al.* (2008) especificam que existem dois tipos de problemas que envolvem tomada de decisão multicritério. Os primeiros são classificados como tomada de decisão multiatributo (TDMA) e os segundos são conhecidos como tomada de decisão multiobjetiva (TDMO).

Os problemas multiatributos são os mais conhecidos na literatura, pois possuem inúmeras aplicações. Neles, um número limitado de alternativas, que serão ranqueadas de acordo com os critérios estabelecidos no estudo, é definido. Os principais métodos utilizados para resolução de problemas com essa características são o *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, *Analytic Network Process (ANP)*, *Elimination et Choix Traduisant la Réalité (ELECTRE)*, *Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations (PROMETHEE)*, *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)* e o *Fuzzy AHP*. Já para os problemas multiobjetivos, os julgamentos são feitos por meio de funções contínuas e as alternativas, que são infinitas, são escolhidas de acordo com a resposta que elas dão em face aos objetivos, tendo como base o que o tomador de decisão deseja atingir (proximidade de um ponto em certo tempo, maior número de objetivos satisfeitos) (KAHRAMAN, 2008).

Gomes e Gomes (2012) afirmam que os MATDM:

“tem como princípio buscar o estabelecimento de uma relação de preferências (subjetivas) entre as alternativas que estão sendo avaliadas/priorizadas/ordenadas sob a influência de vários critérios, no processo de decisão”.

As características presentes na utilização dos MATDM são que, normalmente, os problemas são complexos, existem vários *stakeholders* dentro do processo que irão fazer os julgamentos de acordo com sua experiência e vivência, sabe até onde é possível ser objetivo e em quais fases passam-se a incorporar a subjetividade das pessoas, e que se parte do zero para resolução do problema (nada está claro, não se sabe quais são os objetivos, critérios e alternativas) (GOMES E GOMES, 2012).

Como citado anteriormente, existem diversos métodos para resolução de problemas multicritérios. Este estudo é focado em dois deles, o *AHP* e o *Fuzzy AHP*.

2.1.4.1 Analytic Hierarchy Process (AHP)

Taha (2003) classifica o *AHP* como sendo um método de tomada de decisão sob certeza e afirma que seu objetivo é priorizar as alternativas ranqueadas por meio de julgamentos subjetivos, que são quantificados a partir da experiência do tomador de decisão.

Criado por Thomas L. Saaty na década de 70, esse método é desenvolvido seguindo algumas etapas básicas, descritas em Saaty (2008) e em Taha (2003). São essas:

- a) Definição do problema;
- b) Construção da árvore hierárquica, sendo que o topo é o objetivo da decisão, as partes intermediárias são os critérios e na base se encontram as alternativas. A Figura 2 mostra uma árvore para selecionar uma universidade, levando em consideração os critérios localidade e reputação, com as alternativas Universidade A, Universidade B e Universidade C;

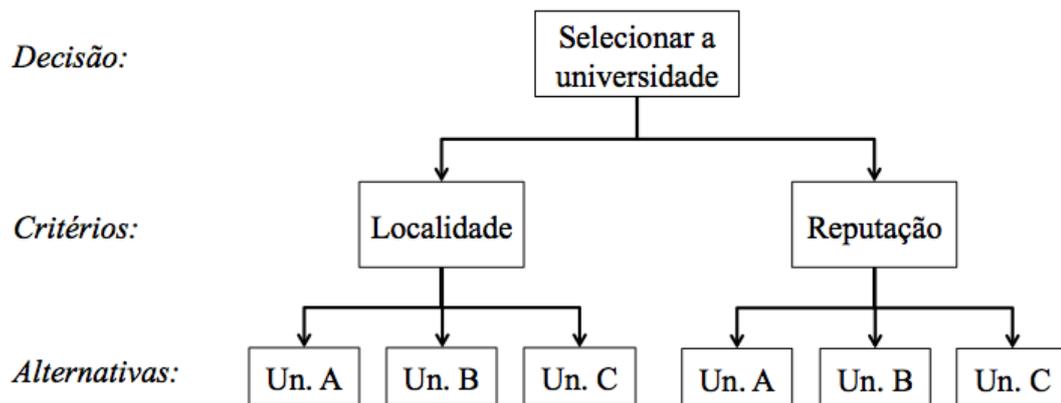


Figura 2 – Exemplo de uma árvore hierárquica para seleção de uma universidade

Fonte – Taha (2003).

- c) Construir as matrizes de julgamento paritário para determinação dos pesos das alternativas em relação aos critérios e dos critérios em relação ao objetivo. Nesta etapa utiliza-se a escala de preferência numérica de Saaty (2008), visualizada na Tabela 1. Posteriormente, realiza-se a multiplicação entre os pesos obtidos para que se possa determinar a melhor alternativa dentro do contexto do problema.

Tabela 1 - Escala de preferência para os julgamentos

Escala Verbal	Valor Correspondente
A tem mesma importância que B	1
A tem importância moderada sobre B	3
A tem importância forte sobre B	5
A tem importância muito forte sobre B	7
A tem importância extrema sobre B	9
Valores intermediários	2, 4, 6, 8.

Fonte - Adaptada de Saaty (2008).

- d) Calcular a consistência das comparações em todas as matrizes por meio das equações (1), (2) e (3), conhecidas como, índice de consistência (*IC*), índice de consistência aleatório (*ICA*) e relação de consistência (*RC*), respectivamente;

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

$$ICA = \frac{1,98(n - 2)}{n} \quad (2)$$

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

Nas quais, n é a ordem da matriz ($n \times n$) e n_{max} é obtido por meio da multiplicação da matriz de julgamento com o seu vetor peso, resultante da etapa anterior. Para Taha (2003), o RC deve ser de no máximo 0,1 ou 10%, caso contrário, é recomendado que o tomador de decisão revise os julgamentos realizados. É importante dizer que o RC pode ser calculado ao mesmo tempo em que os julgamentos são feitos.

Com todas essas etapas concluídas, o tomador de decisão tem ao seu alcance as alternativas com as melhores respostas em relação aos critérios e ao foco principal, e consegue verificar se seus julgamentos são consistentes. Caso tais valores estejam dentro do limite, é possível realizar a decisão de acordo com os pesos.

2.1.4.2 Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)

Kahraman *et al.* (2008) afirmam que a lógica *fuzzy* foi introduzida no método *AHP* por dois motivos que estão conectados entre si, o primeiro é que os tomadores de decisão, normalmente, acham que os julgamentos serão mais confiáveis ao se utilizar uma faixa de valores em vez de um único número e o segundo é que tal lógica minimiza a subjetividade e a imprecisão do julgamentos paritários.

Lima Jr. (2013) utilizou o *Fuzzy AHP* e o *Fuzzy TOPSIS* para resolver o problema de seleção de fornecedores. Em seu estudo, o autor fez uma comparação entre os dois métodos, com o intuito de determinar se os resultados de um diferem do outro. Os passos utilizados na implementação do *Fuzzy AHP* em Lima Jr. (2013) serão brevemente relatados na sequência. São eles:

- a) Construção da árvore hierárquica, especificando o objetivo, os critérios e as alternativas;

- b) Definir as variáveis linguísticas, associando-as ao seu número correspondente, escrito na forma *fuzzy* triangular. A Tabela 2 mostra a escala especificamente utilizada por esse autor.

Tabela 2 – Escala de preferência utilizada nos julgamentos

Variável Linguística	Número <i>fuzzy</i>	Valor <i>fuzzy</i>
Igualmente preferido (I)	(l_I, m_I, u_I)	(1, 1, 3)
Moderadamente preferido (M)	(l_m, m_m, u_m)	(1, 3, 5)
Fortemente preferido (F)	(l_f, m_f, u_f)	(3, 5, 7)
Muito fortemente preferido (MF)	(l_{mf}, m_{mf}, u_{mf})	(5, 7, 9)
Absolutamente preferido (A)	(l_a, m_a, u_a)	(7, 9, 9)

Fonte - Adaptada de Lima Jr. (2013).

- c) Realizar as avaliações para os critérios à luz do objetivo e das alternativas à luz dos critérios utilizando as variáveis linguísticas da Tabela 2.
- d) Calcular o índice de consistência para verificar se os julgamentos são consistentes por meio das equações (4) e (5), que transformam um número *fuzzy* em *crisp* (um número em vez de uma faixa de valores) e índice de consistência (*IC*), respectivamente.

$$M_{crisp} = \frac{(4 + l + m + u)}{6} \quad (4)$$

$$IC = \frac{\lambda - n}{(n - 1) * ICA} \quad (5)$$

Em que n é a ordem da matriz, λ é autovalor máximo e ICA é o índice aleatório de consistência, dado pelo Quadro 1. A relação de consistência é encontrada de acordo com a equação 3 e deve ser no máximo 0,1 ou 10% (TAHA, 2003).

- e) Parametrizar as matrizes obtidas nas etapas anteriores e de acordo com o pesos obtidos, decidir pela(s) melhor(es) opção(ões).

Quadro 1 - Índice Aleatório de Consistência

<i>N</i>	<i>ICA</i>
3	0,52
4	0,89
5	1,11
6	1,25
7	1,35
8	1,40
9	1,45

Fonte – Adaptado de Lima Jr. (2013).

Os autores relatados na revisão conceitual são referência em suas áreas de pesquisa e bem difundidos na literatura. No entanto, a transmissão de conhecimento não se restringe apenas a tais especialistas. Os eventos e revistas científicas agregam as publicações e estudos sobre diversos temas de pesquisa, assim, são um ótimo meio para se realizar buscas com o intuito de aperfeiçoar as pesquisas sobre uma determinada área de conhecimento. Além disso, eles fornecem artifícios para que se possa analisar inúmeras variáveis sobre um certo assunto. Esse processo metodológico de análise é conhecido como revisão bibliométrica e seus resultados são de fundamental importância para identificar indicadores como tendências, evoluções, quantidades de publicações, e entre outros. O próximo capítulo detalha a revisão bibliométrica realizada com as palavras-chaves relacionadas à revisão conceitual.

2.2 Revisão Bibliométrica

De acordo com Ravelli *et al.* (2009), a revisão bibliométrica é uma ferramenta para criar indicadores sobre as publicações de um determinado tema por meio de um estudo quantitativo de bases literárias em geral. Essa metodologia objetiva medir a produção científica para que se possa analisar quais são os padrões, as relações, produtividade e qualidade das publicações e autores. Macedo *et al.* (2010) afirmam que a revisão bibliométrica é “um método planejado para responder a uma pergunta específica, e que possibilita coletar, selecionar e analisar criticamente os estudos”.

Dessa forma, para se responder a pergunta: “Existem publicações, nos periódicos, sobre a seleção de armazéns para armazenagem de bens utilizando a ferramenta *FAHP* no Brasil?”, optou-se por realizar uma revisão bibliométrica nos Anais dos principais eventos nacionais da Engenharia de Produção: Encontro Nacional da Engenharia de Produção (ENEGEP), Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP) e Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO). O período considerado na pesquisa foi dos anos 2006 ao 2015. As palavras-chaves foram: “logística”, “armazenagem”, “localização”, “AHP” e “Fuzzy AHP”, e as combinações entre essas quatro.

O primeiro passo consiste em pesquisar nos Anais dos eventos e fazer uma busca com as palavras-chaves citadas anteriormente. O primeiro diretório a ser utilizado foi os Anais do ENEGEP. Neles, o resultado é baseado nas palavras-chaves escolhidas pelos autores e se o que está sendo buscado se encontra no resumo das publicações. Dessa forma, seguiu-se esse procedimento para a busca no SIMPEP e SBPO. As limitações encontradas nesse processo foram:

- Diferenças nos procedimentos de pesquisa dos três Anais;
- A busca nos Anais de 2006 do ENEGEP não estava funcionando;
- Não é possível fazer buscas por palavras-chaves nos Anais de 2006 do SIMPEP;
- A pesquisa no SBPO é geral, não focada apenas no resumo ou palavras-chaves escolhidas pelos autores. Então, decidiu-se por utilizar apenas as categorias Logística e Transporte (L&T), e Apoio à Decisão Multicritério (ADM). Posteriormente realizou-se uma pesquisa pelas palavras citadas anteriormente;
- A ferramenta de busca tanto do SIMPEP quanto do SBPO não permite duas ou mais palavras a serem pesquisadas, o que impossibilitou a combinação das palavras-chaves.

Dentro do contexto previamente estabelecido, iniciam-se as etapas de levantamento das publicações e leitura aprofundada das mesmas. Dessa forma, a revisão bibliométrica foi dividida em duas análises, uma quantitativa, em que se busca levantar valores numéricos em relação à quantidade de publicações por ano, por evento e outras variáveis de interesse utilizando as palavras-chave definidas e a combinação das mesmas, e outra qualitativa, na qual se analisa com maior profundidade as publicações obtidas da primeira etapa, com o intuito de identificar padrões, quais foram as aplicações e os resultados obtidos.

2.2.1 Análise Quantitativa

Essa análise consiste em fazer a busca pelas palavras-chaves nos diretórios definidos pelos autores e realizar a combinação das mesmas, de modo a restringir a pesquisa para que se possa verificar se já existe algum artigo relacionado a este estudo.

Primeiramente, optou-se por realizar as pesquisas por palavras-chaves sozinhas com o intuito de se analisar a quantidade de publicações acerca de cada tema. Posteriormente, faz-se a combinação de até quatro palavras para restringir o espaço de busca.

Os resultados da análise quantitativa estão descritos entre os capítulos 2.2.1.1 e 2.2.1.6.

2.2.1.1 Logística

A primeira palavra a ser pesquisada foi a logística, que é uma das áreas onde este estudo está incluído. Pela Figura 3, nota-se que existe uma grande quantidade de publicações que tem a logística em seus resumos ou em palavras-chaves. É importante dizer que 2006 está com o número reduzido, pois não foi possível realizar a busca nos Anais do ENEGEP para esse ano. O número de publicações se manteve praticamente constante entre 2007 e 2015, apenas com um pico em 2012. De acordo coma Figura 3, pode-se perceber o grande número de publicações acerca do tema da logística, o que mostra que existe um esforço grande para melhorar as atividades relacionadas a essa área de estudo.

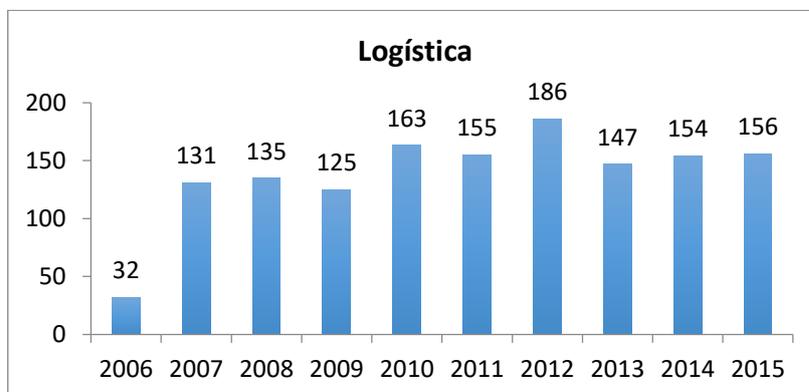


Figura 3 - Quantidade de publicações sobre a logística entre 2006 e 2015

Fonte - Autor (2016).

Estratificando a Figura 3, é possível descobrir qual é o evento com maior número de publicações sobre a logística. A Figura 4 mostra que o ENEGEP foi o maior contribuinte.

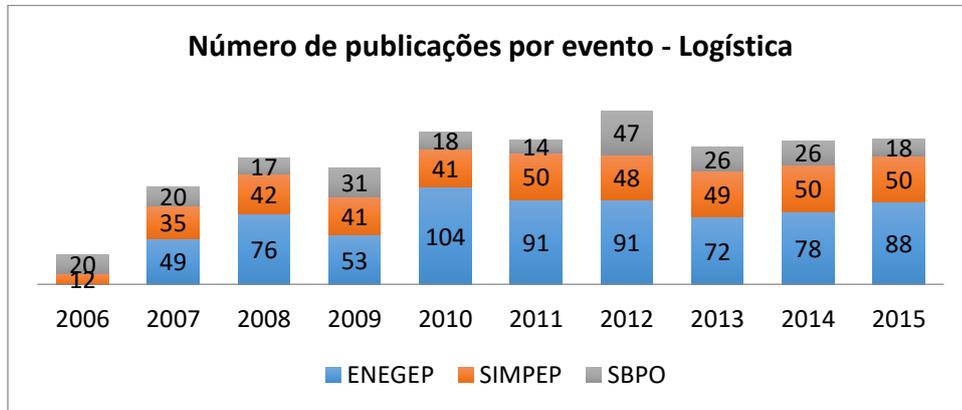


Figura 4 - Número de publicações por evento - Logística

Fonte - Autor (2016).

O gráfico de pizza na Figura 5 confirma que o ENEGEP é o evento com maior número de publicações sobre logística.



Figura 5 - Porcentagem de publicações por evento - Logística

Fonte - Autor (2016).

2.2.1.2 Armazenagem

Para a palavra-chave armazenagem, tem-se a Figura 6 que mostra a distribuição das publicações ao longo dos anos.

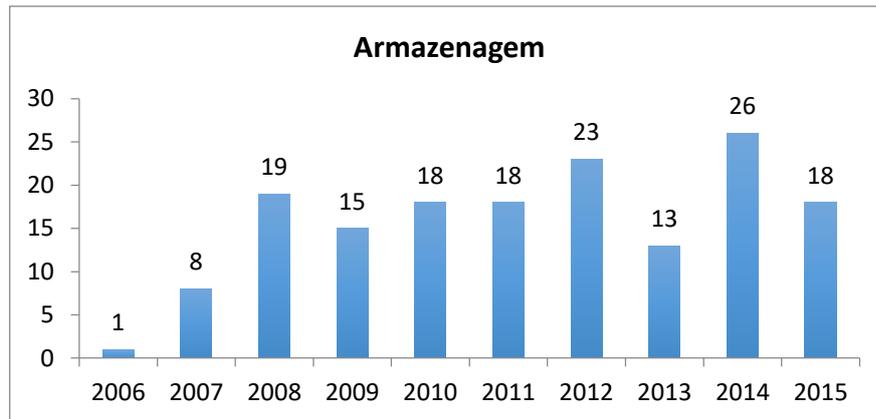


Figura 6 - Quantidade de publicações sobre a armazenagem entre 2006 e 2015

Fonte - Autor (2016).

Para a armazenagem, o evento SBPO tem uma representação quase nula, apenas com uma publicação em 2012. Nota-se a distribuição da quantidade de artigos por evento em cada ano na Figura 7.

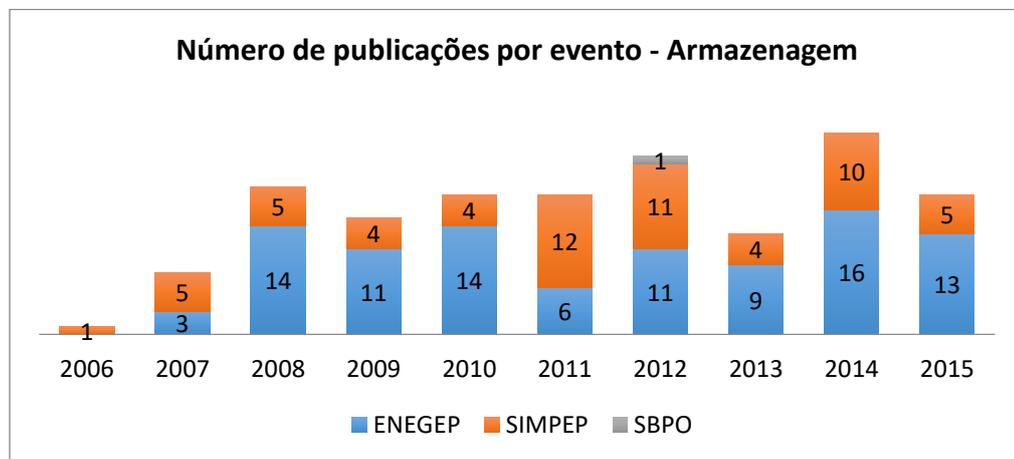


Figura 7 - Número de publicações por evento - Armazenagem

Fonte - Autor (2016).

Da mesma forma, o principal evento para publicações relacionadas à armazenagem é o ENEGEP, com 61% do total. A Figura 8 mostra a porcentagem em relação aos outros eventos utilizados.

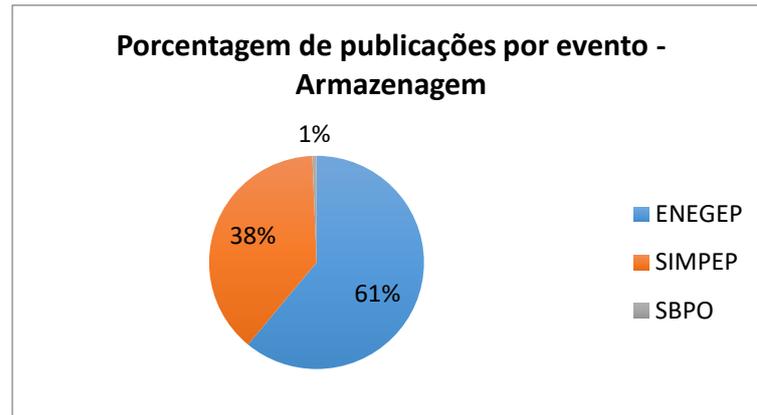


Figura 8 - Porcentagem de publicações por evento - Armazenagem.

Fonte - Autor, 2013.

2.2.1.3 Localização

Decidiu-se por utilizar a localização como palavra-chave pois, por mais que não se deseje localizar os armazéns em si, o estudo sobre as localizações dos mesmos podem ser de bom proveito para este projeto. A Figura 9 apresenta as publicações sobre qualquer tipo de localização entre 2006 e 2015.

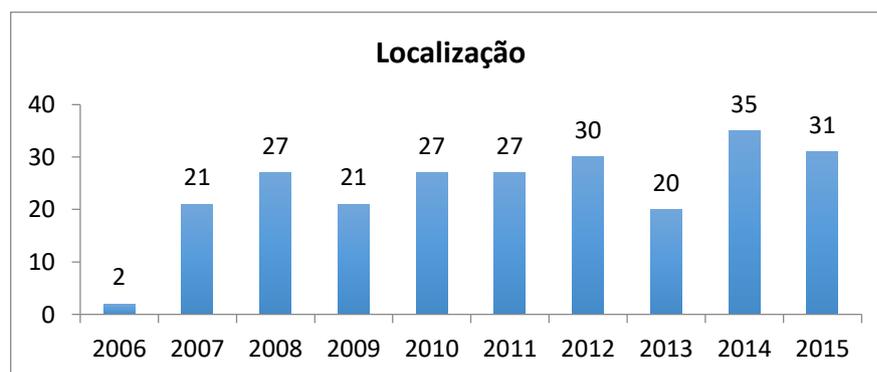


Figura 9 - Quantidade de publicações sobre localização entre 2006 e 2015

Fonte - Autor (2016).

Da mesma forma que para a logística e a armazenagem, estratificou-se a quantidade para que se pudesse definir qual a representatividade de cada evento para essa palavra-chave. A Figura 10 mostra que o ENEGEP teve o maior número de publicações acerca do tema de localização.

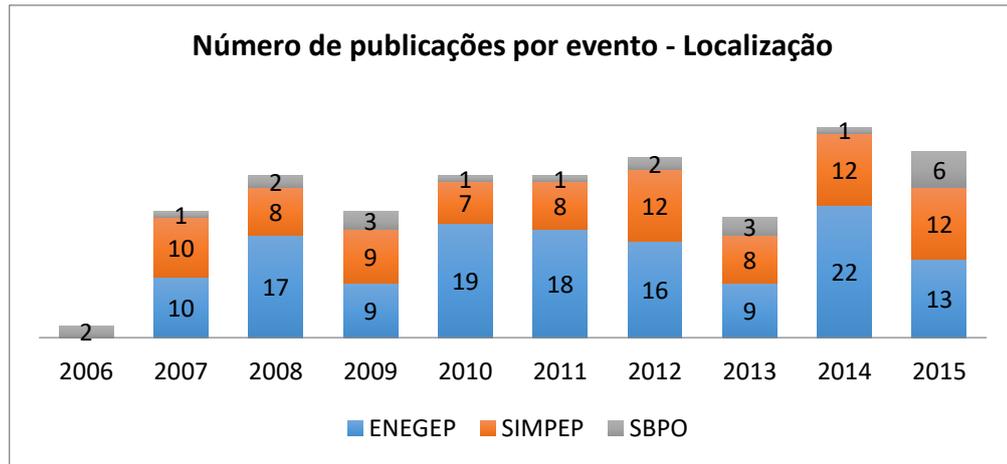


Figura 10 - Número de publicações por evento - Localização

Fonte - Autor (2016).

Para se confirmar a representatividade do ENEGEP, elaborou-se a Figura 11 que mostra as porcentagens sobre localização para cada evento.



Figura 11 - Porcentagem de publicações por evento – Localização

Fonte - Autor (2016).

2.2.1.4 AHP

Partindo para a ferramenta que será utilizada para resolução do problema deste projeto, primeiramente foram pesquisadas as publicações relacionadas ao *AHP*, pois elas podem ser utilizadas de alguma forma no desenvolvimento deste estudo, a definição dos critérios é um exemplo.

Nota-se um avanço na utilização desse método para resolução de problemas. Em 2006, apenas 4 publicações utilizaram o *AHP*, enquanto que em 2015, 24 fizeram o uso desse método. Tais dados podem ser visualizados na Figura 12.

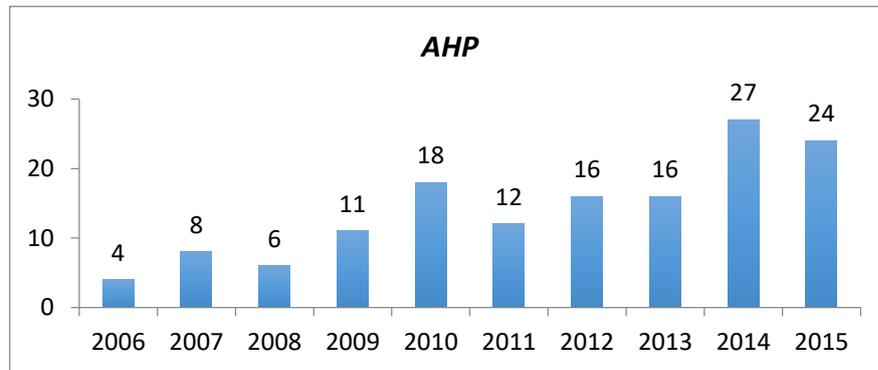


Figura 12 - Quantidade de publicações sobre *AHP* entre 2006 e 2015

Fonte - Autor (2016).

Novamente, o ENEGEP se confirma como sendo o evento com maior número de publicações. Ficando atrás do SIMPEP apenas em 2011 e 2013. A Figura 13 apresenta essa distribuição ao longo dos anos.

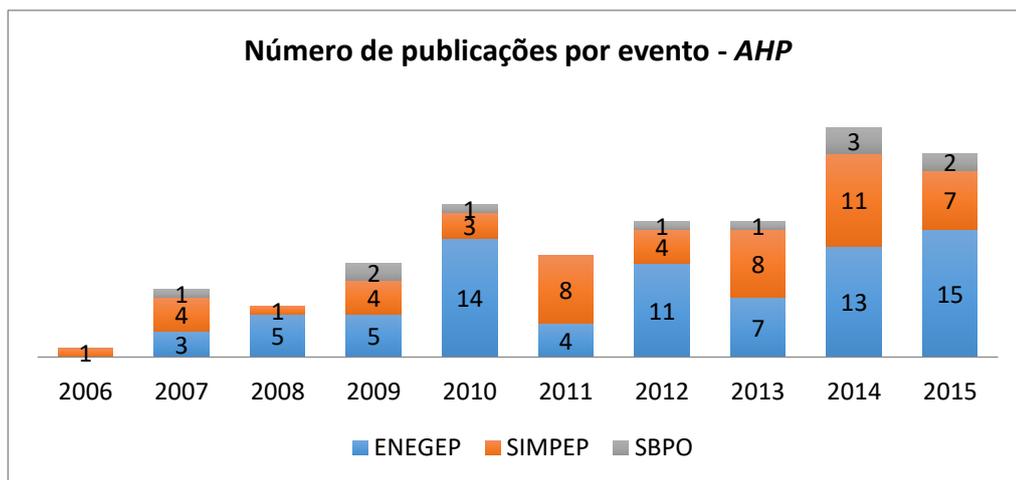


Figura 13 - Número de publicações por evento - *AHP*

Fonte - Autor (2016).

De modo a confirmar que o ENEGEP possui a maior porcentagem de publicações, elaborou-se o gráfico da Figura 14, que mostra a representação de cada evento em relação às publicações que utilizaram o *AHP* para resolver algum problema.

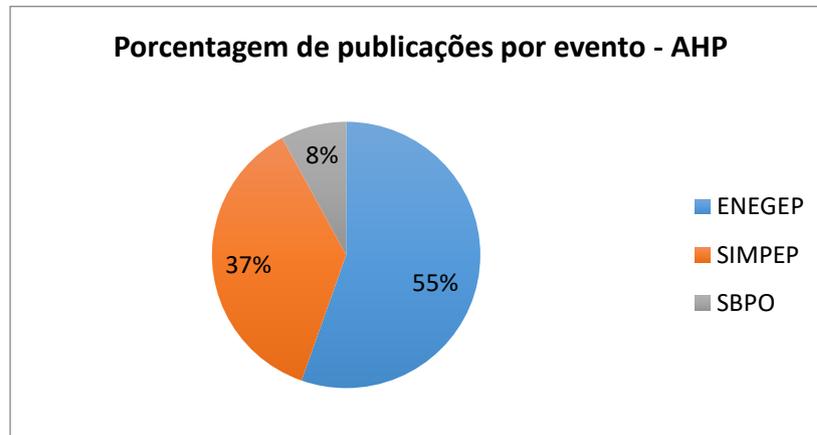


Figura 14 - Porcentagem de publicações por evento - *AHP*

Fonte - Autor (2016).

2.2.1.5 FUZZY AHP

Como o método a ser utilizado neste projeto é o *Fuzzy AHP*, buscou-se verificar a utilização do mesmo em publicações nos eventos em análise. Pela Figura 15, nota-se que o uso do *Fuzzy AHP* é muito baixo, apenas quatro artigos entre 2006 e 2015 o utilizaram.

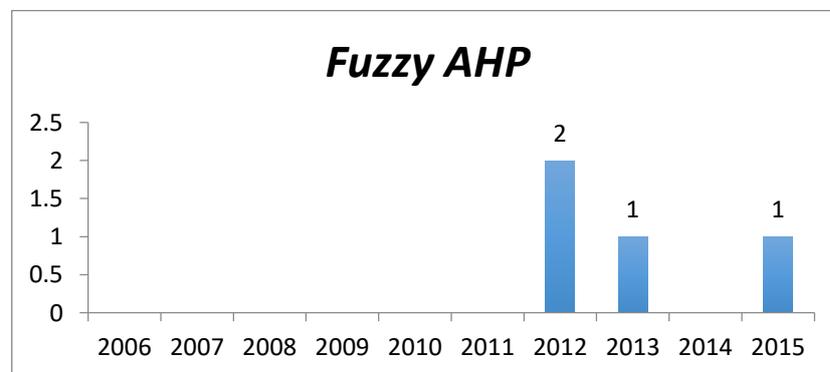


Figura 15 - Quantidade de publicações sobre *Fuzzy AHP* entre 2006 e 2015

Fonte - Autor (2016).

Não existem artigos publicados no SIMPEP que fizeram uso do *Fuzzy AHP*. A Figura 16 mostra quais eventos têm estudos que utilizaram esse método.

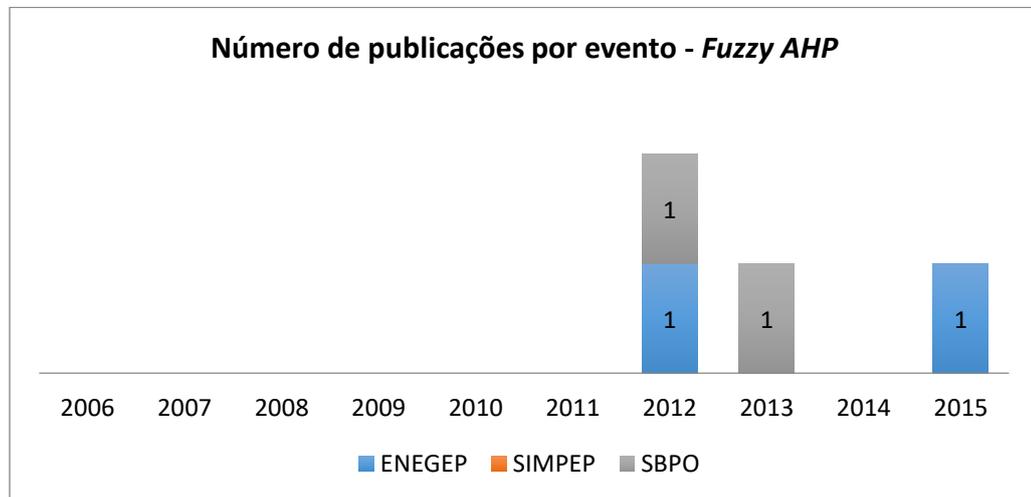


Figura 16 - Número de publicações por evento - *Fuzzy AHP*

Fonte – Autor (2016).

Como percebido na Figura 16, dois artigos foram publicados no ENEGEP e dois foram no SBPO, o que faz com que a porcentagem de publicações, por evento, relacionadas ao *Fuzzy AHP* é de 50% para cada um deles. O que é confirmado pela Figura 17.

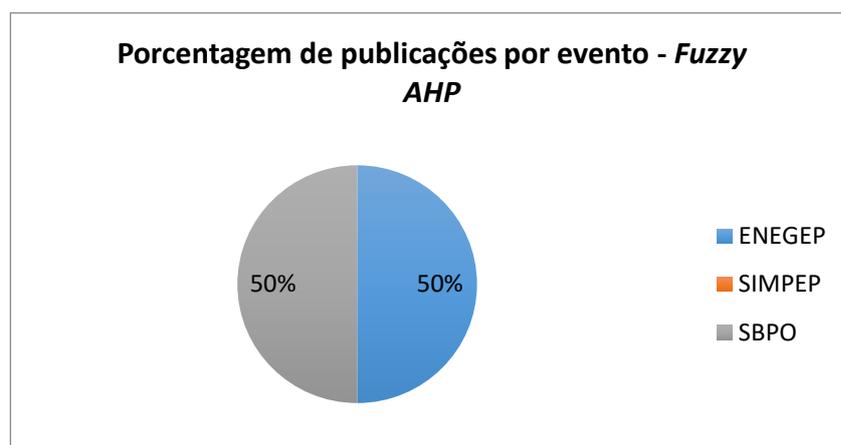


Figura 17 - Porcentagem de publicações por evento - *Fuzzy AHP*

Fonte – Autor (2016).

2.2.1.6 Combinação das palavras-chaves

Tendo esses dados coletados, passa-se ao próximo passo, que consiste na busca pela combinação das quatro palavras-chaves escolhidas para esta revisão bibliométrica.

O Quadro 2 mostra quais foram as combinações e os resultados obtidos após a busca nos Anais do ENEGEP, o único que permitia a utilização de duas ou mais palavras na ferramenta de busca.

Quadro 2 - Quantidade de artigos obtidos com a combinação das palavras-chaves

Combinação		Quantidade de Artigos
2 palavras-chaves	Logística e Armazenagem	48
	Logística e Localização	16
	Logística e AHP	4
	Logística e Fuzzy AHP	0
	Armazenagem e Localização	6
	Armazenagem e AHP	0
	Armazenagem e Fuzzy AHP	0
	Localização e AHP	8
	Localização e Fuzzy AHP	0
3 palavras-chaves	Logística, Armazenagem e Localização	2
	Logística, Armazenagem e AHP	0
	Logística, Armazenagem e Fuzzy AHP	0
	Logística, Localização e AHP	2
	Logística, Localização e Fuzzy AHP	0
4 palavras-chaves	Logística, Armazenagem, Localização e AHP	0
	Logística, Armazenagem, Localização e Fuzzy AHP	0

Fonte – Autor (2016).

É possível notar que quanto mais se aumentava a combinação das palavras-chaves, mais a pesquisa se restringia. Para as combinações “Logística e Armazenagem”, “Logística e Localização” e “Armazenagem e Localização”, o resultado foi de 48, 16 e seis artigos,

respectivamente. No entanto, quando se fez a combinação entre “Logística, Armazenagem e localização”, o número de artigos caiu apenas para dois. O mesmo aconteceu com “Logística e AHP” e “Localização e AHP”, com quatro e oito artigos respectivamente. Após realizar a combinação entre esses três termos, o resultado caiu para duas publicações.

Como não houve resultados para nenhuma das duas combinações entre quatro palavras-chaves, decidiu-se fazer uma análise mais aprofundada dos artigos de dois níveis anteriores, os que retornaram da combinação entre duas e três palavras-chaves.

2.2.2 Análise Qualitativa

Nesse capítulo, busca-se relatar quais foram os artigos obtidos da análise quantitativa e estabelecer alguma conexão com este estudo. Como já citado anteriormente, decidiu-se analisar os artigos de um nível anterior à combinação de quatro palavras, ou seja, os que resultaram da combinação de até três delas. A Tabela 3 mostra os artigos que serão analisados.

Tabela 3 - Artigos resultantes da combinação de três palavras-chave

Autores	Ano	Combinação	Evento
Samed e Oliveira	2015	Logística, localização, AHP	ENEGEP
Samed e Gonçalves	2014	Logística, localização, AHP	ENEGEP
Calife e Sterling	2014	Logística, armazenagem, localização	ENEGEP
Sousa	2009	Logística, armazenagem, localização	ENEGEP

Fonte - Autor (2016).

Samed e Oliveira (2015) estudaram o problema de localização voltado à logística humanitária e utilizaram o método *AHP* para definir o município paranaense a receber um centro temporário de apoio à sociedade em caso da ocorrência de alguma catástrofe natural. Foram estabelecidos cinco critérios nesse estudo, que são o acesso aos modais de transporte, a mobilidade e engajamento da sociedade, aspectos relacionados ao transporte, a imunidade do

município de reagir à ocorrência de um desastre e a comunicação disponível no município. Dos critérios, foram definidos 18 subcritérios. As autoras, com o apoio do *AHP*, decidiram que o melhor município para receber tal centro seria Maringá-PR.

Samed e Gonçalves (2014) aplicaram o *AHP* para decidir onde localizar centrais de assistência humanitária em Santa Catarina. Cinco critérios foram definidos pelas autoras, os quais são relacionados à comunicação, acessibilidade, recursos humanos, custos e instalação. Desses cinco, foram criados 18 subcritérios, sendo o acesso a rodovias o mais importante, seguido dos aspectos geográficos do município. Esse estudo determinou que os municípios mais habilitados a receber tais centrais seriam Blumenau e Itajaí.

Calife e Sterling (2014) resolveram o problema de localização e separação de pedidos em um armazém por meio da criação de um método de endereçamento de estoque aleatório. As autoras afirmam que esse novo sistema proporcionou redução de custos e maior eficiência da operação.

Sousa (2009) propôs um método de endereçamento de bens em armazéns para pequenas e médias empresas de modo a auxiliar a localização dos mesmos. O autor relata que houve ganhos na produtividade, qualidade da informação e redução no custo de operação.

Existem poucas semelhanças entre este estudo e os artigos relatados neste capítulo. A única que pode-se citar é a aplicação do *AHP* em Samed e Oliveira (2015) e Samed e Gonçalves (2014). Por essa falta de similaridade, decidiu-se por analisar as oitos publicações que resultaram da combinação “Localização e *AHP*” com o objetivo de verificar se tais artigos são melhores relacionados ao tema deste estudo do que os relatados anteriormente. A Tabela 4 mostram os artigos que serão analisados.

Tabela 4 - Artigos resultantes da combinação de duas palavras-chave

Autores	Ano	Combinação	Evento
Samed e Oliveira	2015	Localização e <i>AHP</i>	ENEGEP
Azevedo, Costa e Freitas	2015	Localização e <i>AHP</i>	ENEGEP
Bellumat, Castro e Leite	2015	Localização e <i>AHP</i>	ENEGEP
Samed e Gonçalves	2014	Localização e <i>AHP</i>	ENEGEP

Autores	Ano	Combinação	Evento
Souza <i>et al.</i>	2014	Localização e <i>AHP</i>	ENEGEP
Samed e Carlos	2013	Localização e <i>AHP</i>	ENEGEP
Silva, Silva e Silva	2012	Localização e <i>AHP</i>	ENEGEP
Paravidino <i>et al.</i>	2011	Localização e <i>AHP</i>	ENEGEP

Fonte – Autor (2016).

Samed e Oliveira (2015) e Samed e Gonçalves (2014) são os mesmos relatados anteriormente. O primeiro é um estudo para localização de um centro temporário de apoio no Paraná. No segundo, as autoras implementaram o *AHP* para decidir as melhores localizações de centrais humanitárias em Santa Catarina.

Azevedo, Costa e Freitas (2015) utilizaram o *AHP* para avaliar a qualidade de um restaurante universitário presente em uma universidade localizada em uma área sem outras opções para refeição. Os autores estabeleceram quatro critérios (cardápio, ambiente físico, compra e atendimento) e 32 subcritérios. O atendimento vem em primeiro lugar na escala de importância para os usuários, seguido do cardápio, compra e ambiente físico. Já para os 32 subcritérios, os mais importantes foram a higiene de onde se localizam as comidas, valor cobrado em relação ao que é oferecido e higiene dos atendentes. O subcritério menos importante é o barulho do ambiente.

Bellumat, Castro e Leite (2015) realizaram um estudo para decidir sobre a melhor escolha de um local para instalação de um pólo industrial. Os critérios levados em consideração foram a disponibilidade de mão de obra, maturidade da localização (nível de escolaridade), disponibilidade de mão de obra qualificada e incentivos fiscais oferecidos pelo município. Os autores aplicaram o *AHP* com a utilização do *software Expert Choice 11* para resolução do problema. Entre as cidades São Mateus – ES, Jaguaré – ES e Teixeira de Freitas – BA, a melhor opção fornecida pelo *software* foi São Mateus – ES.

Sousa *et al.* (2014) associaram a implementação do *AHP* com a gestão de riscos da extração de petróleo da camada pré-sal, com a intenção de ranquear tais riscos à luz da norma ISO 31000. Os critérios definidos pelos autores são, em escala de preferência após a aplicação do *AHP*, os riscos políticos, operacionais, legais, ambientais, financeiros, econômicos e militares.

Samed e Carlos (2013) empregaram o *AHP* para auxílio na tomada de decisão da localização uma nova planta industrial produtora de açúcar e álcool no estado no Paraná. Os critérios levados em consideração, já classificados quanto a sua importância, foram a declividade do solo da região, o acesso aos modais de transporte, presença de mão de obra qualificada, presença de concorrentes e qualidade de vida oferecida pelo município. Dentre os cinco municípios estudados, Bom Sucesso, Cruzeiro do Oeste, Jaguapitã, Santo Antônio da Platina e Terra Boa, a melhor opção fornecida na resolução do problema foi Cruzeiro do Oeste. Os autores utilizaram planilhas eletrônicas no Excel.

Silva, Silva e Silva (2012) fizeram uso do *AHP* para escolher a melhor localização de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil na cidade de Ponta Grossa – PR. Os critérios utilizados nesse estudo foram os ambientais (energia elétrica, isolamento, acesso, proteção das águas e impactos ambientais), sociais (crescimento urbano e aceitação da população) e econômicos (preço do m² e geração de resíduos). Foram definidas quatro alternativas em bairros diferentes da cidade e a melhor entre elas, após a implementação do método foi a do Terreno 3, que se localiza no bairro Uvaranas. Para resolução do problema, os autores utilizaram o *software Expert Choice 11*.

Paravidino *et al.* (2011) realizaram um estudo para localização de uma planta industrial de envasamento de água de coco. Os autores dividiram os critérios em duas teorias, na primeira, que é a clássica, são estabelecidos os critérios relacionados aos custos, e na segunda, conhecida como contemporânea, estão os pertinentes à qualidade de vida e disponibilidade de mão de obra qualificada. Após utilizarem o *software Expert Choice 11*, os autores concluíram que a opção entre Itaguai, Quissamã, Campos dos Goytacazes, Seropédica e Cachoeiras do Macaú seria a terceira, ou seja, Campos dos Goytacazes.

Com a análise da combinação entre “Localização e *AHP*”, foi possível perceber que alguns dos artigos estão mais alinhados o que propõe este estudo. Um dos resultados importantes foi a percepção de como são definidos os critérios e como eles são classificados. Além disso, notou-se a utilização do *software Expert Choice 11* como ferramenta substituta das planilhas eletrônicas para a implementação do *AHP*.

2.3 Fechamento do Capítulo

Na revisão conceitual, temas que são relacionadas às áreas de pesquisa deste trabalho foram abordados. O gerenciamento da cadeia de suprimentos tem tido bastante atenção, pois as empresas passaram a considerar a gestão dessas atividades como vantagem competitiva sobre seus concorrentes. De fato, quando se existe a integração entre as atividades internas e externas, a empresa passar a ter um maior controle sobre tais operações, podendo assim, construir um planejamento mais eficaz, conseqüentemente, os custos se reduzem, a confiabilidade e qualidade de entrega aumentam. A cadeia de suprimentos envolve todas as atividades e funções da logística, uma delas é a armazenagem de bens que serão comercializados. Muitas empresas optam por armazenar seus produtos pela necessidade de manter um estoque para não perder oportunidade de venda. No caso das *commodities*, existe a necessidade da armazenagem após a colheita dos grãos, que podem sofrer uma diminuição de rendimento caso não sejam colhidos, e a estratégia de manter esse estoque para vender a níveis maiores de preço. A decisão sobre com quais armazéns trabalhar é estratégica para as empresas do setor do agronegócio, pois é possível criar uma rede de fornecedores no estado de atuação que são influenciadas pelos clientes e pelos custos envolvidos na operação de armazenagem. O processo decisório envolve diversos critérios (como qualidade de serviço prestado, capacidade de armazenagem, localização e entre outros) e restrições que, normalmente, são conflitantes entre si, fazendo com que tal processo seja complexo e de difícil resolução. Para sanar esses problemas, alguns métodos surgiram na literatura, como o *AHP*, um método de apoio à tomada de decisão multicritério que consiste no julgamento paritário das alternativas em relação aos critérios e dos critérios em relação ao foco principal. Após os cálculos exigidos pelo *AHP*, é possível definir a preferência global, ou seja, a melhor alternativa dentre as possíveis. A limitação desse método é que o julgamento é subjetivo e depende das experiências e vivências do tomador de decisão. Para minimizar essa desvantagem, foi incorporada a lógica *Fuzzy* ao *AHP*. Com o *Fuzzy AHP*, os julgamentos são feitos utilizando-se uma faixa de valores, que à vista dos tomadores de decisão, ficam mais confiáveis.

Para se determinar a qualidade e quantidade de publicações acerca dos temas relatados na revisão conceitual, decidiu-se por realizar uma revisão bibliométrica. Dentro do contexto elaborado, o número de 1.384 publicações, entre 2006 e 2015, sobre a logística, comprova que é nítido o esforço das instituições em contribuir com o conhecimento e melhoria das

operações da logística. Porém, há muito para ser feito de modo a tornar as empresas mais competitivas. Também nota-se o expressivo aumento da utilização do *AHP*, presente em quatro publicações em 2006 e em 24 em 2015, para resolução de problemas de tomada de decisão. Essa fato demonstra que as instituições estão preocupadas em utilizar métodos que auxiliam na processo de tomada de decisão em um ambiente complexo e subjetivo. No entanto, esse número poderia ser maior, haja vista que os gerentes, gestores e diretores têm que tomar muitas decisões em seu cotidiano e o *AHP* é um método bastante flexível e possui inúmeras aplicações.

Os artigos com a combinação de três palavras pouco se assemelham a este estudo. As semelhança notadas são na aplicação do *AHP* em Samed e Oliveira (2015) e Samed e Goncalves (2014), porém, ambos estão voltados à logística humanitária, enquanto que este estudo está voltado à cadeia de suprimentos e à logística empresarial, e com a implementação do método *Fuzzy AHP*. Assim, decidiu-se por analisar as publicações que retornaram de um nível abaixo, ou seja, da combinação das duas palavras-chaves “Localização e *AHP*”. Essa segunda análise foi mais útil, pois foi possível encontrar que alguns autores utilizam um *software* específico para a implementação do *AHP*, o *Expert Choice* 11. Além disso, essa análise possibilitou descobrir quais foram os critérios utilizados em cada problema e como os autores os classificam.

Como dito anteriormente, a combinação das quatro palavras-chaves não forneceu resultado algum, o que mostra que ainda não existe, nessas bases de dados, uma publicação que leve em consideração a logística, a armazenagem, a localização e que utilize o método *AHP* ou o *Fuzzy AHP*.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Tomando como base Silva e Menezes (2005), este trabalho é uma pesquisa aplicada, ou seja, tem aplicabilidade dentro de uma empresa real e busca resolver um problema específico. Quanto à abordagem, pode-se dizer que este projeto tem um viés de pesquisa qualitativa, pois os julgamentos e resultado serão qualitativos, apoiados por valores numéricos. Em relação aos objetivos, este estudo classifica-se como pesquisa exploratória, isso quer dizer que buscar-se-á entender o problema, o explicar e criar hipóteses para posterior resolução. Já para os procedimentos técnicos, algumas etapas deste trabalho englobam características que podem o classificar como pesquisa bibliográfica, estudo de caso e de pesquisa-ação (SILVA E MENEZES, 2005).

O método de pesquisa deste projeto seguia uma linha cronológica que pode ser descrito como:

- Revisão de literatura, utilizando livros e publicações científicas, acerca dos temas da cadeia de suprimentos do trigo, da logística de armazenagem de grãos, com foco no trigo, e do método de apoio à tomada de decisão multicritério *FAHP*;
- Estudo bibliométrico em bases científicas para definir como foram as publicações voltadas para o tema estudado (onde foram publicadas, principais autores, ano e entre outros) e, posteriormente, a realização de uma análise aprofundada dos artigos obtidos oriundos das combinações das palavras-chave;
- Definição dos critérios estudados com especialistas da área, tomando por base os principais características ao se analisar um armazém para estocar *commodities* agrícolas;
- Definição das localidades candidatas (armazéns) de acordo com o portfólio da empresa;
- Modelagem e implementação do problema utilizando o *FAHP* por meio de planilhas eletrônicas no *software* Excel;
- Apresentação dos resultados em forma de relatórios e apresentação no PowerPoint, com o intuito de expor os critérios mais importantes de acordo com os julgamentos, e consequentemente, os fornecedores com maiores pesos.

4 APLICAÇÃO DO *FAHP* NA LOCALIZAÇÃO DE ARMAZÉNS

Este capítulo apresenta o processo do desenvolvimento do trabalho, tomando por base a metodologia apresentada e aplicação realizada do *FAHP* em Samed, Gonçalves e Cursi (2014). A ênfase é dada à adaptação do problema em análise às etapas do *FAHP* e os resultados obtidos são discutidos em face à situação atual da empresa.

4.1 Definição do Problema e Criação da Árvore Hierárquica

Como o *FAHP* é uma evolução do *AHP*, as primeiras fases são praticamente as mesmas, sendo que a diferenciação começa a partir dos julgamentos. De acordo com o apresentado no capítulo 2.1.4.1, a primeira etapa é definir o problema. Como descrito na introdução, nos objetivos e na definição e delimitação do problema, o mesmo consiste em analisar a cadeia de fornecedores e classificar os armazéns mais aptos para armazenagem de trigo, considerando o portfólio atual da empresa em estudo.

A segunda etapa consiste na construção da árvore hierárquica. Para que seja possível elaborar a mesma, são necessários três grandes blocos: o da decisão a ser tomada, o dos critérios utilizados nas avaliações e o último, que consiste das localidades candidatas. Assim, é sabido que neste trabalho, a decisão consiste em avaliar a cadeia de fornecedores. O próximo passo é estabelecer quais são os critérios em estudo. Os mesmos foram definidos após serem analisadas as principais características na avaliação de um fornecedor, juntamente com a equipe responsável pela comercialização de trigo da empresa em estudo. Os critérios podem ser visualizados no Quadro 3.

Quadro 3 - Critérios utilizados nas avaliações

Critério	Critérios utilizados nas avaliações
C1	Acesso aos modais
C2	Condições de armazenagem

Critério	Critérios utilizados nas avaliações
C3	Parceria comercial
C4	Cobrança da taxa de armazenagem
C5	Capacidade de armazenagem
C6	Proximidade com regiões produtoras
C7	Proximidade com clientes

Fonte - Autor (2016).

De modo a manter o sigilo das operações, os nomes dos fornecedores, com os quais a empresa trabalha, não são divulgados, sendo denominados apenas como Fornecedor 1 ao Fornecedor 6. As justificativas para a escolha dos mesmos podem ser visualizadas no Quadro 4. A Figura A – 1, no Anexo A mostra as mesorregiões do estado do Paraná.

Quadro 4 - Justificativa para a escolha dos fornecedores a serem analisados

Fornecedor	Justificativa
F1	Armazém público; prestador de serviço; localizado na mesorregião centro-sul do PR;
F2	Armazém público; prestador de serviço; localizado na mesorregião metropolitana do PR;
F3	Fornecedor com vendas superiores a 30 mil toneladas na última safra; localizado na mesorregião centro-ocidental do PR;
F4	Novo parceiro de recepção, classificação e armazenagem de trigo da empresa; localizado na mesorregião norte-central do PR;
F5	Fornecedor com vendas superiores a 30 mil toneladas na última safra; localizado na mesorregião norte-pioneiro do PR;
F6	Armazém próprio da empresa; localizado na mesorregião metropolitana do PR.

Fonte - Autores (2016).

A Figura 18 mostra a árvore hierárquica de decisão para o problema em análise.

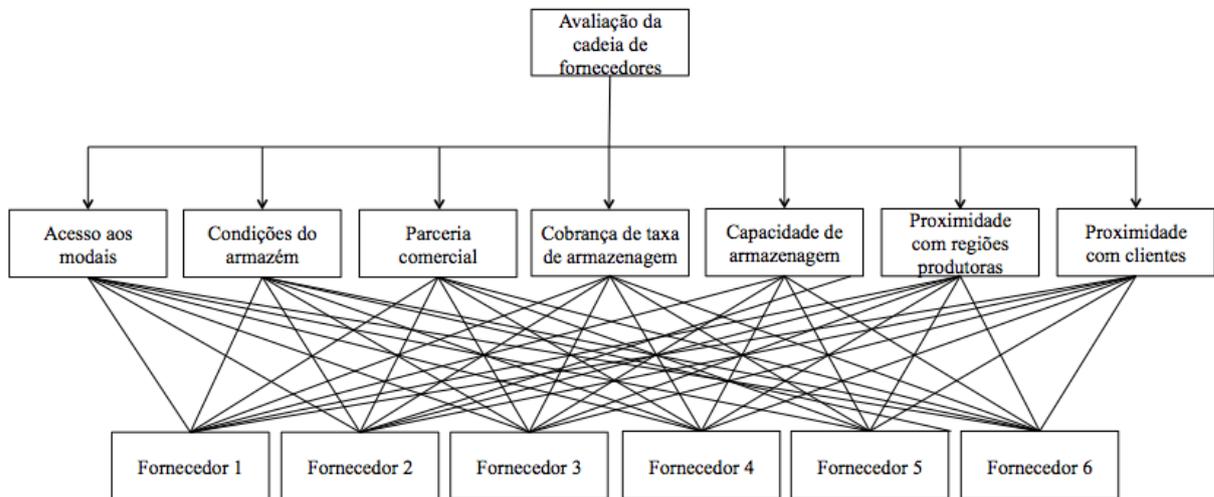


Figura 18 - Árvore Hierárquica de Decisão

Fonte - Autor (2016).

A árvore hierárquica de decisão é uma representação de qual decisão será tomada (nível superior), levando em consideração os critérios de seleção (nível intermediário) por meio da análise paritária de um rol de opções, nesse caso, seis fornecedores (nível inferior).

4.2 Definição da Variável Linguística

Com a árvore hierárquica construída, é possível prosseguir para a etapa da definição da variável linguística. Tal escala será utilizada nos julgamentos tanto dos critérios quanto das localidades candidatas, que neste estudo, são os fornecedores. Normalmente, os julgadores atribuem um valor numérico nos julgamentos par a par, já que para a realização dos mesmos utiliza-se a escala de preferência proposta por Saaty (2008), apresentada na Tabela 2. No entanto, para facilitar o preenchimento das matrizes e minimizar o surgimento de possíveis erros, decidiu-se por remodelar a escala de preferência. No novo padrão da variável linguística, o especialista deve escolher, assinalando com um X, a melhor opção dentre as cinco disponíveis (*I*, *IM*, *IF*, *IMF* e *IE*). Nesse caso, o julgamento a ser feito deve seguir o seguinte raciocínio: na comparação entre os critérios A e B, caso A tenha mesma importância que B, escolhe-se a opção *I*. Da mesma forma, para o preenchimento das matrizes dos

fornecedores, à luz de cada um dos critérios, segue-se a lógica: entre o fornecedor A e B, se A evidenciar uma importância extrema sobre B, elege-se a opção *IE*. A Figura 19 apresenta as cinco opções para que as comparações possam ser realizadas.

Escala	
I	Mesma importância
IM	A tem importância moderada sobre B
IF	A tem importância forte sobre B
IMF	A tem importância muito forte sobre B
IE	A tem importância extrema sobre B

Figura 19 - Escala de preferência para os julgamentos reformulada

Fonte - Adaptada de Saaty (2008).

Para transformar esse novo formato de assinalar um X para um valor numérico, utiliza-se a escala exposta na Figura 20. Tais valores são o ponto de partida para a obtenção do número *fuzzy* triangular, agregação e defuzzificação.

Escala		
Escala numérica	Abreviação	Escala verbal
1	I	Mesma importância
3	IM	A tem importância moderada sobre B
5	IF	A tem importância forte sobre B
7	IMF	A tem importância muito forte sobre B
9	IE	A tem importância extrema sobre B

Figura 20 - Escala para transformação numérica dos julgamentos realizados

Fonte - Adaptada de Saaty (2008).

4.3 Realização das avaliações dos critérios e dos fornecedores

A terceira etapa consiste dos julgamentos da construção das matrizes dos julgamentos. Para evitar o surgimento de dúvidas e para fazer com que o preenchimento fosse menos cansativo e mais intuitivo, dois formatos foram criados para realização dos julgamentos tanto dos critérios quanto dos fornecedores.

Nessa adaptação, o especialista que realiza os julgamentos apenas assinala com um X a célula que melhor define a comparação entre o par de critérios, ou o par de fornecedores, não sendo necessário preencher as células vazias com os números da escala de preferência. Ou seja, se o julgador acredita que o critério acesso aos modais tem importância forte sobre a parceria comercial, ele coloca um X na célula mais próxima ao acesso aos modais, como por ser visualizado no exemplo da Figura 21.

Critério	IE	IMF	IF	IM	I	1/IM	1/IF	1/IMF	1/IE	Critério
Acesso aos modais										Condições do armazém
Acesso aos modais										Parceria comercial
Acesso aos modais										Cobrança de taxa de armazenagem
Acesso aos modais										Capacidade de armazenagem
Acesso aos modais										Proximidade com regiões produtoras
Acesso aos modais										Proximidade com clientes
Condições do armazém										Parceria comercial
Condições do armazém										Cobrança de taxa de armazenagem
Condições do armazém										Capacidade de armazenagem
Condições do armazém										Proximidade com regiões produtoras
Condições do armazém										Proximidade com clientes
Parceria comercial										Cobrança de taxa de armazenagem
Parceria comercial										Capacidade de armazenagem
Parceria comercial										Proximidade com regiões produtoras
Parceria comercial										Proximidade com clientes
Cobrança de taxa de armazenagem										Capacidade de armazenagem
Cobrança de taxa de armazenagem										Proximidade com regiões produtoras
Cobrança de taxa de armazenagem										Proximidade com clientes
Capacidade de armazenagem										Proximidade com regiões produtoras
Capacidade de armazenagem										Proximidade com clientes
Proximidade com regiões produtoras										Proximidade com clientes

Figura 21 – Formato para julgamento par a par dos critérios

Fonte – Autor (2016).

É possível notar que as células à direita da coluna *I* estão no formato $1/IM$, $1/IF$, $1/IMF$ e $1/IE$. Isso se deve ao requisito que o algoritmo do *FAHP* exige na transformação da escala linguística para a variável numérica.

Da mesma forma, os julgamentos devem ser realizados para os fornecedores à luz de cada um dos critérios. Portanto, os especialistas responsáveis devem, nesse caso, realizar sete julgamentos. O exemplo na Figura 22 mostra que, em relação ao critério acesso aos modais, o Fornecedor 2 tem importância extrema sobre o Fornecedor 1.

Critério: Acesso aos modais										
	IE	IMF	IF	IM	I	1/IM	1/IF	1/IMF	1/IE	
Fornecedor 1									X	Fornecedor 2
Fornecedor 1										Fornecedor 3
Fornecedor 1										Fornecedor 4
Fornecedor 1										Fornecedor 5
Fornecedor 1										Fornecedor 6
Fornecedor 2										Fornecedor 3
Fornecedor 2										Fornecedor 4
Fornecedor 2										Fornecedor 5
Fornecedor 2										Fornecedor 6
Fornecedor 3										Fornecedor 4
Fornecedor 3										Fornecedor 5
Fornecedor 3										Fornecedor 6
Fornecedor 4										Fornecedor 5
Fornecedor 4										Fornecedor 6
Fornecedor 5										Fornecedor 6

Figura 22 – Novo formato para julgamento par a par dos fornecedores à luz de cada critério
Fonte – Autor (2016).

Inicialmente, esperava-se contar com a colaboração de quatro especialistas, da área comercial de trigo da empresa em estudo, para realização dos julgamentos dos critérios e dos fornecedores. Porém, não foi possível obter as respostas feitas pela equipe no decorrer deste trabalho. A alternativa encontrada pelos autores foi simular tais respostas, tanto para os critérios, quanto para os fornecedores. Dessa forma, foram construídas quatro simulações, sendo que cada uma representa uma especialista diferente e que contempla um julgamento dos critérios à luz do foco principal e sete respostas para as comparações entre os fornecedores para cada um dos critérios, totalizando assim 32 matrizes de julgamentos par a par. Como essa quantidade é alta, e a configuração e lógica de preenchimento é a mesma para todos os julgamentos, optou-se por apresentar apenas uma simulação dos critérios e uma dos fornecedores. A Figura 23 expõe o preenchimento realizado na comparação dos critérios na primeira simulação. A Figura 24 exhibe a transformação numérica da matriz apresentada na Figura 23.

Simulação 1										
Critério	IE	IMF	IF	IM	I	1/IM	1/IF	1/IMF	1/IE	Critério
Acesso aos modais				x						Condições do armazém
Acesso aos modais			x							Parceria comercial
Acesso aos modais					x					Cobrança de taxa de armazenagem
Acesso aos modais			x							Capacidade de armazenagem
Acesso aos modais					x					Proximidade com regiões produtoras
Acesso aos modais					x					Proximidade com clientes
Condições do armazém			x							Parceria comercial
Condições do armazém					x					Cobrança de taxa de armazenagem
Condições do armazém					x					Capacidade de armazenagem
Condições do armazém				x						Proximidade com regiões produtoras
Condições do armazém				x						Proximidade com clientes
Parceria comercial						x				Cobrança de taxa de armazenagem
Parceria comercial					x					Capacidade de armazenagem
Parceria comercial						x				Proximidade com regiões produtoras
Parceria comercial						x				Proximidade com clientes
Cobrança de taxa de armazenagem				x						Capacidade de armazenagem
Cobrança de taxa de armazenagem					x					Proximidade com regiões produtoras
Cobrança de taxa de armazenagem					x					Proximidade com clientes
Capacidade de armazenagem				x						Proximidade com regiões produtoras
Capacidade de armazenagem						x				Proximidade com clientes
Proximidade com regiões produtoras					x					Proximidade com clientes

Figura 23 – Simulação 1 da comparação par a par dos critérios

Fonte – Autor (2016).

Simulação 1										
Critério	IE	IMF	IF	IM	I	1/IM	1/IF	1/IMF	1/IE	Critério
Acesso aos modais				3,00						Condições do armazém
Acesso aos modais			5,00							Parceria comercial
Acesso aos modais					1,00					Cobrança de taxa de armazenagem
Acesso aos modais			5,00							Capacidade de armazenagem
Acesso aos modais					1,00					Proximidade com regiões produtoras
Acesso aos modais					1,00					Proximidade com clientes
Condições do armazém			5,00							Parceria comercial
Condições do armazém					1,00					Cobrança de taxa de armazenagem
Condições do armazém					1,00					Capacidade de armazenagem
Condições do armazém				3,00						Proximidade com regiões produtoras
Condições do armazém				3,00						Proximidade com clientes
Parceria comercial						0,33				Cobrança de taxa de armazenagem
Parceria comercial					1,00					Capacidade de armazenagem
Parceria comercial						0,33				Proximidade com regiões produtoras
Parceria comercial						0,33				Proximidade com clientes
Cobrança de taxa de armazenagem				3,00						Capacidade de armazenagem
Cobrança de taxa de armazenagem					1,00					Proximidade com regiões produtoras
Cobrança de taxa de armazenagem					1,00					Proximidade com clientes
Capacidade de armazenagem				3,00						Proximidade com regiões produtoras
Capacidade de armazenagem						0,33				Proximidade com clientes
Proximidade com regiões produtoras					1,00					Proximidade com clientes

Figura 24 – Transformação da matriz de julgamento dos critérios em escala numérica

Fonte – Autor (2016).

Da mesma forma, as comparações entre os fornecedores, em relação à cada critério, foram feitas. A Figura 25 mostra como a matriz foi preenchida e a Figura 26 mostra a sua respectiva transformação numérica.

Simulação 1										
Critério: Acesso aos modais										
	IE	IMF	IF	IM	I	1/IM	1/IF	1/IMF	1/IE	
Fornecedor 1								x		Fornecedor 2
Fornecedor 1		x								Fornecedor 3
Fornecedor 1						x				Fornecedor 4
Fornecedor 1				x						Fornecedor 5
Fornecedor 1							x			Fornecedor 6
Fornecedor 2	x									Fornecedor 3
Fornecedor 2		x								Fornecedor 4
Fornecedor 2	x									Fornecedor 5
Fornecedor 2				x						Fornecedor 6
Fornecedor 3							x			Fornecedor 4
Fornecedor 3					x					Fornecedor 5
Fornecedor 3								x		Fornecedor 6
Fornecedor 4			x							Fornecedor 5
Fornecedor 4						x				Fornecedor 6
Fornecedor 5								x		Fornecedor 6

Figura 25 – Simulação 1 da comparação dos fornecedores em relação ao critério acesso aos modais

Fonte – Autor (2016).

Simulação 1										
Fornecedor	Critério: Acesso ao modais									Fornecedor
	IE	IMF	IF	IM	I	1/IM	1/IF	1/IMF	1/IE	
F1								0,14		F2
F1		7,00								F3
F1						0,33				F4
F1				3,00						F5
F1							0,20			F6
F2	9,00									F3
F2		7,00								F4
F2	9,00									F5
F2				3,00						F6
F3							0,20			F4
F3					1,00					F5
F3								0,14		F6
F4			5,00							F5
F4						0,33				F6
F5								0,14		F6

Figura 26 – Transformação da matriz de julgamento dos fornecedores em escala numérica

Fonte – Autor (2016).

4.4 Cálculo do Índice de Consistência (IC) e Relação de Consistência (RC)

Para que seja possível calcular o índice de consistência e a relação de consistência de cada um dos julgamentos, utilizam-se as equações (1), (3) ou (4) e o índice de consistência aleatório dado pelo Quadro 1.

A matriz para cálculo do *IC* e *RC* é feita a partir da média dos valores das linhas dos julgamentos simulados. Obtém-se, assim, uma matriz em relação aos critérios e sete matrizes referentes às comparações dos fornecedores à luz de cada critério. Tais valores são posicionados acima da diagonal que tem as células preenchidas com o número um. Abaixo da diagonal, divide-se o 1 pela célula transposta, ou seja, o valor de $c2c1$ é obtido a partir da divisão de 1 pelo número constante em $c1c2$. A Figura 27 apresenta o exemplo com os valores médios da quatro simulações entre os critérios em estudo.

	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7
c1	1	4	4	1,5	5,5	3	1,5
c2	0,25	1	2,83	0,5	2	4	2,5
c3	0,25	0,35	1	0,67	1,63	1,17	0,63
c4	0,67	2	1,5	1	3,5	1	0,47
c5	0,18	0,5	0,61	0,29	1	1,5	0,47
c6	0,33	0,25	0,86	1	0,67	1	0,63
c7	0,67	0,4	1,58	2,14	2,14	1,58	1
Soma	3,35	8,5	12,38	7,1	16,44	13,25	7,2

Figura 27 – Matriz de julgamento dos critérios para cálculo do *IC* e *RC*

Fonte – Autor (2016).

Utilizando a metodologia apresentada em Samed e Carlos (2013) e as equações citadas no começo deste capítulo, foi possível realizar os cálculos com o intuito de verificar a consistência dos julgamentos. O Quadro 5 traz todos os parâmetros e seus respectivos valores utilizados nessa verificação.

Quadro 5 - Obtenção do índice e relação de consistência dos julgamentos dos critérios e fornecedores

Matriz	λ_{max}	IC	n	ICA	RC
Crítérios	7,68	0,11	7	1,35	0,08
Fornecedores – C1	6,54	0,11	6	1,25	0,087
Fornecedores – C2	6,60	0,12	6	1,25	0,096
Fornecedores – C3	6,62	0,12	6	1,25	0,099
Fornecedores – C4	6,59	0,12	6	1,25	0,095
Fornecedores – C5	6,62	0,12	6	1,25	0,099
Fornecedores – C6	6,24	0,05	6	1,25	0,039
Fornecedores – C7	6,21	0,04	6	1,25	0,034

Fonte – Autor (2016).

Do Quadro, é possível notar que todos os valores de relação de consistência (*RC*) são menores que 0,1. Isso significa, que de acordo com a condição estabelecida em Taha (2003) e Saaty (2008), os julgamentos são consistentes e podem ser utilizados para o processo de fuzzificação, agregação, defuzzificação e parametrização das matrizes.

4.5 Processo de Fuzzificação

Após verificar que as relações de consistência de todos os julgamentos satisfazem a condição estabelecida, passa-se para a etapa de criação do número *fuzzy*. Neste trabalho, o formato do número *fuzzy* é o triangular (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) , ou seja, um vetor de três posições será obtido por meio da transformação dos julgamentos paritários das quatro matrizes de resposta de cada um dos grandes blocos das simulações (critérios, fornecedores à luz do C1, fornecedores à luz do C2 e, assim por diante).

A primeira posição do vetor (l_{ij}) é o valor mínimo da linha da comparação paritária entre as quatro matrizes de resposta, a segunda (m_{ij}) é preenchida com o valor médio e a terceira

(u_{ij}) é o valor máximo. A Figura 28 mostra a redução realizada para criação da matriz *fuzzy* dos critérios.

Concatenação	Mínimo	Média	Máximo
c1c2	3,00	4,00	5,00
c1c3	3,00	4,00	5,00
c1c4	1,00	1,50	3,00
c1c5	5,00	5,50	7,00
c1c6	1,00	3,00	5,00
c1c7	1,00	1,50	3,00
c2c3	0,33	2,83	5,00
c2c4	0,33	0,50	1,00
c2c5	1,00	2,00	3,00
c2c6	3,00	4,00	5,00
c2c7	1,00	2,50	3,00
c3c4	0,33	0,67	1,00
c3c5	0,20	1,63	5,00
c3c6	0,33	1,17	3,00
c3c7	0,20	0,63	1,00
c4c5	3,00	3,50	5,00
c4c6	1,00	1,00	1,00
c4c7	0,20	0,47	1,00
c5c6	1,00	1,50	3,00
c5c7	0,20	0,47	1,00
c6c7	0,20	0,63	1,00

Figura 28 – Primeira etapa de fuzzificação do julgamentos dos critérios

Fonte – Autor (2016).

O mesmo processo de redução dos quatro quadros dos julgamentos dos fornecedores à luz de cada um dos critérios se repete para se obter o número *fuzzy* triangular.

4.6 Agregação

Com todos os números *fuzzy* triangulares obtidos, inicia-se a agregação. Com os cálculos obtidos por meio da implementação do algoritmo do *FAHP*, obtêm-se as matrizes *fuzzy*.

Resumidamente, o passo a passo para se construir tais matrizes consiste em posicionar os vetores correspondentes à concatenação acima da diagonal (1,1,1). O número *fuzzy* triangular abaixo da diagonal é obtido a partir da divisão do número um por cada uma das posições do vetor da célula transposta, como visualizado nas equações (6), (7) e (8). Os vetores abaixo da diagonal terão o formato (l_{ji}, m_{ji}, u_{ji}) .

$$l_{ji} = \frac{1}{u_{ij}}, \quad i, j = 1, \dots, 7 \quad (6)$$

$$m_{ji} = \frac{1}{m_{ij}}, \quad i, j = 1, \dots, 7 \quad (7)$$

$$u_{ji} = \frac{1}{l_{ij}}, \quad i, j = 1, \dots, 7 \quad (8)$$

Tendo os valores calculados, é possível construir as matrizes *fuzzy* para os julgamentos realizados. A Figura 29 apresenta a matriz referente à comparação dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)	(3, 4, 5)	(1, 1,5, 3)	(5, 5,5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 1,5, 3)
C2	(0,2, 0,25, 0,33)	(1, 1, 1)	(0,33, 2,83, 5)	(0,33, 0,5, 1)	(1, 2, 3)	(3, 4, 5)	(1, 2,5, 3)
C3	(0,2, 0,25, 0,33)	(0,2, 0,35, 3)	(1, 1, 1)	(0,33, 0,67, 1)	(0,2, 1,63, 5)	(0,33, 1,17, 3)	(0,2, 0,63, 1)
C4	(0,33, 0,67, 1)	(1, 2, 3)	(1, 1,5, 3)	(1, 1, 1)	(3, 3,5, 5)	(1, 1, 1)	(0,2, 0,47, 1)
C5	(0,14, 0,18, 0,2)	(0,33, 0,5, 1)	(0,2, 0,61, 5)	(0,2, 0,29, 0,33)	(1, 1, 1)	(1, 1,5, 3)	(0,2, 0,47, 1)
C6	(0,2, 0,33, 1)	(0,2, 0,25, 0,33)	(0,33, 0,86, 3)	(1, 1, 1)	(0,33, 0,67, 1)	(1, 1, 1)	(0,2, 0,63, 1)
C7	(0,33, 0,67, 1)	(0,33, 0,4, 1)	(1, 1,58, 5)	(1, 2,14, 5)	(1, 2,14, 5)	(1, 1,58, 5)	(1, 1, 1)

Figura 29 – Matriz *fuzzy* dos julgamentos dos critérios

Fonte – Autor (2016).

Para os julgamentos dos fornecedores à luz de cada critério, os cálculos de mínimo, médio e máximo, a criação dos números *fuzzy* triangulares acima e abaixo da diagonal (1,1,1) acontecem da mesma forma do que o exemplificado para os critérios. As matrizes podem ser visualizadas entre as Figuras 30 e 36.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	(1, 1, 1)	(0,11, 0,13, 0,14)	(5, 6, 7)	(0,2, 0,27, 0,33)	(3, 4,5, 5)	(0,14, 0,22, 0,33)
F2	(7, 7,41, 9)	(1, 1, 1)	(9, 9, 9)	(3, 5, 7)	(7, 7,5, 9)	(1, 1,5, 3)
F3	(0,14, 0,17, 0,2)	(0,11, 0,11, 0,11)	(1, 1, 1)	(0,14, 0,19, 0,2)	(0,33, 0,5, 1)	(0,14, 0,16, 0,2)
F4	(3, 3,75, 5)	(0,14, 0,2, 0,33)	(5, 5,38, 7)	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)	(0,33, 0,83, 1)
F5	(0,2, 0,22, 0,33)	(0,11, 0,13, 0,14)	(1, 2, 3)	(0,2, 0,25, 0,33)	(1, 1, 1)	(0,14, 0,17, 0,2)
F6	(3, 4,57, 7)	(0,33, 0,67, 1)	(5, 6,36, 7)	(1, 1,2, 3)	(5, 5,83, 7)	(1, 1, 1)

Figura 30 – Matriz *fuzzy* dos fornecedores em relação ao critério acesso aos modais

Fonte – Autor (2016).

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	(1, 1, 1)	(0,2, 0,47, 1)	(3, 3,5, 5)	(0,14, 0,16, 0,2)	(3, 5, 7)	(0,14, 0,22, 0,33)
F2	(1, 2,14, 5)	(1, 1, 1)	(3, 4,5, 5)	(0,14, 0,17, 0,2)	(5, 6,5, 7)	(0,2, 0,23, 0,33)
F3	(0,2, 0,29, 0,33)	(0,2, 0,22, 0,33)	(1, 1, 1)	(0,14, 0,14, 0,14)	(1, 2,5, 3)	(0,11, 0,13, 0,14)
F4	(5, 6,36, 7)	(5, 5,83, 7)	(7, 7, 7)	(1, 1, 1)	(5, 6,5, 7)	(1, 1,5, 3)
F5	(0,14, 0,2, 0,33)	(0,14, 0,15, 0,2)	(0,33, 0,4, 1)	(0,14, 0,15, 0,2)	(1, 1, 1)	(0,14, 0,19, 0,2)
F6	(3, 4,57, 7)	(3, 4,29, 5)	(7, 7,41, 9)	(0,33, 0,67, 1)	(5, 5,38, 7)	(1, 1, 1)

Figura 31 – Matriz *fuzzy* dos fornecedores em relação ao critério condições do armazém

Fonte – Autor (2016).

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(0,2, 0,3, 0,33)	(0,14, 0,14, 0,14)	(0,2, 0,27, 0,33)	(0,11, 0,11, 0,11)
F2	(0,33, 0,5, 1)	(1, 1, 1)	(0,2, 0,27, 0,33)	(0,14, 0,14, 0,14)	(0,2, 0,23, 0,33)	(0,11, 0,11, 0,11)
F3	(3, 3,33, 5)	(3, 3,75, 5)	(1, 1, 1)	(0,14, 0,22, 0,33)	(1, 1, 1)	(0,11, 0,11, 0,11)
F4	(7, 7, 7)	(7, 7, 7)	(3, 4,57, 7)	(1, 1, 1)	(5, 6, 7)	(0,14, 0,17, 0,2)
F5	(3, 3,75, 5)	(3, 4,29, 5)	(1, 1, 1)	(0,14, 0,17, 0,2)	(1, 1, 1)	(0,11, 0,11, 0,11)
F6	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(5, 5,83, 7)	(9, 9, 9)	(1, 1, 1)

Figura 32 – Matriz *fuzzy* dos fornecedores em relação ao critério parceria comercial

Fonte – Autor (2016).

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	(1, 1, 1)	(0,33, 0,83, 1)	(0,14, 0,19, 0,2)	(0,14, 0,16, 0,2)	(0,14, 0,17, 0,2)	(0,11, 0,11, 0,11)
F2	(1, 1,2, 3)	(1, 1, 1)	(0,14, 0,19, 0,2)	(0,14, 0,14, 0,14)	(0,14, 0,17, 0,2)	(0,11, 0,11, 0,11)
F3	(5, 5,38, 7)	(5, 5,38, 7)	(1, 1, 1)	(0,2, 0,27, 0,33)	(0,33, 0,83, 1)	(0,11, 0,11, 0,11)
F4	(5, 6,36, 7)	(7, 7, 7)	(3, 3,75, 5)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(0,14, 0,19, 0,2)
F5	(5, 5,83, 7)	(5, 5,83, 7)	(1, 1,2, 3)	(0,33, 0,5, 1)	(1, 1, 1)	(0,11, 0,11, 0,11)
F6	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(5, 5,38, 7)	(9, 9, 9)	(1, 1, 1)

Figura 33 – Matriz *fuzzy* dos fornecedores em relação ao critério cobrança de taxa de armazenagem

Fonte – Autor (2016).

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	(1, 1, 1)	(0,33, 0,5, 1)	(3, 4, 5)	(0,2, 0,23, 0,33)	(3, 4,5, 5)	(5, 6,5, 7)
F2	(1, 2, 3)	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)	(0,33, 0,67, 1)	(5, 5,5, 7)	(7, 7,5, 9)
F3	(0,2, 0,25, 0,33)	(0,2, 0,25, 0,33)	(1, 1, 1)	(0,2, 0,27, 0,33)	(1, 2, 3)	(5, 6, 7)
F4	(3, 4,29, 5)	(1, 1,5, 3)	(3, 3,75, 5)	(1, 1, 1)	(3, 5, 7)	(5, 6,5, 7)
F5	(0,2, 0,22, 0,33)	(0,14, 0,18, 0,2)	(0,33, 0,5, 1)	(0,14, 0,2, 0,33)	(1, 1, 1)	(5, 6, 7)
F6	(0,14, 0,15, 0,2)	(0,11, 0,13, 0,14)	(0,14, 0,17, 0,2)	(0,14, 0,15, 0,2)	(0,14, 0,17, 0,2)	(1, 1, 1)

Figura 34 – Matriz *fuzzy* dos fornecedores em relação ao critério capacidade de armazenagem

Fonte – Autor (2016).

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	(1, 1, 1)	(1, 1,5, 3)	(3, 3,5, 5)	(0,14, 0,16, 0,2)	(0,14, 0,2, 0,33)	(1, 1,5, 3)
F2	(0,33, 0,67, 1)	(1, 1, 1)	(3, 3, 3)	(0,11, 0,11, 0,11)	(0,11, 0,12, 0,14)	(1, 1, 1)
F3	(0,2, 0,29, 0,33)	(0,33, 0,33, 0,33)	(1, 1, 1)	(0,11, 0,12, 0,14)	(0,11, 0,13, 0,14)	(0,2, 0,27, 0,33)
F4	(5, 6,36, 7)	(9, 9, 9)	(7, 8,4, 9)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(5, 5,5, 7)
F5	(3, 4,88, 7)	(7, 8,4, 9)	(7, 7,88, 9)	(0,33, 0,5, 1)	(1, 1, 1)	(3, 4,5, 5)
F6	(0,33, 0,67, 1)	(1, 1, 1)	(3, 3,75, 5)	(0,14, 0,18, 0,2)	(0,2, 0,22, 0,33)	(1, 1, 1)

Figura 35 – Matriz *fuzzy* dos fornecedores em relação ao critério proximidade com regiões produtoras

Fonte – Autor (2016).

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	(1, 1, 1)	(0,2, 0,47, 1)	(0,33, 0,5, 1)	(0,14, 0,17, 0,2)	(0,2, 0,23, 0,33)	(0,2, 0,47, 1)
F2	(1, 2,14, 5)	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)	(0,2, 0,3, 0,33)	(0,33, 0,33, 0,33)	(1, 2, 3)
F3	(1, 2, 3)	(0,2, 0,25, 0,33)	(1, 1, 1)	(0,2, 0,2, 0,2)	(0,2, 0,23, 0,33)	(0,33, 0,67, 1)
F4	(5, 5,83, 7)	(3, 3,33, 5)	(5, 5, 5)	(1, 1, 1)	(1, 1,5, 3)	(3, 4, 5)
F5	(3, 4,29, 5)	(3, 3, 3)	(3, 4,29, 5)	(0,33, 0,67, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)
F6	(1, 2,14, 5)	(0,33, 0,5, 1)	(1, 1,5, 3)	(0,2, 0,25, 0,33)	(0,33, 0,5, 1)	(1, 1, 1)

Figura 36 – Matriz *fuzzy* dos fornecedores em relação ao critério proximidade com clientes

Fonte – Autor (2016).

A última etapa da agregação é reduzir as matrizes em apenas um número *fuzzy* triangular. Esse cálculo é realizado a partir da média geométrica das posições correspondentes do vetor de agregação, ou seja, a primeira posição do vetor resultante será a média geométrica das primeiras posições dos números *fuzzy* respectivos à linha da matriz. A equação (9) expõe como os cálculos devem ser realizados.

$$l_{ij} = \left(\prod_{k=1}^K l_{ijk} \right)^{\frac{1}{K}}, \quad m_{ij} = \left(\prod_{k=1}^K m_{ijk} \right)^{\frac{1}{K}}, \quad u_{ij} = \left(\prod_{k=1}^K u_{ijk} \right)^{\frac{1}{K}} \quad (9)$$

A Figura 37 apresenta o vetor de agregação do julgamento dos critérios. Tais valores são utilizados na etapa de defuzzificação.

	Agregação		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
C1	1,72	2,49	3,6
C2	0,68	1,32	1,85
C3	0,29	0,69	1,47
C4	0,79	1,18	1,72
C5	0,32	0,53	1,00
C6	0,37	0,61	1,00
C7	0,73	1,17	2,51
Soma	4,91	7,99	13,16

Figura 37 - Agregação dos julgamentos dos critérios

Fonte – Autor (2016).

A linha soma é a soma resultante de cada coluna das posições do vetor e é feita a partir da equação (10).

$$l_{soma} = \sum_{i=1}^7 l_i, \quad m_{soma} = \sum_{i=1}^7 m_i, \quad u_{soma} = \sum_{i=1}^7 u_i \quad (10)$$

4.7 Defuzzificação e Parametrização das Matrizes de Julgamento

Com a agregação realizada, é possível calcular o peso de cada posição do vetor, iniciando assim a etapa conhecida como defuzzificação. O primeiro passo é realizar a divisão de cada

uma das células pela soma total das posições correspondentes. A equação (11) exhibe a fórmula utilizada nesse processo.

$$l_{\text{peso } i} = \frac{l_i}{l_{\text{soma}}}, \quad m_{\text{peso } i} = \frac{m_i}{m_{\text{soma}}}, \quad u_{\text{peso } i} = \frac{u_i}{u_{\text{soma}}}, \quad i = 1, \dots, 7 \quad (11)$$

A próxima etapa é a de defuzzificação em si, que consiste na obtenção das prioridades (pesos – *crisp*) dos critérios à luz do foco principal e dos fornecedores à luz de cada critério, feita a partir da média aritmética do vetor pesos –*fuzzy*. A equação (12) mostra como o cálculo dever ser feito.

$$\text{Pesos - Crisp}_i = \frac{l_{\text{peso } i} + m_{\text{peso } i} + u_{\text{peso } i}}{3}, \quad i = 1, \dots, 7 \quad (12)$$

A Figura 38 exhibe os resultados das etapas relacionadas acima.

	Agregação			Pesos - Fuzzy			Pesos - Crisp
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	
C1	1,72	2,49	3,6	0,35	0,31	0,27	0,3121
C2	0,68	1,32	1,85	0,14	0,17	0,14	0,1482
C3	0,29	0,69	1,47	0,06	0,09	0,11	0,0857
C4	0,79	1,18	1,72	0,16	0,15	0,13	0,147
C5	0,32	0,53	1,00	0,07	0,07	0,08	0,0693
C6	0,37	0,61	1,00	0,07	0,08	0,08	0,0755
C7	0,73	1,17	2,51	0,15	0,15	0,19	0,1621
Soma	4,91	7,99	13,16	1	1	1	1

Figura 38 - Agregação e Defuzzificação dos julgamentos dos critérios

Fonte – Autor (2016).

Os mesmos processos se repetem para os julgamentos dos fornecedores à luz de cada um dos critérios. O Quadro 6 reúne as prioridades (pesos – *crisp*) obtidas a partir de tais matrizes.

Quadro 6 – Prioridades dos fornecedores em relação à cada critério

Fornecedor	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
F1	0,0814	0,0895	0,0338	0,0255	0,1818	0,0904	0,0537
F2	0,4362	0,1263	0,0273	0,0287	0,2839	0,0578	0,1376
F3	0,0280	0,0400	0,0792	0,0886	0,0890	0,0285	0,0637
F4	0,1638	0,4048	0,2334	0,1851	0,3541	0,4353	0,3873
F5	0,0399	0,0310	0,0767	0,1172	0,0656	0,3155	0,2516
F6	0,2507	0,3083	0,5496	0,5549	0,0255	0,0724	0,1062
Soma	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Fonte – Autor (2016).

Com todas as prioridades calculadas, é possível calcular o peso global, que mostra as opções melhores avaliadas no contexto no estudo. Esse valor é obtido por meio do produto entre a prioridade dos fornecedores em relação à cada critério com a prioridade respectiva dos critérios à luz do foco principal. A Figura 39 apresenta a construção da tabela para que se pudesse realizar as multiplicações. O processo se repete para todos os outros critérios, no qual se muda o peso do fornecedor, obtido do Quadro 6, e o peso do critério, vindo da Figura 38.

Critério: Acesso aos modais		
Fornecedor	Peso - Fornecedor	Peso - Critério
F1	0,0814	0,3121
F2	0,4362	0,3121
F3	0,028	0,3121
F4	0,1638	0,3121
F5	0,0399	0,3121
F6	0,2507	0,3121

Figura 39 – Valores para obtenção do peso global

Fonte – Autor (2016).

Com as sete matrizes criadas, calcula-se o peso global, que é obtido por meio da soma dos produtos entre o peso do fornecedor e do critério para cada fornecedor. A Figura 40 exibe o resultado da soma dos produtos entre os fornecedores.

Fornecedor	Peso Global
F1	0,0734
F2	0,2078
F3	0,0531
F4	0,2786
F5	0,1100
F6	0,2771
Soma	1

Figura 40 - Fornecedores e seus pesos globais

Fonte – Autor (2016).

4.8 Análise dos Resultados

O objetivo deste trabalho era de analisar a situação atual da cadeia de fornecedores da empresa em estudo e classificar os mais aptos de acordo com os critérios expostos no Quadro 3. A ferramenta utilizada, para que fosse possível realizar este estudo, foi o *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)*, que é uma evolução do *AHP*, este último extensamente utilizado em processos de tomada de decisão e bem difundido na literatura.

Com o *FAHP* definiu-se o problema com clareza e objetividade, e construiu-se a árvore hierárquica de decisão, que facilita a visualização de todos os aspectos levados em consideração durante o estudo.

Tendo definido os critérios, os fornecedores, os julgadores e o formato de aplicação dos julgamentos, foi possível realizar todas as comparações par a par, tanto para os critérios quanto para os fornecedores. Neste estudo, foram criadas quatro simulações, sendo que cada uma representava um dos julgadores. Com as matrizes criadas e completas, iniciou-se o processo de transformação das comparações em uma escala numérica, criando-se assim, todas as matrizes *fuzzy*, apresentadas entre as Figuras 29 e 36.

A partir desse momento, iniciam-se os cálculos para verificar a consistência dos julgamentos cuja relação de consistência deve ser menor ou igual a 0,1. De acordo com o Quadro 5, verificou-se que todos os julgamentos respeitam tal condição e significam que os mesmos são consistentes. Isso quer dizer que eles podem ser utilizados para obtenção dos pesos locais, e posteriormente dos pesos globais.

Da Figura 38, a que traz o peso *crisp* de cada critério em relação ao foco principal, é possível notar que o mais importante, de acordo com as simulações realizadas, é o critério acesso aos modais com 31,21% da preferência total. Em segundo lugar, está a proximidade com clientes, com 16,21%. A Figura 41 traz o ordenação dos critérios de acordo com as suas prioridades.

Critério		Peso
c1	Acesso aos modais	0,3121
c7	Proximidade com clientes	0,1621
c2	Condições do armazém	0,1482
c4	Cobrança de taxa de armazenagem	0,1470
c3	Parceria comercial	0,0857
c6	Proximidade com regiões produtoras	0,0755
c5	Capacidade de armazenagem	0,0693
Soma		1

Figura 41 – Ordenação dos critérios em relação a sua relevância

Fonte – Autor (2016).

Da mesma forma, foram calculadas as prioridades dos fornecedores em relação à cada critério. Desses valores, cita-se o fornecedor 6 que obteve mais de 50% da prioridade para os critérios parceria comercial e cobrança de taxa de armazenagem. Isso se deve ao fato de tal fornecedor ser um armazém próprio da empresa. Os outros valores podem ser visualizados no Quadro 6.

Com as prioridades dos critérios e dos fornecedores calculadas, foi possível calcular o peso global de cada fornecedor, apresentado na Figura 40. Para facilitar a visualização e com o intuito de mostrar os fornecedores com os maiores pesos, realiza-se a ordenação do mesmos de acordo com seu peso global. A Figura 42 apresenta o ranking dos fornecedores.

Rank	Fornecedor	Peso Global
1°	F4	0,2786
2°	F6	0,2771
3°	F2	0,2078
4°	F5	0,1100
5°	F1	0,0734
6°	F3	0,0531
Soma		1

Figura 42 - Fornecedores e seus pesos globais ranqueados

Fonte – Autor (2016).

Da Figura 42, é possível notar que o fornecedor 4 (F4) é o mais importante de toda a cadeia atual da empresa, com 27,86% da preferência global. O F4 contou com valores acima de 15% das prioridades em relação aos critérios, como pode ser visualizado no Quadro 6. Além disso, foi o melhor avaliado em quatro dos sete critérios em análise. Tais fatos evidenciaram o F4 e fizeram com que ele ficasse em primeiro lugar.

Em seguida está o fornecedor 6 (F6), que é o armazém próprio da empresa, com 27,71% da preferência, valor muito próximo do primeiro colocado. Isso se deve aos pesos que o F6 obteve para os critérios capacidade de armazenagem (C5) e proximidade de regiões produtoras (C6) cujos valores são 2,55% e 7,24% das prioridades, respectivamente. Não fossem esses pesos tão baixos, provavelmente o F6 ficaria em primeiro lugar.

5 CONCLUSÃO

No decorrer deste estudo foi possível perceber que a gestão da cadeia de suprimentos de uma empresa é um dos aspectos mais importantes para garantir a sobrevivência e competitividade da mesma. No cotidiano, problemas surgem e decisões devem ser tomadas, as quais são realizadas de acordo com a experiência e conhecimento dos especialistas das empresas. Quando se olha para um horizonte maior de tempo, as decisões passam a ser estratégicas e, normalmente, não são fáceis de serem tomadas devido à grande quantia de dados e de informações conflitantes. Para auxiliar o processo decisório, especialistas utilizam os métodos de apoio à tomada de decisão multicritérios, os quais se mostram bastante eficazes na construção das estratégias empresariais. Pela pesquisa bibliométrica, constatou-se que os métodos *AHP* e *FAHP* têm tido uma crescente utilização na resolução de problemas com critérios conflitantes nos últimos 10 anos. Além disso, dentro do procedimento criado no estudo bibliométrico, não foi encontrada nenhuma publicação que relaciona os temas logística, armazenagem e localização com o *FAHP*, o que reforça o caráter inédito deste trabalho, oferecendo tanto contribuições para empresas que necessitam tomar decisões de cunho estratégico (localização de facilidades, seleção de fornecedores, entre outras) quanto para o meio acadêmico, que pode fazer uso desta pesquisa para realizar estudos nos quais o *FAHP* pode ser utilizado.

A ferramenta escolhida pelos autores deste trabalho foi a *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)*, que tem como principais características a minimização da tendenciosidade dos tomadores de decisão para uma determinada escolha e a adição de objetividade ao processo decisório. A utilização dessa ferramenta foi muito satisfatória, pois além da fácil adaptação ao problema em análise, ela forneceu bons resultados e que se adequam à realidade atual da empresa. O fornecedor mais importante está localizado em um município estratégico do norte-central do PR, próximo a grandes clientes paranaenses e paulistas, tem bom acesso aos modais de transporte, os armazéns comportam grande volume para estocagem e são novos, além disso é o mais novo parceiro da empresa, e tem um potencial de se tornar o mais importante para as próximas safras. No mais, a contribuição na redução da lacuna empírica que a empresa enfrenta é bastante visível com a utilização da metodologia proposta, já que se passa a fazer uso de um método bem estruturado em vez de se tomar decisões baseadas apenas na vivência e experiência dos gestores e gerentes.

Uma das partes do desenvolvimento deste projeto era a obtenção dos julgamentos paritários dos critérios e dos fornecedores por parte dos membros da equipe de *trading* de trigo da empresa, porém não foi possível contar com essa colaboração. Para contornar esse problema, criaram-se as simulações dos julgamentos, adicionando-se a subjetividade que estaria presente se os membros os tivessem realizado. Dessa forma, o desenvolvimento e aplicação da ferramenta não foram afetados. Contudo, é importante dizer que se os especialistas tivessem feito as avaliações paritárias, os resultados poderiam ser diferentes dos obtidos.

Para finalizar, pode-se concluir que os objetivos deste trabalho foram atingidos e que essa metodologia auxilia o processo decisório, sendo recomendada na resolução de problemas complexos, na criação de estratégias a longo prazo e na avaliação dos sistemas atuais da empresa.

5.1 Lições Aprendidas

Fora todo o conhecimento obtido, é importante citar o esforço despendido para que fosse possível criar uma maneira mais fácil e intuitiva para que os julgamentos fossem realizados. Além disso, é interessante criar um canal de comunicação direto, com cobranças periódicas e retorno do desenvolvimento das atividades aos especialistas externos que possam vir a auxiliar ou são necessários para o desenvolvimento do trabalho.

Uma das etapas que gerou muitas dificuldades foi a da pesquisa bibliométrica, já que as bases de pesquisa são diferentes e cada uma tem suas características para busca de artigos. Dessa forma, é importante analisar todas as bases antes de se iniciar a pesquisa bibliométrica, criando-se uma rotina que seja satisfeita para todas as utilizadas, de modo a evitar retrabalhos e garantir resultados mais confiáveis.

5.2 Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros, recomenda-se a criação de diferentes cenários para que a análise seja enriquecida. Algumas opções são a retirada dos critérios e/ou fornecedores com menores pesos e verificação do comportamento dos resultados. Da mesma forma, recomenda-se a inserção de novos critérios e fornecedores, haja vista que as cadeias de suprimentos são geralmente bastante extensas.

Além disso, aconselha-se obter os julgamentos por parte dos especialistas da empresa com o intuito de que as análises fiquem mais fiéis à realidade.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Kellen Denise Guimarães de; COSTA, Natalia Rodrigues; FREITAS, Andre Luis Policani. Avaliação da qualidade dos serviços de um restaurante universitário: uma análise utilizando métodos de apoio à decisão. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXV, 2015, Fortaleza. **Anais....** Fortaleza: ENEGEP, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_232_27747.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2016.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2010.

BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial**: Transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2012.

BELLUMAT, Marcelo Silva; CASTRO, Leonardo Cruz; LEITE, Christian Secchin. Decisão multicritério de localidades para um pólo industrial utilizando o método *AHP*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXV, 2015, Fortaleza. **Anais....** Fortaleza: ENEGEP, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_211_251_27433.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2016.

BOWERSOX, Donald J. *et al.* **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. 4. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2014.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística empresarial**: o processo de integração da cadeia de suprimentos. São Paulo: Atlas, 2010.

CALIFE, Naiara Faiad Sebba; STERLING, Fernanda Araujo. Proposta de um sistema de localização e endereçamento de estoque: um estudo de caso em um centro de distribuição de produtos alimentícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXIV, 2014, Curitiba. **Anais....** Curitiba: ENEGEP, 2014. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_195_103_26120.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2016.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações**. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro.; GOMES, Carlos Francisco Simões. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL (IPARDES). Base Física e Política – Mesorregiões geográficas (IBG) – Paraná, 2010. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_fisica/mesorregioes_geograficas_base_2010.jpg >. Acesso em: 04 set. 2016.

KAHRAMAN, Cengiz *et al.* **Fuzzy multi-criteria decision making**. New York: Springer, 2008.

LIMA JUNIOR, Francisco Rodrigues. **Comparação entre os métodos Fuzzy TOPSIS e Fuzzy AHP no apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores**. 2013. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-12092013-103003/pt-br.php>>. Acesso em: 04 jul. 2016.

MACEDO, Marcelo et al. Revisão bibliométrica sobre a produção científica em aprendizagem gerencial. **Gestão e Sociedade**, Belo Horizonte, v. 8, n. 4, p.619-649, maio 2010. Disponível em: <https://www.gestaoesociedade.org/gestaoesociedade/article/view/999>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

NOVAES, Antonio Galvão. **Logística e Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

OVANS, Andrea. What is Strategy, Again? **Harvard Business Review**. Boston, maio 2015. Disponível em: <https://hbr.org/2015/05/what-is-strategy-again>>. Acesso em: 12 maio 2016.

PARAVIDINO, Thomaz Crespo *et al.* Localização industrial: um estudo de caso para locação espacial de uma unidade de envasamento de água de coco. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXI., 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ENEGEP, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_141_894_18425.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2016.

RAVELLI, Ana Paula Xavier *et al.* A produção do conhecimento em enfermagem e envelhecimento: estudo bibliométrico. **Texto Contexto Enfermagem**, Florianópolis, v. 18, n. 3, p.506-512, Jul.-Set., 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/tce/v18n3/a14v18n3>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

RENDER, Barry; STAIR JUNIOR, Ralph M.; HANNA, Michael E. **Análise quantitativa para administração**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

SAATY, Thomas L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal Of Services Sciences**, v. 1, No 1, pp. 83-98. 2008.

SAMED, Márcia Marcondes Altimari; CARLOS, Felipe Meneguetti de. Um estudo para apoiar a tomada de decisão locacional de uma nova unidade do setor sucroalcooleiro no estado do Paraná. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXIII., 2013, Salvador. **Anais...** Salvador: ENEGEP, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_182_041_22732.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2016.

SAMED, Márcia Marcondes Altimari; GONÇALVES, Mirian Buss. Metodologia *AHP* aplicada ao processo de tomada de decisão de localização de centrais de assistência humanitária no estado de Santa Catarina. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXIV, 2014, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ENEGEP, 2014. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_200_135_25463.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2016.

SAMED, Márcia Marcondes Altimari; GONÇALVES, Mirian Buss; CURSI, José Eduardo de Souza. Logística humanitária: uma abordagem *AHP-FUZZY* para a localização de centrais temporárias. In: CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y LOGÍSTICA, XVIII, 2014, Santander. **Anais....** Santander, PANAM, 2014.

SAMED, Márcia Marcondes Altimari; OLIVEIRA, Fernanda Bianchini Rodrigues de. Aplicação do método *AHP* a um problema de localização no contexto da logística humanitária no estado do Paraná. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXV, 2015, Fortaleza. **Anais....** Fortaleza: ENEGEP, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_222_28208.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2016.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 139 p. Disponível em: <https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf>. Acesso em: 09 maio 2015.

SILVA, Mayara Cristina Ghedini da; SILVA, Nivaldo Pereira da; SILVA, Wesley Pereira da. Critérios para localização de usina de reciclagem de resíduos da construção civil, utilizando o método analytic hierarchy process (*AHP*). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXII., 2012, Bento Gonçalves. **Anais....** Bento Gonçalves: ENEGEP, 2012. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STO_162_947_20704.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2016.

SOUSA, Marcelo Coelho de. Proposição de modelo de endereçamento de materiais para aplicação em empresas varejistas de pequeno a médio porte. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXIX, 2009, Salvador. **Anais....** Salvador: ENEGEP, 2009. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_195_103_26120.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2016.

SOUZA, João Carlos Felix *et al.* Uma avaliação multicritério dos riscos do pré-sal. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXIV., 2014, Curitiba. **Anais....** Curitiba: ENEGEP, 2014. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_200_132_23477.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2016.

SULLIVAN, Tim. Blitzscaling. **Harvard Business Review**. Boston, abr. 2016. Disponível em: <<https://hbr.org/2016/04/blitzscaling>>. Acesso em: 12 maio 2016.

TAHA, Hamdy A. **Operations research: an introduction**. 7. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003.

WINSTON, Wayne L. **Operations research: applications and algorithms**. 4. ed. Belmont: Thomson Learning, 2004.

ANEXO A

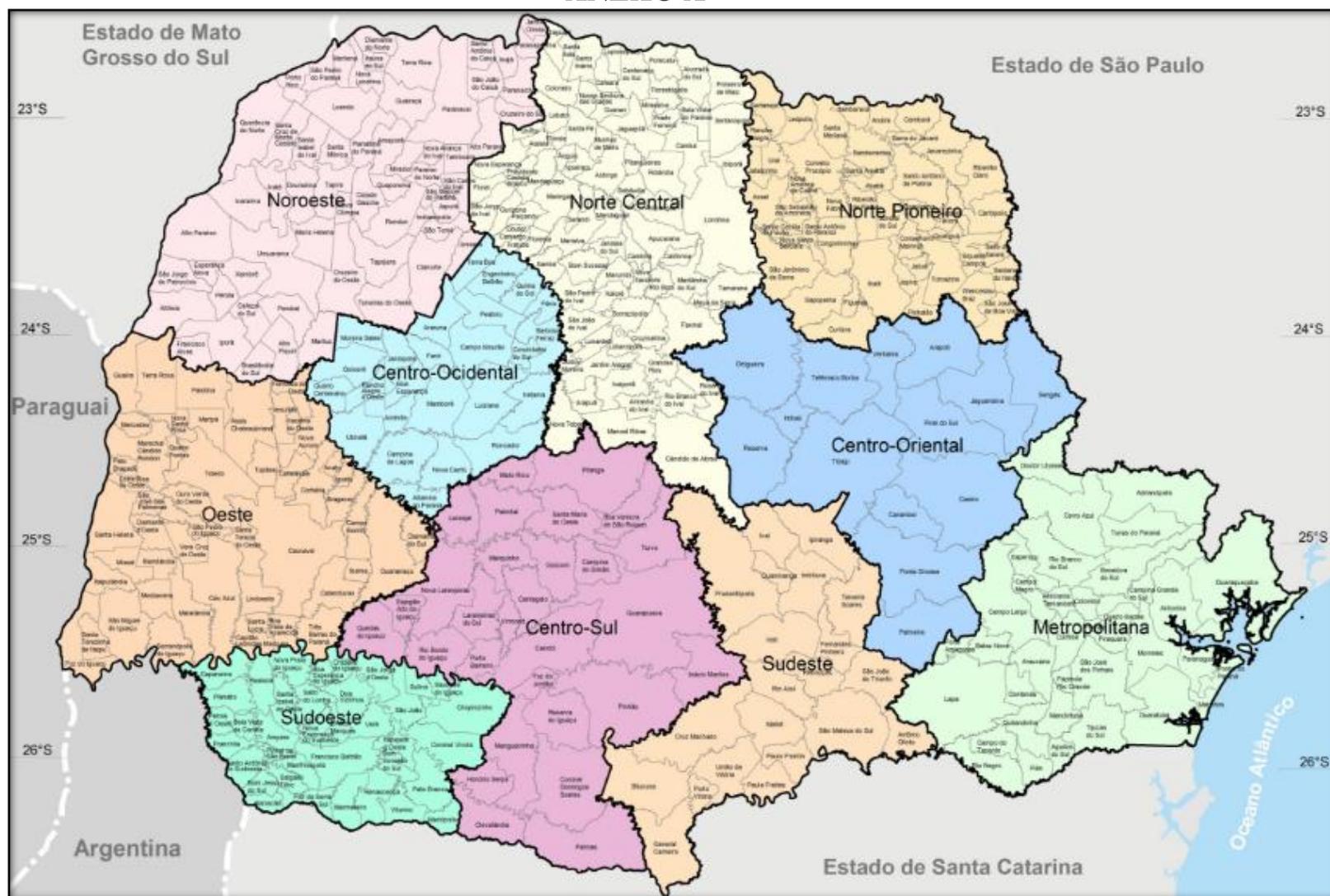


Figura A - 1 - Mapa com as mesorregiões do Paraná
Fonte – IPARDES, 2010.

{Capa de fundo}

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900
Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196