

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

Cléubio Ignácio de Almeida

Análise comparativa de abordagens *fuzzy* AHP para segmentação de fornecedores sustentáveis com o *fuzzy* TOPSIS

Uberaba

2019

Cléubio Ignácio de Almeida

Análise comparativa de abordagens *fuzzy* AHP para segmentação de fornecedores sustentáveis com o *fuzzy* TOPSIS

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, área de concentração “Gestão de Operações”, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Lauro Osiro

Uberaba

2019

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

A445a	<p>Almeida, Cléubio Ignácio de Análise comparativa de abordagens <i>fuzzy</i> AHP para segmentação de fornecedores sustentáveis com o <i>fuzzy</i> TOPSIS / Cléubio Ignácio de Almeida. -- 2019. 165 f. : il., fig., graf., tab.</p> <p>Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2019 Orientador: Prof. Dr. Lauro Osiro</p> <p>1. Sistemas de suporte de decisão. 2. Sistemas difusos. 3. Processo decisório por critério múltiplo. 4. Planejamento empresarial. 5. Laticínios. I. Osiro, Lauro. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.</p>
CDU 658.512	

CLÉUBIO IGNÁCIO DE ALMEIDA

ANÁLISE COMPARATIVA DE ABORDAGENS FUZZY AHP PARA
SEGMENTAÇÃO DE FORNECEDORES SUSTENTÁVEIS COM O FUZZY
TOPSIS

Trabalho de conclusão apresentado ao
Programa de Mestrado Profissional em
Inovação Tecnológica da Universidade Federal
do Triângulo Mineiro, como requisito para
obtenção do título de mestre.

Uberaba, 21 de fevereiro de 2019

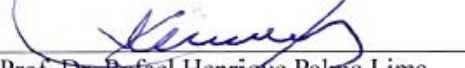
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Lauro Osiro
Orientador – UFTM



Profa. Dra. Flávia de Castro Camioto
Membro Titular – UFTM



Prof. Dr. Rafael Henrique Palma Lima
Membro titular – UTFPR

Dedico aos meus pais e aos meus irmãos, pelo incentivo e apoio nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Orientador Dr. Lauro Osiro, pelas suas orientações, conversas e disponibilidade.

Aos professores membros da banca de avaliação: Rafael, Flávia, Victor e Giuliano.

À minha namorada Bárbara pela paciência, apoio e compreensão.

À minha família: meus pais: Clébio e Waldeth; meus irmãos: Roberta e Lucas; meus avós: Antônio e Nininha; e a todos familiares e parentes por todo apoio e compreensão das minhas ausências.

Aos colegas de empresa, em especial aos que contribuíram para coleta de dados: Wesley, Olirio e Juliano.

Aos amigos de Uberaba Léo, Luiz Gustavo, Guilherme, Lucas, Thales, Giovane, Luiz Eduardo.

Aos colegas de mestrado PMPIT, em especial: Milena e Roberto.

À secretaria do PMPIT, em especial ao Ênio, sempre disposto a ajudar.

“Nós somos apenas uma espécie avançada de macacos em um planeta pequeno de uma estrela mediana. Mas nós conseguimos entender o Universo. Isso nos torna muito especiais. ”

Stephen William Hawking

RESUMO

A segmentação tem papel fundamental na gestão de fornecedores, mas ainda é um campo de pesquisa que tem muito a ser explorado. A criação de novos métodos de segmentação de fornecedores, assim como, o melhor entendimento e a comparação entre métodos já existentes, levarão pesquisadores e especialistas a tomarem decisões alinhadas ao desenvolvimento de cadeias de suprimentos mais sustentáveis. O objetivo deste trabalho é realizar uma análise comparativa de duas abordagens populares do método *Fuzzy AHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process)*, combinado com *Fuzzy TOPSIS (Fuzzy Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)*, aplicados na matriz de segmentação de fornecedores proposta por Rezaei e Ortt (2012). Para isso, foram apresentados dois métodos de segmentação de fornecedores sustentáveis, que se diferenciam na derivação do vetor peso dos critérios da abordagem *fuzzy AHP*. O primeiro, utilizou o método da média geométrica, enquanto o segundo, utilizou o *extent analysis method*. O resultado foi a segmentação dos fornecedores em quatro segmentos de uma matriz composta por duas dimensões: “competências sustentáveis do fornecedor”, com critérios de avaliação de fornecedores baseados no conceito do *triple bottom line*; e “disposição em cooperar do fornecedor”, com critérios que direcionam à formação de relacionamento a longo prazo. Por fim, os métodos foram comparados com os critérios que caracterizam a segmentação de fornecedores, considerando: ordem e valores dos pesos dos critérios, desempenho dos fornecedores, matriz de segmentação de fornecedores sustentáveis e adequação à mudança de critério. A aplicação prática da segmentação de fornecedores se deu em uma empresa de laticínios. Os resultados do trabalho mostraram que os dois métodos chegaram a matrizes de segmentação muito similares, mas o que utilizou a média geométrica se mostrou mais adequado, já que teve um melhor desempenho nos critérios de comparação analisados.

Palavras-chave: Segmentação de fornecedores sustentáveis. Análise comparativa. Métodos de decisão multicritérios. *Fuzzy AHP*. *Fuzzy TOPSIS*.

ABSTRACT

Segmentation plays a key role in the supplier management, but it is still a field of research that has much to explore. The creation of new segmentation methods, as well as better understanding and comparison of existing methods, will lead researchers and practitioners to make decisions aligned with the development of more sustainable supply chains. The objective of this work is to perform a comparative analysis of two popular approaches of the Fuzzy AHP (Analytical Hierarchy Process), combined with Fuzzy TOPSIS (Technique for Order of Preference by Ideal Solution), and applied in the supplier segmentation matrix proposed by Rezaei and Ortt (2012). For this, two methods of sustainable suppliers segmentation were presented, which differ in the derivation of the criteria weights vector in the fuzzy AHP approach. The first one used the geometric mean method, while the second one used the extent analysis method. The result was the segmentation of suppliers into four segments of a two dimensions matrix: "supplier's sustainable capabilities", with supplier evaluation criteria based on the triple bottom-line concept; and "supplier willingness to cooperate," with criteria that lead to long-term relationship building. Finally, the methods were compared with the criteria that characterize a supplier segmentation, considering order and values of criteria weights, supplier performance, sustainable supplier segmentation matrix, and suitability to change criteria. Practical application of supplier segmentation occurred in a dairy company. The results of the work showed that the two methods reached very similar segmentation matrices, but the method that used the geometric mean was more adequate, since it had a better performance in the comparison criteria analyzed.

Keywords: Sustainable supplier segmentation. Comparative analysis. Multi-criteria decision methods, fuzzy AHP, fuzzy TOPSIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de portfólio de compras de Kraljic.....	22
Figura 2 – Modelo de segmentação de Pagell, Wu e Wasserman (2010)	25
Figura 3 – Matriz de segmentação de Rezaei e Ortt (2012)	26
Figura 4 – Número <i>fuzzy</i> triangular	40
Figura 5 – Gráfico da função de pertinência dos termos linguísticos	42
Figura 6 – Representação hierárquica de um problema de decisão no AHP....	43
Figura 7 – Gráfico de intersecção entre $S1$ e $S2$	51
Figura 8 - Etapas gerais dos métodos de segmentação de fornecedores	57
Figura 9 – Método de segmentação utilizando <i>fuzzy</i> AHP (método da média geométrica) e <i>fuzzy</i> TOPSIS.....	58
Figura 10 – Matriz de segmentação proposta	62
Figura 11 – Método de segmentação utilizando <i>fuzzy</i> AHP (<i>extent analysis method</i>) e <i>fuzzy</i> TOPSIS	63
Figura 12 – Hierarquia de decisão dos critérios competências sustentáveis do fornecedor.....	68
Figura 13 – Hierarquia de decisão dos critérios “disposição em cooperar do fornecedor”	69
Figura 14 – Matriz de segmentação de fornecedores resultante do método de segmentação que utilizou <i>fuzzy</i> AHP (método da média geométrica) e <i>fuzzy</i> TOPSIS.....	95
Figura 15 – Matriz de segmentação de fornecedores resultante do método de segmentação que utilizou <i>fuzzy</i> AHP (<i>extent analysis method</i>) e <i>fuzzy</i> TOPSIS	106
Figura 16 – Matriz de segmentação comparativa de fornecedores	113
Figura 17 – Matrizes de segmentação resultantes do teste de exclusão de subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” do método da média geométrica.....	119
Figura 18 – Matrizes de segmentação resultantes do teste de exclusão de critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” do método da média geométrica	121

Figura 19 – Matrizes de segmentação resultantes do teste de exclusão de subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” do <i>extent analysis method</i>	122
Figura 20 – Matrizes de segmentação resultantes do teste de exclusão de critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” do <i>extent analysis method</i>	123

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferenças entre o modelo de Kraljic (1983) e o modelo de Pagell, Wu e Wasserman (2010)	25
Quadro 2 – Síntese dos trabalhos de segmentação de fornecedores	29
Quadro 3 – Critérios econômicos de seleção e avaliação de fornecedores.....	32
Quadro 4 – Critérios ambientais de seleção e avaliação de fornecedores	33
Quadro 5 – Critérios sociais de seleção e avaliação de fornecedores.....	33
Quadro 6 – Critérios de disposição em cooperar do fornecedor.....	34
Quadro 7 – Métodos MCDM	37
Quadro 8 – Utilização do método da média geométrica e do <i>extent analysis method</i> em <i>fuzzy AHP</i>	47
Quadro 9 – Conjunto de termos linguísticos para avaliação dos pesos dos critérios utilizados no <i>fuzzy AHP</i>	59
Quadro 10 – Conjunto de termos linguísticos para avaliação do desempenho dos fornecedores utilizados no <i>fuzzy TOPSIS</i>	60
Quadro 11 – Matriz de comparação pareadas dos critérios TBL da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”.	70
Quadro 12 – Matriz de comparação pareada dos subcritérios econômicos por especialista	70
Quadro 13 – Matriz de comparação pareada dos subcritérios ambientais por especialista	71
Quadro 14 – Matriz de comparação pareada dos subcritérios sociais por especialista	71
Quadro 15 – Matriz de comparação pareada dos critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” por especialista	72
Quadro 16 – Caracterização dos fornecedores avaliados	78
Quadro 17 – Relação entre os critérios de comparação e as etapas da segmentação de fornecedores.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Termos linguísticos	42
Tabela 2 – Valores para o índice aleatório RI de Saaty (1990)	44
Tabela 3 – Matriz de comparação pareada agregada dos critérios TBL da dimensão “competências sustentáveis dos fornecedores”	73
Tabela 4 – Matriz de comparação pareada agregada dos subcritérios econômicos.....	73
Tabela 5 – Matriz de comparação pareada agregada dos subcritérios ambientais	73
Tabela 6 – Matriz de comparação pareada agregada dos subcritérios sociais.	73
Tabela 7 – Matriz de comparação pareada agregada dos critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”	74
Tabela 8 – Pesos dos critérios e subcritérios da dimensão "competências sustentáveis do fornecedor"	77
Tabela 9 – Pesos dos critérios e subcritérios da dimensão "disposição em cooperar do fornecedor"	77
Tabela 10 – Avaliação do desempenho dos fornecedores nos critérios sustentáveis realizada pelos 3 tomadores de decisão.....	79
Tabela 11 – Matriz de decisão <i>fuzzy</i> com valores agregados (D) das avaliações dos três especialistas para “competências sustentáveis dos fornecedores”	81
Tabela 12 – Matriz de decisão <i>fuzzy</i> normalizada (R)	83
Tabela 13 – Matriz de decisão <i>fuzzy</i> ponderada (V) (método da média geométrica).....	85
Tabela 14 – Distância entre cada alternativa e A + e distância total (Di +) para a dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (método da média geométrica).....	87
Tabela 15 – Distância entre cada alternativa e A – e distância total (Di –) para a dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (método da média geométrica).....	88
Tabela 16 – Coeficientes de aproximação e ranking dos fornecedores na dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (método da média geométrica).....	89

Tabela 17 – Avaliação do desempenho dos fornecedores nos critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”	90
Tabela 18 – Matriz de decisão <i>fuzzy</i> (D) com valores agregados para “disposição em cooperar do fornecedor”	90
Tabela 19 – Matriz de decisão <i>fuzzy</i> normalizada (R) para “disposição em cooperar do fornecedor”	91
Tabela 20 – Matriz de decisão <i>fuzzy</i> ponderada (V) para “disposição em cooperar do fornecedor” (método da média geométrica).....	91
Tabela 21 – Distância entre cada alternativa e A + , e a distância total (Di +) para a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (método da média geométrica).....	92
Tabela 22 – Distância entre cada alternativa e A – , e a distância total (Di –) para a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (método da média geométrica).....	92
Tabela 23 – Coeficientes de aproximação e ranking dos fornecedores na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (método da média geométrica).....	92
Tabela 24 – Coeficientes de aproximação normalizados (método da média geométrica).....	94
Tabela 25 – Pesos dos critérios e subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” resultantes do <i>extent analysis method</i>	99
Tabela 26 – Pesos dos critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” resultantes do <i>extent analysis method</i>	99
Tabela 27 – Matriz de decisão <i>fuzzy</i> ponderada (V) (<i>extent analysis method</i>)	101
Tabela 28 – Distância entre cada alternativa e A + e distância total (Di +) para a dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (<i>extent analysis method</i>)	102
Tabela 29 – Distância entre cada alternativa e A – e distância total (Di –) para a dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (<i>extent analysis method</i>)	102
Tabela 30 – Coeficientes de aproximação e ranking dos fornecedores na dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (<i>extent analysis method</i>)	103

Tabela 31 – Matriz de decisão ponderada (V) para “disposição em cooperar do fornecedor” (<i>extent analysis method</i>)	103
Tabela 32 – Distância entre cada alternativa e $A +$, e a distância total ($Di +$) para a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (<i>extent analysis method</i>)	104
Tabela 33 – Distância entre cada alternativa e $A -$, e a distância total ($Di -$) para a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (<i>extent analysis method</i>)	104
Tabela 34 – Coeficientes de aproximação e ranking dos fornecedores na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (<i>extent analysis method</i>)	104
Tabela 35 – Coeficientes de aproximação e ranking dos fornecedores na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (<i>extent analysis method</i>)	105
Tabela 36 – Análise comparativa dos pesos locais dos critérios de “competências sustentáveis do fornecedor” utilizando fuzzy AHP	108
Tabela 37 – Análise comparativa dos pesos globais dos subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” utilizando <i>fuzzy</i> AHP	109
Tabela 38 – Análise dos pesos dos critérios de disposição em cooperar utilizando <i>fuzzy</i> AHP	110
Tabela 39 – Análise do desempenho dos fornecedores na dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” utilizando <i>fuzzy</i> TOPSIS	111
Tabela 40 – Análise do desempenho dos fornecedores na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” utilizando <i>fuzzy</i> TOPSIS	112
Tabela 41 – Distância entre os coeficientes de aproximação normalizados ...	114
Tabela 42 – Comparação dos tipos de segmentos resultantes das matrizes de comparação	115

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Segmentação de fornecedores.....	21
2.2 Critérios de Seleção e avaliação de Fornecedores	30
2.2.1 Critérios de seleção e avaliação de fornecedores sustentáveis.....	31
2.3 Métodos MCDM.....	35
2.4 Teoria dos Conjuntos Fuzzy	38
2.4.1 Conjuntos Fuzzy	39
2.4.2 Números Fuzzy	39
2.4.3 Variáveis Linguísticas.....	41
2.5 Fuzzy AHP	42
2.5.1 Método da média geométrica	48
2.5.2 <i>Extent analysis method</i>	50
2.6 Fuzzy TOPSIS.....	52
3 METODOLOGIA	56
3.1 Método de segmentação utilizando na abordagem <i>fuzzy</i> AHP, o Método da média geométrica proposto por Buckley (1985), combinada com <i>fuzzy</i> TOPSIS, proposta por Chen (2000).....	57
3.2 Método de segmentação utilizando na abordagem <i>fuzzy</i> AHP, o <i>extent analysis method</i> proposto por Chang (1996), combinada com <i>fuzzy</i> TOPSIS, proposto por Chen (2000).....	62
3.3 Pesquisa de Campo – Caracterização da empresa	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
4.1 Aplicação prática do Método de segmentação: <i>fuzzy</i> AHP (método da média geométrica) e <i>fuzzy</i> TOPSIS.....	67
4.2 Aplicação prática do Método de segmentação: <i>fuzzy</i> AHP (<i>extent analysis method</i>) e <i>fuzzy</i> TOPSIS	95

4.3 Análise comparativa	106
4.3.1 Ordem e valores dos pesos dos critérios	107
4.3.2 Desempenho dos fornecedores	110
4.3.3 Matriz de segmentação de fornecedores sustentáveis	112
4.3.4 Adequação à mudança de critérios	117
5 CONCLUSÃO	125
REFERÊNCIAS	130
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	136
APÊNDICE B – PASSOS PARA O CÁLCULO DA RAZÃO DE CONSISTÊNCIA CR	144
APÊNDICE C – CORRELAÇÃO LINEAR DE POSTOS	147
APÊNDICE D – ADICIONANDO CRITÉRIOS <i>FUZZY AHP</i> , MÉTODO DA MÉDIA GEOMÉTRICA.....	150
APÊNDICE E – ADICIONANDO CRITÉRIOS <i>FUZZY AHP</i> , <i>EXTENT ANALYSIS METHOD</i>	152
APÊNDICE F – PROBLEMA DO PESO NULO NO <i>FUZZY AHP</i> , <i>EXTENT ANALYSIS METHOD</i>	154
APÊNDICE G – EXCLUINDO CRITÉRIOS NA ABORDAGEM <i>FUZZY AHP</i> , MÉTODO DA MÉDIA GEOMÉTRICA	158
APÊNDICE H – EXCLUINDO CRITÉRIOS NA ABORDAGEM <i>FUZZY AHP</i> , <i>EXTENT ANALYSIS METHOD</i>	162

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da competição global, as empresas buscam ser excelentes em suas competências essenciais para que assim, adquiram vantagens competitivas sobre seus concorrentes. Quanto mais elas se concentram em suas competências essenciais, mais importante passa a ser o papel de seus fornecedores (KRAUSE, 1997). À medida que as empresas perceberam que o desempenho do fornecedor é crucial para estabelecer e manter a vantagem competitiva, a gestão dos fornecedores tem sido objeto de pesquisas consideráveis no gerenciamento da cadeia de suprimentos (LI et al., 2012).

A gestão de fornecedores pode ser dividida em quatro atividades principais: seleção, segmentação, gerenciamento e desenvolvimento. Os fornecedores são selecionados, segundo critérios considerados importantes pela empresa compradora, depois eles são segmentados para que posteriormente, estratégias de gerenciamento e desenvolvimento de fornecedores sejam adotadas (REZAEI; ORTT, 2012).

A segmentação de fornecedores desempenha um papel importante, pois a partir dela é possível vincular as competências operacionais das empresas compradoras ao gerenciamento da cadeia de suprimentos, para explorar oportunidades estratégicas na criação de parcerias e no desenvolvimento de fornecedores. Essencialmente, a segmentação de fornecedores consiste em encontrar conjuntos de fornecedores com base em suas semelhanças, ajudando as empresas compradoras a melhorar a qualidade e limitar o número de estratégias de gerenciamento de fornecedores, uma vez que as estratégias podem ser tomadas para o segmento e não exclusivamente para os fornecedores individuais (BAI; REZAEI; SARKIS, 2017; DAY; MAGNAN; MOELLER, 2010).

A segmentação de fornecedores é um assunto que vem sendo tratado na literatura desde a década de 80, com os primeiros estudos de Parasuraman (1980), que criou um processo sistematizado para segmentar fornecedores baseados nas características dos clientes; e Kraljic (1983), que apresentou o modelo de portfólio compras orientadas ao item comprado, sendo ainda hoje, a abordagem mais citada e a que mais influenciou o desenvolvimento de métodos de segmentação de

fornecedores. Os trabalhos de Rezaei e Ortt (2012, 2013a, 2013b) também se destacam por apresentarem uma abordagem multicritério para segmentação de fornecedores; baseados na matriz de portfólio, os autores propuseram o uso de duas dimensões: “competências do fornecedor” e “disposição em cooperar”. A principal vantagem dos métodos de segmentação de Rezaei e Ortt, é a flexibilidade, que permite os tomadores de decisão escolherem os critérios de avaliação que compõe as dimensões da matriz, possibilitando a segmentação dos fornecedores em diversos contextos.

Com o aumento da importância das questões sustentáveis, as cadeias de suprimentos estão mudando seu foco de gerenciamento, incluindo nas questões econômicas, as dimensões ambientais e sociais da sustentabilidade, conceito conhecido como *triple bottom line* (ELKINGTON,1998). Um dos principais desafios que as empresas enfrentam quando gerenciam a sustentabilidade em suas cadeias de suprimentos é assegurar que os outros membros da cadeia, como, por exemplo os fornecedores, também adotem práticas sustentáveis, pois como afirmaram Krause, Vachon e Klassen (2009), uma empresa não é mais sustentável do que sua cadeia de suprimentos. Sendo assim, as empresas compradoras precisam colaborar diretamente com os fornecedores para construir uma gestão da cadeia de suprimentos sustentável (SANCHA; LONGONI; GIMÉNEZ, 2014; SILVESTRE, 2016).

Nesse contexto, a inclusão de critérios sustentáveis nos métodos de segmentação de fornecedores, vem ganhando importância e se tornando cada vez mais prioritário na literatura de gerenciamento de fornecedores sustentáveis. Como pode ser visto nos trabalhos de Pagell, Wu e Wasserman (2010), Bai e Sarkis (2010b); Büyüközkan e Çifçi, (2011); Govindan, Khodaverdi e Jafarian (2013); Sarkis e Dhavale (2015); Bai, Rezaei, Sarkis (2017).

A segmentação de fornecedores é considerada um problema de decisão multicritério (*Multi-Criteria Decision Making – MCDM*), em que especialistas analisam um grupo de critérios e tomam a decisão baseados em suas experiências, sentimentos e julgamentos. Os critérios utilizados no processo de avaliação e segmentação de fornecedores sustentáveis, principalmente nas dimensões ambientais e sociais, além dos critérios que medem a disposição de um fornecedor em colaborar em parcerias a longo prazo, por exemplo, muitas vezes são critérios qualitativos, de difícil

mensuração. Sendo assim, técnicas MCDM que utilizam a lógica *fuzzy* são adequadas para esse tipo de problema, uma vez que lidam com as ambiguidades e incertezas envolvidas no processo de avaliação linguística de dados (SAATY, 1980; GOVINDAN; KHODAVERDI; JAFARIAN, 2013; REZAEI; ORTT, 2013b).

Dentre os métodos MCDM mais utilizados em aplicações de gerenciamento de fornecedores, estão o *fuzzy AHP (Analytic Hierarchy Process)* e o *fuzzy TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)*. Que também, são bastante aplicados de maneira combinada, utilizando *fuzzy AHP* para atribuir pesos aos critérios de avaliação e *fuzzy TOPSIS* para avaliação de desempenho das alternativas (KUBLER et al., 2016). Essa combinação é significativamente utilizada em problemas de avaliação e seleção de fornecedores, porém, não são encontradas aplicações combinadas dessas técnicas em segmentação de fornecedores (BAI; REZAEI; SARKIS, 2017; REZAEI; ORTT, 2013a).

Segundo Bai, Rezaei e Sarkis (2017), ainda existem lacunas importantes na literatura de segmentação de fornecedores, como por exemplo: faltam trabalhos que utilizam as escalas *fuzzy* para as variáveis linguísticas, a utilização dessa lógica torna a ferramenta de segmentação mais flexível, uma vez que interage melhor com os aspectos intangíveis e incertos de uma avaliação humana; existem poucos estudos sobre segmentação de fornecedores multicritérios que utilizam lógica *fuzzy*; também existe a necessidade de estudos que realizem análises comparativas de métodos de segmentação, e que analisem a sensibilidade dos resultados de segmentação.

Na tentativa de preencher essas lacunas, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise comparativa de duas abordagens do método *fuzzy AHP*, combinado com *fuzzy TOPSIS*, aplicados na segmentação de fornecedores sustentáveis. Para o alcance desse objetivo, são apresentados dois métodos de segmentação de fornecedores sustentáveis, que se diferenciam no método de derivação do vetor peso dos critérios da abordagem *fuzzy AHP*. O primeiro, utiliza o método da média geométrica (BUCKLEY, 1985) na abordagem *fuzzy AHP*, já o segundo, utiliza o *extent analysis method* (CHANG, 1996). O resultado da segmentação é apresentado em uma matriz de segmentação de Rezaei e Ortt (2012), composta por duas dimensões: “competências sustentáveis do fornecedor”, com critérios de avaliação de fornecedores baseados no conceito do *triple bottom line*; e “disposição em cooperar

do fornecedor”, com critérios que direcionam a formação de relacionamento a longo prazo. Para a coleta de dados, uma aplicação prática dos métodos de segmentação foi realizada em uma empresa de laticínios.

A relevância teórica se encontra na análise comparativa dos métodos *fuzzy* AHP e a sua influência no resultado final dos métodos de segmentação propostos. A escolha dos critérios de comparação se baseia no impacto, que os diferentes métodos *fuzzy* AHP causam nas etapas, que segundo Bai, Rezaei e Sarkis (2017) caracterizam o processo de segmentação de fornecedores: avaliação de fornecedores com relação aos critérios de segmentação; determinação do peso de importância dos critérios; determinação de uma pontuação de desempenho geral utilizando os resultados das duas etapas anteriores, e a identificação de segmentos utilizando a pontuação final de desempenho. Observando essas etapas e análises comparativas que já foram realizadas em outras áreas (como, por exemplo, em seleção de fornecedores), chegou-se em quatro critérios de comparação: ordem e valores dos pesos dos critérios, desempenho global dos fornecedores, matriz de segmentação dos fornecedores sustentáveis e adequação à mudança de critérios.

A relevância prática deste trabalho se encontra na aplicação dos novos métodos de segmentação de fornecedores sustentáveis e nos resultados que esses métodos trazem. Como resultados, têm-se estratégias que podem ser adotadas por empresas compradoras em cada um dos segmentos de fornecedores, a fim de encontrar as melhores práticas de gerenciamento de fornecedores sustentáveis e, conseqüentemente, melhores práticas de gestão da cadeia de suprimentos sustentável.

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O Capítulo 1 traz a caracterização do tema de pesquisa, o objetivo e relevância da pesquisa. O Capítulo 2 aborda, por meio de uma breve revisão bibliográfica, os conceitos de: segmentação de fornecedores; critérios de seleção e avaliação de fornecedores; métodos de decisão multicritério; teoria dos conjuntos *fuzzy*; *fuzzy* AHP; *fuzzy* TOPSIS. O Capítulo 3 apresenta a metodologia que foi empregada para o desenvolvimento do trabalho, no qual dois métodos de segmentação de fornecedores sustentáveis são apresentados. O Capítulo 4 mostra os resultados da aplicação prática dos métodos de segmentação em uma empresa de laticínios, e em seguida os métodos são

comparados em alguns critérios. Para finalizar, é apresentado no Capítulo 5 a conclusão, que contém as considerações finais e sugestões para futuros trabalhos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma breve revisão bibliográfica dos conceitos que embasam teoricamente esta pesquisa. Foi realizado um levantamento de trabalhos na literatura que abordam: a segmentação de fornecedores; os critérios de seleção e avaliação de fornecedores; os métodos de decisão multicritério; a teoria dos conjuntos *fuzzy*; os métodos *fuzzy* AHP e *fuzzy* TOPSIS.

2.1 SEGMENTAÇÃO DE FORNECEDORES

Rezai e Orrt (2012) afirmam que do ponto de vista do comprador, existem quatro principais atividades interconectadas relacionadas à gestão dos fornecedores, são elas: seleção, segmentação, gerenciamento e desenvolvimento. Os fornecedores são selecionados, segundo critérios considerados importantes pela empresa compradora, depois eles são segmentados para que posteriormente, estratégias de gerenciamento e desenvolvimento de fornecedores sejam adotadas.

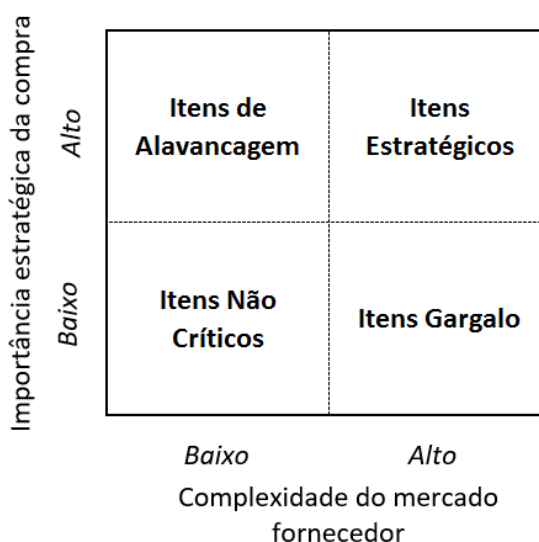
A segmentação pode ser tratada como o agrupamento de fornecedores, baseados em características similares, em diferentes categorias, em que cada uma dessas categorias serão tratadas com estratégias distintas. (PARASURAMAN, 1980) (REZAEI; ORTT, 2012). Para Day, Magnan e Moeller (2010) a segmentação de fornecedores consiste em dividir os fornecedores em grupos distintos com diferentes necessidades, características ou comportamentos, exigindo da empresa compradora, estratégias de gerenciamento e tipos de relacionamentos diferentes, a fim de obter o maior valor para ambos. Na literatura os primeiros pesquisadores a trabalharem com o tema e apresentarem métodos de segmentação, foram Parasuraman (1980) e Kraljic (1983).

Parasuraman (1980) apresentou um processo para identificar segmentos de fornecedores potenciais para cada item comprado por uma empresa, com base em características que estão diretamente relacionadas às principais características dos segmentos de clientes da empresa. Não apresentou e nem determinou variáveis

específicas para a segmentação, para o autor a segmentação é uma etapa lógica posterior à segmentação dos clientes, apresentou os seguintes passos para implementar sua abordagem: (i) identificar os principais recursos dos segmentos de clientes, (ii) identificar as características críticas do fornecedor, (iii) selecionar as variáveis relevantes para segmentação de fornecedores e (iv) identificar os segmentos de fornecedores.

Kraljic (1983) apresentou o método do portfólio de compra para segmentação de itens comprados, Figura 1, classificando-os em duas variáveis e/ou dimensões: “importância estratégica da compra” e “complexidade do mercado fornecedor”. A primeira dimensão, diz respeito à importância da compra em termos de valor adicionado, ao impacto da compra do material no custo total e na lucratividade da empresa. A segunda dimensão, envolve a complexidade do mercado fornecedor devido à escassez de empresas, conteúdo tecnológico e/ou material substituto, barreiras de entrada, entre outros fatores (KRALJIC, 1983; OSIRO, 2013).

Figura 1 – Modelo de portfólio de compras de Kraljic



Fonte: Adaptado de Kraljic, 1983

Com essas duas dimensões definidas, em seus níveis alto e baixo, os itens de compras foram classificados em quatro segmentos: “itens não críticos” (baixa importância da compra e baixa complexidade de fornecimento), “itens de

alavancagem” (alta importância da compra, baixa complexidade de fornecimento), “itens gargalos” (baixa importância da compra, alta complexidade de fornecimento) e “itens estratégicos” (alta importância da compra, alta complexidade de fornecimento).

Para Dyer et al. (1998) as empresas devem conhecer suas competências centrais, para separar suas atividades em: centrais e não centrais. As atividades centrais utilizam recursos estratégicos, enquanto as atividades não centrais utilizam recursos não estratégicos. Baseado nessa classificação de recursos, os autores citam dois tipos de segmentos de fornecedores: “fornecedores *arm's length*” e “parceiros estratégicos”.

A relação pelo princípio *arm's length*, ou princípio da plena concorrência, é aplicado para os fornecedores de itens ou recursos não estratégicos, por exemplo, para itens padronizados e que não agregam valor aos olhos dos clientes. Para esse tipo de fornecedor não é necessário o mesmo nível de atenção e comunicação, quando comparado à um parceiro estratégico. Já a relação de parceria estratégica é aplicada para fornecedores de itens de alto valor e que exercem um papel de diferenciação para o cliente, são itens estratégicos. Neste caso, a relação comprador fornecedor deve ter um alto nível de comunicação, os fornecedores devem ter suas competências avaliadas para manter o nível de serviço esperado (DYER; CHO; CHU, 1998).

Rezaei e Ortt (2012) realizaram uma revisão dos dez principais estudos em segmentação de fornecedores e os dividiram em três métodos distintos: método do processo, representado pelo trabalho de Parasuraman (1980); método do portfólio, representado por Kraljic (1983); e método do envolvimento, representado por Dyer et al. (1998). O método mais influente no mundo empresarial e mais citado na literatura de segmentação de fornecedores é o método do portfólio de compra de Kraljic (1983) (OSIRO; LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2014; REZAEI; ORTT, 2012; SANTOS; OSIRO; LIMA, 2017).

Olsen e Ellram (1997) apresentaram um modelo baseado no método de portfólio de Kraljic (1983), considerando as variáveis “dificuldade em gerenciar a situação da compra” e “importância estratégica da compra”. Posteriormente, outras pesquisas utilizaram como base o método do portfólio de compra, como pode ser visto em: Pagell, Wu e Wasserman (2010); Rezaei e Ortt (2012, 2013a, 2013b); Osiro,

Lima Junior e Carpinetti (2014); Rezaei, Wang e Tacasszy (2015); Santos, Osiro e Lima (2017); Segura e Maroto (2017); Bai, Rezaei, Sarkis (2017).

Para Pagell, Wu e Wasserman (2010) mudanças ocorreram desde que Kraljic apresentou o método de portfólio de compras, com o aumento de assuntos ligados à sustentabilidade, aspectos ambientais e sociais passaram a ser direcionadores importantes para a avaliação, a seleção e a segmentação de fornecedores, juntamente com os aspectos econômicos. Os autores observaram que uma amostra diversificada de empresas, que tem a preocupação com a sustentabilidade, realizam investimentos e práticas com fornecedores de itens de alavancagem, que seriam mais usuais para fornecedores de itens estratégicos. Sendo assim, eles estudaram a ideia de continuidade da base de fornecimento para propor uma reformulação no modelo de portfólio de Kraljic.

Segundo Pagell, Wu e Wasserman (2010) a continuidade das bases de fornecimento visa a sobrevivência do negócio a longo prazo e não somente a maximização dos resultados financeiros. Este objetivo está alinhado com a ideia da cadeia de suprimentos sustentável (SSCM – *Sustainable supply chain management*), na qual a cadeia de suprimentos produz lucro durante um longo período de tempo, não prejudicando os sistemas naturais e sociais; e com o TBL (*triple bottom line*), em que, segundo Elkington (1998), os resultados de uma empresa devem estar focados nas pessoas e no planeta, e não só nos lucros. São práticas de continuidade: descomoditização, desenvolvimento tradicional do fornecedor, redução de riscos de suprimentos, desenvolvimento não tradicional do fornecedor e transparência (OSIRO, 2013).

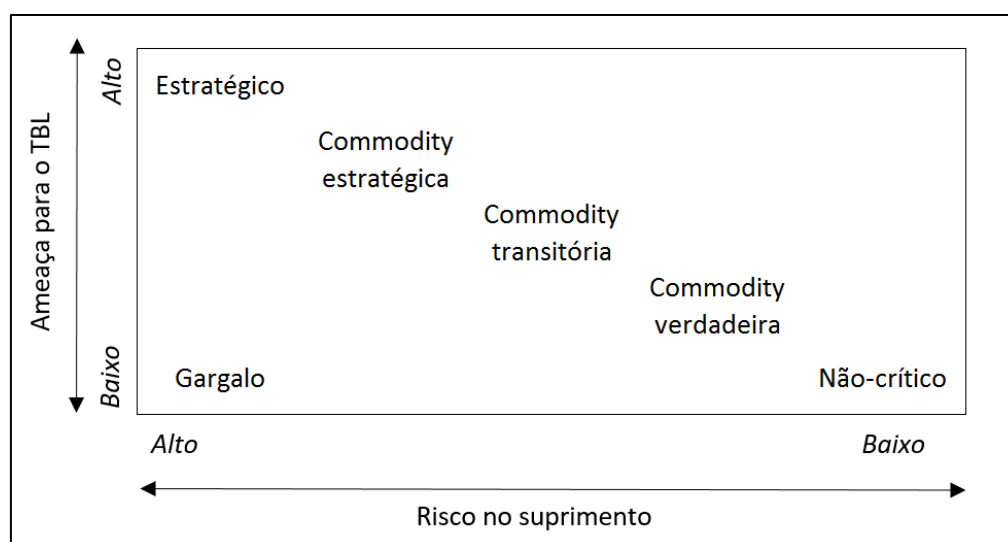
Baseado nas práticas de continuidade das bases de fornecimento, Pagell, Wu e Wasserman (2010) propuseram uma modificação do modelo de portfólio de Kraljic, adicionando aspectos ambientais e sociais em uma das dimensões da matriz, baseados no conceito do TBL. O novo modelo apresenta seis dimensões, ao invés de quatro, os antigos “itens de alavancagem” foram transformados em três novas categorias: *commodity* verdadeira, *commodity* transitória e *commodity* estratégica. O Quadro 1 mostra as diferenças entre o modelo de Kraljic (1983) e o novo modelo de Pagell, Wu e Wasserman (2010), e a Figura 2 traz o novo modelo.

Quadro 1 – Diferenças entre o modelo de Kraljic (1983) e o modelo de Pagell, Wu e Wasserman (2010)

Categoria em Kraljic (1983)	Nova categoria	Risco de suprimento	Ameaças para os lucros, para o meio ambiente e para a sociedade
Item gargalo	Item estratégico	Alto	Um alto pelo menos
Item não-crítico	Item gargalo	Alto	Todos baixos
Item de alavancagem	<i>Commodity verdadeira</i>	Baixo	Todos baixos
	<i>Commodity transitória</i>	Atualmente alto diante da assimetria de informação, retornará para baixo	Um alto e outros baixo
	<i>Commodity estratégica</i>	Comprador leva do baixo para o alto	Um alto pelo menos

Fonte: Adaptado de Pagell, Wu e Wasserman, 2010

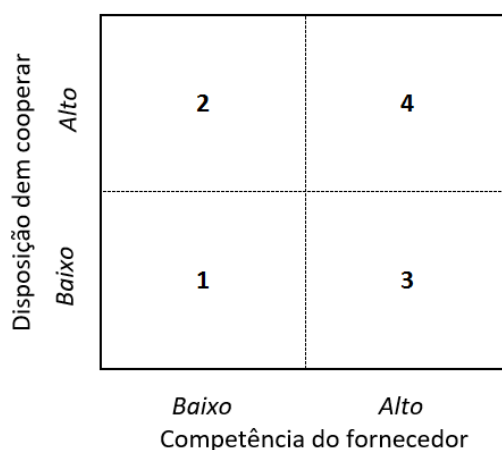
Figura 2 – Modelo de segmentação de Pagell, Wu e Wasserman (2010)



Fonte: Adaptado de Pagell, Wu e Wasserman, 2010

Rezaei e Ortt (2012) propuseram uma abordagem voltada para a segmentação da base de fornecedores, diferenciando do modelo de Kraljic (1983), cujo o foco era nos itens comprados. Os autores combinaram o método de portfólio com os métodos de tomada de decisão multicritério (MCDM). A abordagem de Rezaei e Ortt (2012) se baseia na relação a longo prazo de compradores e fornecedores, sendo, as “competências” e a “disposição em cooperar” do fornecedor, as duas dimensões do modelo, como mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Matriz de segmentação de Rezaei e Ortt (2012)



Fonte: Adaptado de Rezaei e Ortt, 2012

Rezaei e Ortt (2012) definem competências do fornecedor como o “conjunto de habilidades e conhecimentos acumulados, exercidos por meio de processos organizacionais que permitem às empresas coordenar atividades e usar seus ativos em diferentes funções de negócios que são importantes para o comprador”. E também definem disposição em cooperar do fornecedor, como: a confiança, o compromisso e a motivação para se envolver em um relacionamento a longo prazo com o comprador.

De acordo com Santos, Osiro e Lima (2017), a escolha dos critérios para compor cada uma das dimensões do modelo de portfólio é uma escolha multicritério. Rezaei e Ortt (2012) afirmam que a segmentação de fornecedores deve se basear em múltiplos critérios de seleção, e não somente nos dois critérios/dimensões apresentados por Kraljic (“importância estratégica da compra” e “complexidade do mercado fornecedor”), como até então a maioria das pesquisas tratavam o assunto.

Segundo os autores, os critérios que determinarão os potenciais fornecedores à serem segmentados pela empresa compradora são os mesmos utilizados na literatura de seleção de fornecedores.

Rezaei e Ortt (2012, 2013a, 2013b) utilizaram da característica multicritério da segmentação de fornecedores, para escolherem os critérios das dimensões “competências” e “disposição em cooperar” dos fornecedores. Em todos os trabalhos, os critérios de segmentação foram levantados a partir da literatura de seleção de fornecedores, e utilizados na avaliação e na composição dos segmentos, os métodos MCDM foram utilizados para auxiliar o julgamento dos tomadores de decisão. Rezaei e Ortt (2013a) utilizaram como método MCDM para a segmentação de fornecedores, o método “Processo Analítico Hierárquico” (*Analytic Hierarchy Process - AHP*) *Fuzzy*, ou *Fuzzy AHP*, juntamente com a Relação de Preferência *Fuzzy*. Já Rezaei e Ortt (2013b) utilizaram no seu estudo o Sistema Baseado em Regras *Fuzzy*.

Osiro, Lima Junior e Carpinetti (2014) apresentam uma abordagem da Lógica *Fuzzy* para avaliar e desenvolver fornecedores, utilizando duas matrizes para a segmentação. Na primeira matriz os itens de compra foram classificados, baseados nas dimensões apresentadas por Kraljic (1983). Já na segunda matriz, os fornecedores foram classificados seguindo as dimensões “desempenho de entrega” e “potencial de parceria”, dimensões que se assemelham às de Olsen e Ellram (1997) e Rezaei e Ortt (2013a, 2013b). Como técnica MCDM foram utilizadas a Inferência *Fuzzy* combinado com o Método de Rede *Fuzzy* Simples.

Rezaei, Wang e Tacasszy (2015) utilizam o método MCDM *Best Worst Method* (BWM), para segmentar fornecedores nas dimensões, “competência” e “disposição em cooperar” do fornecedor, formulando estratégias para lidar com cada segmento. Já Segura e Maroto (2017) segmentaram os fornecedores nas dimensões “desempenho estratégico” e “desempenho crítico”, propondo um método integrado de segmentação que considera, além do julgamento de especialistas, os dados histórico da empresa, neste trabalho, foram utilizados o Método Analítico Hierárquico (AHP) e o método PROMETHEE.

Santos, Osiro e Lima (2017) propuseram um método de segmentação de fornecedores utilizando critérios quantitativos e qualitativos, e como métodos MCDM, utilizaram a representação linguística *Fuzzy* 2-Tuple e o Método Analítico Hierárquico

(AHP). Os critérios de seleção de fornecedores foram escolhidos e seus pesos foram atribuídos utilizando o método AHP; os dados quantitativos e qualitativos, baseados na avaliação dos especialistas, serviram de entradas do *Fuzzy 2-Tuple* para a avaliação; em seguida os fornecedores foram classificados na matriz de segmentação, dimensões “competências” e “disposição em cooperar” de Rezaei e Ortt (2012); e por fim foram sugeridas recomendações de como melhorar o gerenciamento de fornecedores de cada segmento.

Bai, Rezaei e Sarkis (2017) apresentam um método para a segmentação de fornecedores sustentáveis, incluindo critérios de sustentabilidade ambiental nas dimensões, “competências” e “disposição em cooperar”, da matriz apresentada por Rezaei e Ortt (2012). Para a construção do método foram utilizadas as seguintes técnicas MCDM: teoria *Rough Set*, para calcular os pesos de cada um dos critérios; *VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje* (VIKOR), para construir um *ranking* contendo a pontuação de cada fornecedor avaliado; e *Fuzzy C-means* (FCM), para segmentar os fornecedores baseados na pontuação anterior.

Bai, Rezaei e Sarkis (2017) sintetizaram os processos de segmentação de fornecedores que utilizam técnicas MCDM em quatro etapas principais: (i) avaliação de fornecedores com relação aos critérios de segmentação; (ii) determinação do peso de importância dos critérios; (iii) determinação de uma pontuação de desempenho geral utilizando os resultados das duas etapas anteriores, e (iv) a identificação de segmentos utilizando a pontuação final de desempenho. Por fim, o Quadro 2 apresenta uma síntese dos trabalhos de segmentação de fornecedores citados e utilizados nessa revisão bibliográfica.

Quadro 2 – Síntese dos trabalhos de segmentação de fornecedores

Autores	Dimensões de segmentação	Foco	Técnicas MCDM
Parasuraman (1980)	A segmentação do fornecedor é identificada para cada item com base nas características que estão intimamente relacionadas às principais características dos segmentos de clientes desse item	Itens comprados	-
Kraljic (1983)	“Importância estratégica da compra” e “complexidade do mercado fornecedor”	Itens comprados	-
Dyer et al. (1998)	“Fornecedores <i>arm’s length</i> ” e “parceiros estratégicos”	Itens comprados	-
Olsen e Ellram (1997)	“Dificuldade em gerenciar a situação da compra” e “importância estratégica da compra”	Itens comprados	-
Pagell, Wu e Wasserman (2010)	“Risco no suprimento” e “ameaça para o TBL”	Itens comprados	-
Rezaei e Ortt (2013a)	“Competências do fornecedor” e “disposição em cooperar”	Desempenho dos fornecedores	Fuzzy AHP + Relação de Preferência Fuzzy
Rezaei e Ortt (2013b)	“Competências do fornecedor” e “disposição em cooperar”	Desempenho dos fornecedores	Sistema Baseado em Regras Fuzzy
Osiro, Lima Junior e Carpinetti (2014)	“Importância estratégica da compra” e “complexidade do mercado fornecedor”; “desempenho de entrega” e “potencial de parceria”	Itens comprados e desempenho dos fornecedores	Inferência Fuzzy combinado com o Método de Rede Fuzzy Simples
Rezaei, Wang e Tacasszy (2015)	“Competências do fornecedor” e “disposição em cooperar”	Desempenho dos fornecedores	Best Worst Method (BWM)
Segura e Maroto (2017)	“Desempenho estratégico do fornecedor” e “desempenho crítico do fornecedor”	Desempenho dos fornecedores	AHP e o método PROMETHEE
Santos, Osito e Lima (2017)	“Competências do fornecedor” e “disposição em cooperar”	Desempenho dos fornecedores	AHP e Fuzzy 2-Tuple
Bai, Rezaei e Sarkis (2017)	“Competências do fornecedor” e “disposição em cooperar”	Desempenho dos fornecedores	Rough Set, VIKOR e Fuzzy C-means

Fonte: Do autor, 2019

2.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES

A literatura trata a seleção e a avaliação de fornecedores como um problema de decisão multicritério, no qual uma série de critérios são avaliados pela empresa compradora, aumentando assim as chances de se tomar decisões mais assertivas na escolha de fornecedores alinhados à estratégia da empresa (HO; XU; DEY, 2010; OSIRO, 2013; REZAEI; ORTT, 2013a; SANTOS; OSIRO; LIMA, 2017).

Nos primeiros estudos relacionados aos critérios de seleção e avaliação de fornecedores, como em Dickson (1966) e Dempsey (1978), os critérios levantados como mais relevantes na avaliação de fornecedores foram os critérios quantitativos. Os critérios quantitativos são relativamente mais fáceis de serem medidos e quantificados, por exemplo: o preço de aquisição, o *lead time* de entrega, o atendimento aos padrões de qualidade e o histórico de desempenho.

De acordo com Osiro (2013), com o advento de temas como a Gestão da Cadeia de Suprimentos, a Gestão da Qualidade Total, o *Just in Time* (JIT), em que a gestão dos fornecedores se torna uma questão estratégica para as empresas, os critérios qualitativos adquirem maior relevância. A partir de então, critérios menos tangíveis e de natureza subjetiva passam a ter maior importância na formação de um relacionamento a longo prazo entre fornecedores e compradores, são exemplos desses critérios: reputação dos fornecedores, capacidade técnica, controles operacionais, sistemas de comunicação e de gestão (WEBER; CURRENT; BENTON, 1991).

Ellram (1990) dividiu os critérios de seleção e avaliação de fornecedores em critérios *hard* e critérios *soft*. Os critérios *hard* são quantificáveis, como, por exemplo: custo, entrega, qualidade e níveis de serviços. Já os critérios *soft* são aqueles de difícil mensuração, como: comprometimento, envolvimento, compromisso estratégico do fornecedor, disposição e habilidade do fornecedor em compartilhar informação. A autora concluiu que os critérios *soft* tem maior impacto no estabelecimento de parcerias estratégicas entre comprador e fornecedor, quando comparado a critérios *hard*.

Posteriormente, Kannan e Tan (2002) também concluíram que os critérios *soft* apresentam melhor impacto na diferenciação e nas melhorias de desempenho no longo prazo das empresas. Os autores reiteram que critérios *soft* tem maior relevância em aspectos estratégicos, como por exemplo, os critérios de compartilhamento de informações, podem contribuir com maior intensidade comparados aos critérios *hard*, com o aumento do *market share* e do retorno sobre o investimento da empresa.

Sendo assim, os critérios *soft*, ou qualitativos, são melhores utilizados em decisões estratégicas, que envolvem a avaliação de fornecedores classificados como parceiros estratégicos, cujo objetivo é a construção de um relacionamento a longo prazo. Já os critérios *hard*, ou quantitativos, são melhores utilizados em decisões de níveis operacionais e na avaliação de fornecedores tanto não estratégicos, quanto estratégicos (KANNAN; TAN, 2002; OSIRO, 2013).

Como foi visto, as empresas compradoras devem trabalhar com um *mix* de critérios quantitativos e qualitativos na avaliação e seleção de seus fornecedores. Considerando que os critérios *soft*, são de difícil mensuração, intangíveis, técnicas específicas devem ser utilizadas para melhor solução desse problema. Dentre elas, se destacam as técnicas multicritério, que utilizam variáveis linguísticas e que são capazes de agregar esses resultados com variáveis quantitativas (KANNAN; TAN, 2002; OLSEN; ELLRAM, 1997; OSIRO, 2013).

2.2.1 Critérios de seleção e avaliação de fornecedores sustentáveis

O gerenciamento da cadeia de suprimentos sustentável, SSCM, pode ser definido como o gerenciamento de material e do fluxo de informação, bem como a cooperação entre as organizações ao longo da cadeia de suprimentos, integrando os fatores de seleção *triple bottom line* (TBL), que incluem as três dimensões do desenvolvimento sustentável: dimensão econômica, dimensão ambiental e dimensão social (BÜYÜKÖZKAN, ÇIFÇI, 2011; GOVINDAN, KHODAVERDI, JAFARIAN, 2013; SARKIS, DHAVALI, 2015).

Seguindo essa tendência, as empresas estão cada vez mais conscientes que o desempenho sustentável dos seus fornecedores impacta diretamente no alcance

dos objetivos sustentáveis da cadeia de suprimentos, na qual ambos estão inseridos. Nesse contexto é importante considerar critérios sustentáveis para selecionar, avaliar e segmentar fornecedores sustentáveis (BAI, SARKIS, 2010b).

Büyüközkan e Çifçi (2011) apresentaram um método para selecionar fornecedores sustentáveis, analisando as três dimensões da sustentabilidade e resumindo os critérios de seleção, nos seguintes grupos: organizacionais, desempenho financeiro, qualidade do serviço, tecnologia, responsabilidade social e competências ambientais. Govindan et al. (2013) também avaliaram o desempenho sustentável de fornecedores, utilizando critérios econômicos, sociais e ambientais, baseados no conceito do TBL. Bai e Sarkis (2010b), Sarkis e Dhavale (2015) também utilizaram critérios TBL para selecionarem fornecedores sustentáveis em suas pesquisas.

A partir dos trabalhos analisados para essa revisão, foi feito um levantamento dos critérios de seleção e avaliação de fornecedores sustentáveis. O Quadro 3 traz os critérios econômicos, o Quadro 4 traz os critérios ambientais, o Quadro 5 traz os critérios sociais e, por fim, o Quadro 6 traz os critérios *soft* de disposição em cooperar dos fornecedores.

Quadro 3 – Critérios econômicos de seleção e avaliação de fornecedores

Critérios Econômicos	Referências
Preço/custo	Kraljic (1983); Dickson (1966); Weber <i>et al.</i> (1991); Olsen e Ellram (1997); Kannan e Tan (2002); Rezaei e Ortt (2012)
Custo logístico	Kraljic (1983); Dickson (1966); Weber <i>et al.</i> (1991); Rezaei e Ortt (2012)
Lead time	Rezaei e Ortt (2012); Bai, Rezaei e Sarkis (2017)
Entrega no prazo	Boer <i>et al.</i> (2001); Ho <i>et al.</i> (2010); Govindan <i>et al.</i> (2013)
Qualidade	Dickson (1966); Weber <i>et al.</i> (1991); Rezaei e Ortt (2012)
Flexibilidade	Olsen e Ellram (1997); Dyer <i>et al.</i> (1998); Govindan <i>et al.</i> (2013)
Formas de Pagamento	Dickson (1966); Olsen e Ellram (1997); Kannan e Tan (2002)
Capacidade reserva	Kannan e Tan (2002); Rezaei e Ortt (2012)
Conhecimento industrial	Kannan e Tan (2002); Rezaei e Ortt (2012)
Localização geográfica	Dickson (1966); Weber <i>et al.</i> (1991); Kannan e Tan (2002)

Nível tecnológico	Kraljic (1983); Boer <i>et al.</i> (2001); Ho <i>et al.</i> (2010); Govindan <i>et al.</i> (2013)
Capacidade de pesquisa e desenvolvimento	Olsen e Ellram (1997); Dyer <i>et al.</i> (1998); Rezaei e Ortt (2012)
Prêmios por desempenho	Rezaei e Ortt (2012)
Posição financeira	Dickson (1966); Weber <i>et al.</i> (1991); Kannan e Tan (2002);
Competência técnica	Olsen e Ellram (1997); Dyer <i>et al.</i> (1998); Rezaei e Ortt (2012); Kannan e Tan (2002)
Competência de projetos	Boer <i>et al.</i> (2001); Ho <i>et al.</i> (2010); Govindan <i>et al.</i> (2013)
Serviço de pós-vendas	Dickson (1966); Weber <i>et al.</i> (1991)
Histórico de desempenho	Dempsey (1978); Dickson (1966)

Fonte: Do autor, 2019

Quadro 4 – Critérios ambientais de seleção e avaliação de fornecedores

Critérios Ambientais	Subcritérios
Produção de poluição	Volume médio de poluente de emissão de ar, águas residuais, resíduos sólidos e liberação de materiais prejudiciais
Consumo de recursos naturais	Consumo de recursos: matéria-prima, energia e água
Eco design	Design de produtos para consumo reduzido de material / energia, design de produtos para reutilização, reciclagem, recuperação de material, design de produtos para evitar ou reduzir o uso de materiais perigosos
Sistema de gerenciamento ambiental	Certificações ambientais como ISO 14000, políticas ambientais, planejamento de objetivos ambientais, verificação e controle de atividades ambientais.
Capacidade de controle/redução da poluição	-
Compromisso ecológico e sustentável	-
Uso de materiais sustentáveis	-
Logística reversa	-

Fonte: Adaptado de Bai e Sarkis 2010; Büyüközkan e Çifçi, 2011; Govindan, Khodaverdi e Jafarian 2013; Bai *et al.*, 2017

Quadro 5 – Critérios sociais de seleção e avaliação de fornecedores

Critérios	Subcritérios
Práticas de emprego	Práticas disciplinares e de segurança; contratos de empregados; fontes igualitárias de mão-de-obra; diversidade de mão de obra; arranjos de trabalho flexíveis; oportunidades de trabalho; remuneração laboral; plano e desenvolvimento de carreira)
Saúde e Segurança	Número de acidentes de trabalho, práticas de saúde e segurança

Influência contratual dos <i>stakeholders</i>	Saúde, educação, infra-estrutura de serviços, habitação, incidentes de saúde e segurança, serviços regulatórios e públicos, apoio a instituições educacionais, segurança, propriedades culturais, bem-estar econômico e crescimento, patologias sociais, bolsas e doações, apoiando projetos comunitários
Influência na comunidade local	Padrões de aquisição, padrões de parceria, educação de consumidores, empoderamento de partes interessadas, envolvimento de partes interessadas

Fonte: Adaptado de Bai e Sarkis, 2010; Govindan, Khodaverdi e Jafarian, 2013

Quadro 6 – Critérios de disposição em cooperar do fornecedor

Critérios - Disposição em cooperar	Referências:
Abertura à comunicação frequente e honesta	Krause (1997); Olsen e Ellram (1997); Kannan e Tan (2002)
Abertura para avaliação da fábrica	Kannan e Tan (2002)
Acordos recíprocos	Dickson (1966); Weber <i>et al.</i> (1991); Olsen e Ellram (1997)
Atitude	Dickson (1966); Weber <i>et al.</i> (1991)
Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos	Krause (1997); Kannan e Tan (2002)
Compromisso com a qualidade	Krause (1997); Olsen e Ellram (1997); Kannan e Tan (2002)
Confiança da empresa compradora	Rezaei e Ortt (2012)
Conformidade com procedimentos de aquisição	Dickson (1966); Weber <i>et al.</i> (1991)
Coordenação em desenvolvimento do produto	Dyer <i>et al.</i> (1998); Bai <i>et al.</i> (2017)
Disposição de <i>co-design</i> e participação no desenvolvimento de novos produtos	Rezaei e Ortt (2012); Bai <i>et al.</i> (2017)
Disposição de relacionamento integrado do gerenciamento da cadeia de suprimentos	Kannan e Tan (2002); Bai <i>et al.</i> (2017)
Disposição em compartilhar informações	Olsen e Ellram (1997); Rezaei e Ortt (2012)
Disposição em investir em equipamentos específicos	Bai <i>et al.</i> (2017)
Disposição em obter informações, ideias, tecnologia e economia de custos	Kannan e Tan (2002); Bai <i>et al.</i> (2017)
Disposição para compromisso a longo prazo	Bai <i>et al.</i> (2017)
Esforço do fornecedor na eliminação de resíduos	Kannan e Tan (2002); Bai <i>et al.</i> (2017)
Esforço para eliminar desperdícios	Kannan e Tan (2002)
Ética, honestidade respeito mútuo	Dyer <i>et al.</i> (1998); Kannan e Tan (2002);
Experiências anteriores com fornecedor	Santos <i>et al.</i> (2017)
Impressão	Dickson (1966); Weber <i>et al.</i> (1991)
Investimentos específicos	Dyer <i>et al.</i> (1998); Bai <i>et al.</i> (2017)
Proximidade do relacionamento	Rezaei e Ortt (2012)
Transparência	Dyer <i>et al.</i> (1998); Bai <i>et al.</i> (2017)

Fonte: Do Autor, 2019

2.3 MÉTODOS MCDM

A segmentação, seleção e avaliação de fornecedores, como visto nas seções anteriores, são tratados na literatura como problemas de decisão multicritério. Segundo Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2012) um problema de decisão pode contar com a participação de vários especialistas e utilizar vários critérios de avaliação, sendo que cada especialista tem a responsabilidade, por meio de julgamento pessoal, de definir valores a alguns atributos, assim como definir o grau de desempenho das alternativas em relação a cada critério e o peso dos critérios de decisão.

Os métodos de decisão multicritérios (métodos MCDM - *Multi-Criteria Decision Making*) são aqueles que consideram mais de um critério de decisão e tem como objetivo principal, de ordenar uma série de alternativas que foram avaliadas segundo um número definidos de critérios (KAHRAMAN, 2008; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2012; YILDIZ; YAYLA, 2015).

A literatura divide os métodos MCDM em duas abordagens: métodos multiatributo (*Multiple Attribute Decision Making* - MADM) e métodos multiobjetivo (*Multiple Objective Decision Making* - MODM). Os métodos MADM são utilizados para modelar problemas com alternativas predeterminadas, que são descritas por múltiplos atributos, são aplicados em: problemas de classificação/categorização, problemas de seleção/escolha e em problemas de ordenação. A abordagem MADM é a mais utilizada, pois propicia soluções factíveis e de fácil implementação (KAHRAMAN, 2008; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2012; LIMA JUNIOR, 2013).

Para os métodos MODM é necessário que um espaço contínuo de soluções possíveis seja delimitado, já que neste caso as alternativas não são predeterminadas. Na resolução dos problemas MODM, pontos específicos do espaço de alternativas são avaliados em relação ao quanto estes satisfazem os objetivos propostos, o grau de satisfação dos requisitos é medido por funções. Esses problemas são geralmente abordados na fase de escolha final do processo de seleção de fornecedores, pois permitem a alocação de diferentes volumes de aquisição para cada fornecedor. Porém, este é um processo complexo, o que faz da abordagem MODM difícil de ser

aplicada na prática (BHUTTA, 2002; KAHRAMAN, 2008; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2012; LIMA JUNIOR, 2013).

Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2012) mostraram que a literatura também divide os métodos MCDM de outra forma, em modelos simples e em modelos combinados. Nos modelos simples, as técnicas são aplicadas de maneira isolada, como por exemplo: o Método Analítico Hierárquico (*Analytic Hierarchy Process – AHP*); o Método Analítico de Redes (*Analytic Network Process – ANP*) os métodos diversos de programação matemática; as abordagens baseadas em técnicas computacionais e de Inteligência Artificial (IA), como, a Lógica *Fuzzy*, Redes Neurais Artificiais (RNA), Algoritmo Genético entre outras. Em modelos combinados, as técnicas são aplicadas em conjunto, de forma a aproveitar os pontos fortes de cada parte, na tentativa de criar uma técnica mais robusta, como por exemplo: *fuzzy AHP* e *fuzzy ANP*. Os autores chegaram à conclusão que dentre os 120 artigos analisados, de 2002 a 2010, os métodos MCDM mais utilizados são aqueles que lidam com a imprecisão e subjetividade, entre eles estão: teoria dos conjuntos *fuzzy*, AHP e ANP (como modelos simples); e *fuzzy AHP* (como modelo combinado).

Já Yeldiz e Yayla (2015), por meio de uma revisão de literatura, examinaram artigos de 2001 à 2014, e concluíram que o AHP é o modelo simples mais utilizado; já os modelos combinados mais utilizados são: *fuzzy AHP*, *fuzzy TOPSIS* e *fuzzy ANP*. Kubler et al. (2016) também concluiu, após o levantamento bibliográfico de 190 artigos, que *fuzzy AHP* ainda é uma das técnicas MCDM mais populares e que grande parte dos trabalhos combinam essa técnica com TOPSIS, QFD e ANP. O Quadro 7 apresenta uma síntese dos modelos MCDM utilizados nas pesquisas que fazem parte da revisão bibliográfica que fundamenta este trabalho.

Quadro 7 – Métodos MCDM

Proposto por:	Métodos MCDM	Escopo
Chen, Lin e Huang (2006)	<i>Fuzzy</i> TOPSIS	Seleção de fornecedores
Wang, Cheng e Kun-Cheng (2009)	<i>Fuzzy</i> TOPSIS + FAHP (<i>Fuzzy Analytic Hierarchy Process</i>)	Seleção de fornecedores
Boran <i>et al.</i> (2009)	Conjunto intuitivo <i>Fuzzy</i> + TOPSIS	Seleção de fornecedores
Sun (2010)	<i>Fuzzy</i> AHP + <i>Fuzzy</i> TOPSIS	Avaliação de desempenho
Bai e Sarkis (2010b)	<i>Rough set</i> + Sistemas <i>Grey</i>	Seleção de fornecedores
Büyükoçkan e Çifçi (2011)	<i>Fuzzy</i> AHP	Seleção de fornecedores
Zouggari e Benyoucef (2012)	<i>Fuzzy</i> TOPSIS, <i>Fuzzy</i> AHP	Seleção de fornecedores
Rezaei e Ortt (2013a)	<i>Fuzzy</i> AHP + Relação de Preferência <i>Fuzzy</i>	Segmentação de fornecedores
Rezaei e Ortt (2013b)	Sistema Baseado em Regras <i>Fuzzy</i>	Segmentação de fornecedores
Govindan <i>et al.</i> (2013)	Abordagem <i>Fuzzy</i> + TOPSIS	Seleção de fornecedores
Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2013)	Inferência <i>Fuzzy</i> + Método de Rede <i>Fuzzy</i> Simples	Seleção de fornecedores, segmentação de fornecedores
Osiro (2013)	Inferência <i>Fuzzy</i>	Segmentação, avaliação e desenvolvimento de fornecedores
Lima Junior (2013)	<i>Fuzzy</i> TOPSIS, <i>Fuzzy</i> AHP	Comparação entre os dois métodos
Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2014)	<i>Fuzzy</i> TOPSIS, <i>Fuzzy</i> AHP	Comparação entre os dois métodos na seleção de fornecedores
Mandic <i>et al.</i> (2014)	<i>Fuzzy</i> TOPSIS	Avaliação de parâmetros financeiros
Rezaei, Wang, Tavasszy (2015)	<i>Best Worst Method</i> (BWM)	Segmentação e desenvolvimento de fornecedores
Lima Junior e Carpinetti (2015)	<i>Fuzzy</i> TOPSIS	Seleção de fornecedores
Segura e Maroto (2017)	AHP + PROMETHEE	Segmentação e avaliação de fornecedores
Santos, Osiro e Lima (2017)	AHP + <i>Fuzzy</i> 2-Tuple	Segmentação de fornecedores
Bai, Rezaei e Sarkis (2017)	<i>Rough Set</i> + VIKOR + <i>Fuzzy C-means</i>	Segmentação de fornecedores
Sirisawat e Kiatcharoenpol (2018)	<i>Fuzzy</i> AHP	Priorização de solução

Fonte: Do Autor, 2019

2.4 TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY

Fuzzy significa nebuloso ou borrado, diferente da lógica clássica (que trata das variáveis *crisp*), em que um elemento pertence ou não pertence a um determinado conjunto, na lógica *fuzzy* o limite para um elemento pertencer ou não pertencer a um conjunto não é bem delimitado e sim nebuloso. Nessa região nebulosa, um elemento pode ter diferentes graus de pertinência à um conjunto (ZIMMERMANN, 2001; OSIRO, 2013).

Herrera e Martínez (2000b) citam que vários aspectos de diferentes atividades não podem ser avaliados na forma quantitativa, mas sim na forma qualitativa. Sendo assim, uma melhor abordagem de avaliação, traz termos linguísticos ao invés de valores numéricos, por exemplo, quando se quer qualificar fenômenos relacionados à percepção humana, muitas vezes são utilizadas palavras da linguagem natural.

Porém, como afirmam Govindan et al. (2013), termos linguísticos ou linguagem natural para expressar percepção ou julgamento são subjetivas, incertas, vagas e imprecisas. Para resolver esses problemas de imprecisão e perdas de informação, utiliza-se a Teoria dos Conjuntos Fuzzy, que segundo Zimmermann (2001) tem como um dos principais objetivos modelar problemas de incerteza.

A teoria dos Conjuntos Fuzzy foi proposto por Zadeh (1965) para expressar os termos linguísticos em um processo de tomada de decisão. O Conjunto Fuzzy é uma classe de objetos com contínuos graus de pertinência. Tal conjunto é caracterizado por uma função de pertinência, que atribui a cada objeto valores intermediários entre zero e um. A seguir são mostradas algumas definições fundamentais da Teoria dos Conjuntos Fuzzy.

2.4.1 Conjuntos Fuzzy

Um conjunto *fuzzy* \tilde{A} no universo X pode ser definido pela Equação 1:

$$\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x)\}, x \in X \quad (1)$$

em que $\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow [0, 1]$ é a função de pertinência de \tilde{A} e $\mu_{\tilde{A}}(x)$ é o grau de pertinência de x em \tilde{A} . Se $\mu_{\tilde{A}}(x)$ é igual a zero, x não pertence ao conjunto \tilde{A} . Se $\mu_{\tilde{A}}(x)$ é igual a 1, x pertence completamente ao conjunto \tilde{A} . Se $\mu_{\tilde{A}}(x)$ é algum valor entre zero e 1, x pertence parcialmente ao conjunto \tilde{A} , ou seja, o grau de pertinência de x é dado pela função $\mu_{\tilde{A}}(x)$ (ZADEH, 1965).

Um conjunto *fuzzy* pode ser representado de diferentes maneiras. Para um conjunto *fuzzy* \tilde{A} , discreto e finito, este pode ser definido pela Equação 2, na qual o sinal de adição indica a composição de todos os elementos do conjunto \tilde{A} e o sinal de divisão significa “em relação ao elemento...”.

$$\tilde{A} = \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_n)}{x_n} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_i)}{x_i} \quad (2)$$

A Equação 3 representa um conjunto *fuzzy* em um universo contínuo.

$$\tilde{A} = \int \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_i)}{x_i} \quad (3)$$

2.4.2 Números Fuzzy

O número *fuzzy* é um conjunto *fuzzy* em que a função de pertinência satisfaz as condições de normalidade, Equação 4, e convexidade, Equação 5, para todo $x_1, x_2 \in X$ e todo $\lambda \in [0, 1]$.

$$ALT(\tilde{A})_{x \in X} = MAX \mu_{\tilde{A}}(x) = 1 \quad (4)$$

$$\mu_{\tilde{A}}[\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2] \geq \min[\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)] \quad (5)$$

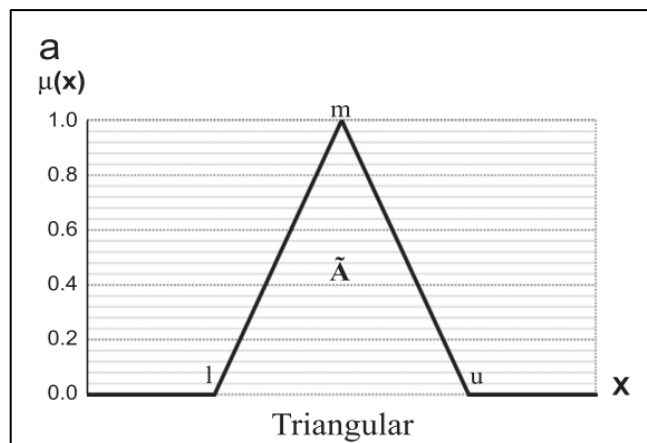
Os números *fuzzy* triangulares, Figura 4, e os números *fuzzy* trapezoidais são comumente utilizados em problemas de decisão multicritério, por serem intuitivamente

fácil de serem usados e calculados. Sendo assim, a função pertinência, $\mu_{\tilde{A}}(x)$, para números *fuzzy* triangulares, é dada pela Equação 6:

$$\mu(x)_{\tilde{A}} = \begin{cases} 0, & \text{se } x < l \\ \frac{x-l}{m-l}, & \text{se } l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m}, & \text{se } m \leq x \leq u \\ 0, & \text{se } x > u \end{cases} \quad (6)$$

em que (l, m, u) são números reais, com m denotando um valor formal para o conjunto *fuzzy*, l é o limite inferior e u é o limite superior. Fora do intervalo $[l, u]$, o grau de pertinência é nulo e m representa o ponto com máximo grau de pertinência, como pode ser visto na Figura 4 (GOVINDAN; KHODAVERDI; JAFARIAN, 2013; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013; ZADEH, 1965).

Figura 4 – Número *fuzzy* triangular



Fonte: Adaptado de Osiro, Lima Junior e Carpinetti, 2014

As operações básicas para dois números *fuzzy* triangulares, \tilde{A} e \tilde{B} , são mostradas pelas seguintes equações: soma Equação 7, subtração Equação 8, multiplicação Equação 9 e divisão Equação 10. Na Equação 11 é mostrado como se calcula o recíproco de um número *fuzzy* triangular \tilde{A} e na Equação 12, a distância entre \tilde{A} e \tilde{B} . Dado um número *crisp* real k , a multiplicação e a divisão por um número *fuzzy* triangular é dado pela Equação 13 e Equação 14, respectivamente.

$$\tilde{A} + \tilde{B} = [l_A, m_A, u_A] + [l_B, m_B, u_B] = [l_A + l_B, m_A + m_B, u_A + u_B] \quad (7)$$

$$\tilde{A} - \tilde{B} = [l_A, m_A, u_A] - [l_B, m_B, u_B] = [l_A - u_B, m_A - m_B, u_A - l_B] \quad (8)$$

$$\tilde{A} \times \tilde{B} = [l_A, m_A, u_A] \times [l_B, m_B, u_B] = [l_A \times l_B, m_A \times m_B, u_A \times u_B] \quad (9)$$

$$\tilde{A} \div \tilde{B} = [l_A, m_A, u_A] \div [l_B, m_B, u_B] = [l_A/u_B, m_A/m_B, u_A/l_B] \quad (10)$$

$$\tilde{A}^{-1} = [l_A, m_A, u_A]^{-1} = [1/u_A, 1/m_A, 1/l_A] \quad (11)$$

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(l_A - l_B)^2 + (m_A - m_B)^2 + (u_A - u_B)^2]} \quad (12)$$

$$k \times \tilde{A} = [k \times l_A, k \times m_A, k \times u_A] \quad (13)$$

$$\frac{\tilde{A}}{k} = \left[\frac{l_A}{k}, \frac{m_A}{k}, \frac{u_A}{k} \right] \quad (14)$$

2.4.3 Variáveis Linguísticas

Zadeh (1965) afirma que variáveis linguísticas são aquelas que têm seus valores representados por palavras ou sentenças em uma linguagem natural ou artificial, em que é possível distinguir qualificações por meio de faixas gradativas. Uma variável linguística é constituída por um conjunto de termos linguísticos, no qual cada um destes termos é representado por uma função de pertinência. Os termos linguísticos são comumente representados por números *fuzzy* triangulares (LIMA JUNIOR, 2013; OSIRO, 2013).

Lima Junior e Carpinetti (2015) citam que é necessário definir um conjunto de termos linguísticos para mensurar os valores das variáveis linguísticas de uma forma adequada, por exemplo, o valor da variável linguística “serviço pós-vendas do fornecedor” pode ser medido por meio dos termos linguísticos “ruim”, “bom” e “ótimo”.

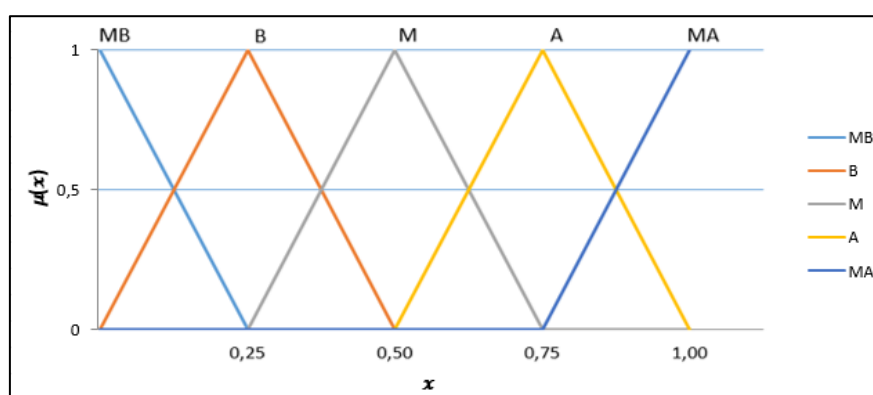
Como exemplo, na Tabela 1 e na Figura 5, se encontra uma escala com cinco termos linguísticos, que podem ser utilizados para avaliação de desempenho de algum critério, nesse caso, foram utilizadas funções de pertinência triangulares para representar o termo linguístico.

Tabela 1 – Termos linguísticos

Termos Linguísticos	Valor Fuzzy
Muito baixo (MB)	(0,00, 0,00, 0,25)
Baixo (B)	(0,00, 0,25, 0,50)
Médio (M)	(0,25, 0,50, 0,75)
Alto (A)	(0,50, 0,75, 1,00)
Muito alto (MA)	(0,75, 1,00, 1,00)

Fonte: Adaptado de Lima Junior e Carpinetti, 2015

Figura 5 – Gráfico da função de pertinência dos termos linguísticos



Fonte: Fonte: Adaptado de Lima Junior e Carpinetti, 2015

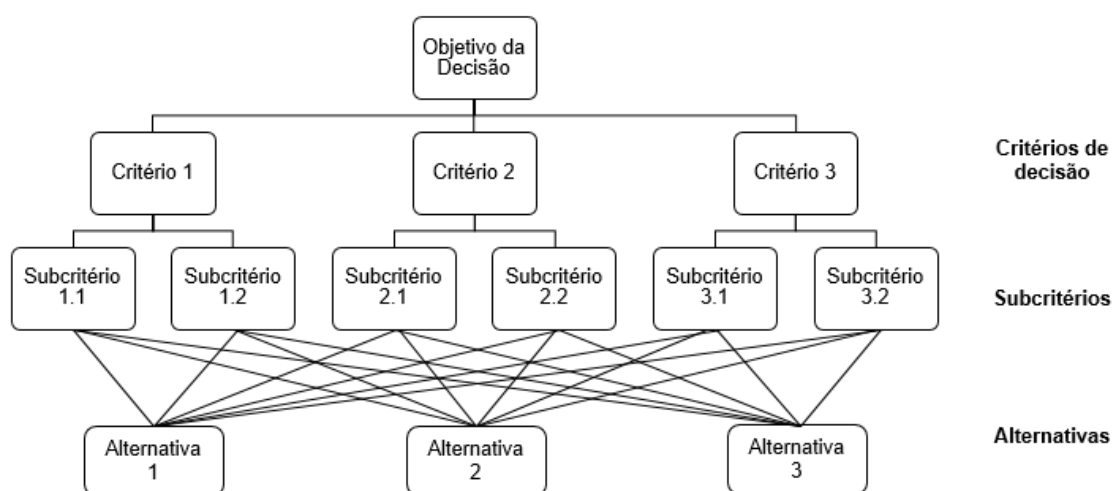
2.5 FUZZY AHP

O Método AHP, “*Analytic Hierarchy Process*”, foi criado por Thomas L. Saaty na década de 1970, com o propósito de ser um método multicritério voltado para situações em que os critérios apresentam natureza intuitiva, racional ou qualitativa. Por meio de uma abordagem estruturada, este método resolve problemas complexos, atribuindo pontuações às alternativas e pesos aos critérios, utilizando para isso comparações pareadas, determinadas por julgamento dos tomadores de decisão (SAATY, 1990, 2008; LIMA JUNIOR, 2013; SANTOS; OSIRO; LIMA, 2017; SUN, 2010).

A Figura 6 traz a representação de um problema de decisão em AHP, no qual os elementos básicos do problema são organizados em uma estrutura hierárquica. No

topo da estrutura hierárquica, encontra-se o objetivo da decisão; logo abaixo, de uma perspectiva ampla, estão os critérios de decisão; passando para o nível intermediário, os critérios de decisão são decompostos em subcritérios (critérios dos quais elementos subsequentes dependem); por fim, o nível mais baixo é formado pelo conjunto de alternativas (SAATY, 1990, 2008).

Figura 6 – Representação hierárquica de um problema de decisão no AHP



Fonte: Adaptado de Saaty, 1990

Os elementos da estrutura hierárquica são comparados em matrizes de comparação pareada. Para realizar as comparações, é utilizada uma escala numérica que indica quantas vezes um elemento é mais importante que o outro em um determinado critério, originalmente utiliza-se a escala de 1 a 9 pontos. As prioridades obtidas nas comparações são utilizadas para ponderar as prioridades imediatamente abaixo. Isto é feito para todos os elementos, sendo que para cada elemento no nível abaixo, são adicionados seus valores ponderados e a partir disso, seus valores globais são encontrados. Esse processo de ponderação é repetido até a obtenção do vetor de prioridades finais das alternativas no nível mais baixo. O vetor de prioridade, que deriva a partir das matrizes de comparações pareadas, são obtidos originalmente por meio do método do autovetor (SAATY, 1990, 2008).

Saaty (1990) limita a nove critérios ou alternativas, que podem ser comparados no método AHP sem que comprometa o julgamento humano e sua consistência. A determinação da consistência das matrizes de comparações é uma das principais vantagens do AHP. O índice de consistência (CI) é definido pela Equação 15:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (15)$$

em que λ_{max} é o autovalor principal e n é a dimensão da matriz de comparação.

A consistência da matriz de comparação é determinada pela razão de consistência (CR), mostrada na Equação 16:

$$CR = \frac{CI}{RI_n} \quad (16)$$

em que RI_n é o índice aleatório, cujos valores se encontram na Tabela 2. Se o valor de CR é menor ou igual à 0,1, julga-se que a matriz de comparação é suficientemente consistente, caso contrário, as comparações realizadas devem ser revistas (SAATY, 1990).

Tabela 2 – Valores para o índice aleatório RI de Saaty (1990)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI_n	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Adaptado de Saaty, 1990

A abordagem clássica do método AHP apresenta algumas deficiências, como: são utilizados principalmente em problemas de decisão em que os dados apresentam valores *crisp*; não leva em consideração as incertezas associadas ao mapeamento do julgamento humano; o *ranking* resultante do método pode ser um pouco impreciso; e o julgamento subjetivo por percepção, avaliação, seleção e melhoria com base na preferência dos tomadores de decisão têm grandes influências nos resultados do AHP (LIMA JUNIOR, 2013; SUN, 2010; YANG; CHEN, 2004).

Para suprir essas deficiências e para melhorar a incerteza do AHP, tornando-o mais flexível e capaz de explicar as preferências dos tomadores de decisão,

pesquisadores vêm explorando os métodos conhecidos como *fuzzy* AHP, combinando o AHP tradicional com a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*. De maneira geral, os métodos posteriores ao AHP de Saaty, incorporam e adaptam os números *fuzzy* no processo de comparação, como, por exemplo: na escala de comparação; nas matrizes de comparação pareadas; e nos métodos que derivam os vetores de prioridade e pesos, a partir da matriz de comparação (BUCKLEY, 1985; BÜYÜKÖZKAN; KAHRAMAN; RUAN, 2004; CHANG, 1996; KUTLU; EKMEKÇIOĞLU, 2012; LIMA JUNIOR, 2013; SUN, 2010; VAN LAARHOVEN; PEDRYCZ, 1983)

Van Laarhoven e Pedrycz (1983) foram os primeiros autores a apresentarem um método de decisão multicritério combinando AHP com a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*. Os autores propõem um método logarítmico *fuzzy* de mínimos quadrados para obter pesos *fuzzy* triangulares de matrizes de comparação pareadas *fuzzy* triangulares. Segundo Büyüközkan, Kahraman e Ruan (2004), a vantagem do método é que as opiniões dos especialistas podem ser modeladas em matrizes recíprocas; e a desvantagem é que nem sempre há uma solução para equações lineares, além de ser de difícil implementação computacional.

Buckley (1985) propôs um método que é a extensão do AHP de Saaty com números *fuzzy* trapezoidais. O autor propôs a utilização do método da média geométrica para determinar os pesos *fuzzy* de cada uma das matrizes de comparação pareadas *fuzzy*, assim como, os pesos finais das alternativas. Para Büyüközkan, Kahraman e Ruan (2004), as vantagens do método são a possibilidade de utilizar números *fuzzy* triangulares e a garantia de apenas uma solução para cada matriz de comparação. Já a desvantagem é que pode ser de difícil implementação computacional.

Chang (1996) propôs uma combinação entre os conjuntos *fuzzy* e AHP, ficando conhecido como método de análise de medidas, ou comumente conhecido do inglês, *extent analysis method*. O autor introduziu o uso de números *fuzzy* triangulares para a escala de comparação pareada do *fuzzy* AHP. No *extent analysis method* um vetor de prioridade *crisp* é obtido a partir de uma matriz de comparação *fuzzy* triangular.

Segundo o levantamento bibliográfico realizado por Lima Junior (2013), o *extent analysis method* é um dos métodos mais utilizados em problemas que envolvem avaliação de fornecedores. As vantagens deste método é o uso de variáveis

linguísticas para representar as percepções dos especialistas, a quantificação do desempenho global das alternativas em formato *crisp*, a simplicidade dos procedimentos de cálculos e sua aplicabilidade computacional. Por outro lado, Wang et al. (2008) concluiu que a principal desvantagem é que o método pode atribuir um peso zero irracional a alguns critérios e subcritérios de decisão úteis, levando-os a não serem considerados na análise de decisão.

Zhü (2014) constatou, a partir de um levantamento bibliográfico, que os métodos de Van Laarhoven e Pedrycz (1983), de Buckley (1985) e de Chang (1996) apresentam grande influência no desenvolvimento e na aplicação de métodos *fuzzy* AHP posteriores, evidenciado pelo grande número de citações no Google Scholar, respectivamente, 1287, 1238 e 1127 citações no ano de 2014. Já no ano de 2018 estes números de citações subiram para 2680, 2703 e 3419, respectivamente.

Kubler et al. (2016) realizaram um levantamento do estado da arte de *fuzzy* AHP, analisaram 190 trabalhos de pesquisa publicados em periódicos internacionais, entre os anos de 2004 e 2016, e chegaram as seguintes conclusões: (i) das muitas áreas de aplicação, o *fuzzy* AHP é usado principalmente nos setores de manufatura, indústria e governo; (ii) a Ásia é o continente que tem mais trabalhos em *fuzzy* AHP, em que seleção e avaliação são os escopos mais aplicados; (iii) 43% das pesquisas combinaram o *fuzzy* AHP com outras ferramentas, em particular com TOPSIS, QFD e ANP; (iv) 57% das pesquisas utilizaram o *extent analysis method* de Chang (1996), como método de derivação de pesos da matrizes de comparação pareada.

Os métodos *fuzzy* AHP utilizados neste trabalho são: o método da média geométrica de Buckley (1985) e o *extent analysis method* de Chang (1996). Eles foram escolhidos por serem métodos *fuzzy* AHP populares e por serem comumente utilizados em problemas que combinam *fuzzy* AHP com *fuzzy* TOPSIS ou TOPSIS (KUBLER et al., 2016; ZHÜ, 2014). O Quadro 8 traz a síntese de trabalhos utilizados nesta fase da pesquisa, os trabalhos científicos foram divididos em dois grupos. No primeiro grupo, estão os trabalhos que utilizaram o método da média geométrica de Buckley (1985), como método de derivação do vetor de prioridades a partir das matrizes de comparação pareadas, são eles: Hsieh Lu e Tzeng (2004); Kahraman e Çebi (2009); Sun (2010); Lin (2010); Kilic, Zaim e Delen (2014); Kiani e Mavi (2014); Beskese et al. (2015); Kusumawardani e Agintiara (2015). No segundo grupo, estão

os trabalhos que utilizaram o *extent analysis method* de Chang (1996), como método de derivação do vetor de prioridade, são eles: Bozbura, Beskese e Kahraman (2007); Kutlu e Ekmekçioğlu (2012); Paksoy, Pehlivan e Kahraman (2012); Lima Junior (2013); Lima Junior (2013); Sirisawat e Kiatcharoenpol (2018).

Quadro 8 – Utilização do método da média geométrica e do *extent analysis method* em *fuzzy AHP*

Método <i>fuzzy AHP</i> utilizado	Autor	Escopo	Outros métodos <i>fuzzy</i> combinados utilizados
Método da média geométrica (BUCKLEY, 1985)	Hsieh Lu e Tzeng (2004)	Planejamento e seleção de propostas de design em edifícios de escritórios públicos	Tomada de decisão <i>fuzzy</i> multicritério
	Kahraman e Çebi (2009)	Método de tomada de decisão de vários atributos: design axiomático difuso hierárquico	<i>fuzzy axiomatic design</i>
	Sun (2010)	Modelo de avaliação de desempenho	<i>fuzzy</i> TOPSIS
	Lin (2010)	Avaliação da qualidade de websites	-
	Kilic, Zaim e Delen (2014)	Seleção de sistema ERP para empresa de aviação	TOPSIS
	Kiani e Mavi (2014)	Seleção de indicadores de desempenho	<i>fuzzy</i> TOPSIS
	Beskese et al. (2015)	Seleção de lugares para instalação de aterros sanitários	<i>fuzzy</i> TOPSIS
	Kusumawardani e Agintiara (2015)	Método para a tomada de decisão no processo de seleção de gerente de recursos humanos	<i>fuzzy</i> TOPSIS
<i>Extent analysis method</i> (CHANG, 1996)	Bozbura, Beskese e Kahraman (2007)	Priorização e avaliação de indicadores de medição de capital humano	-
	Kutlu e Ekmekçioğlu (2012)	Aplicação no FMEA (<i>failure modes and effects analysis</i>)	<i>fuzzy</i> TOPSIS
	Paksoy, Pehlivan e Kahraman (2012)	Seleção de estratégias organizacionais para o gerenciamento de canais de distribuição	<i>fuzzy</i> TOPSIS
	Lima Junior (2013)	Estudo comparativo entre métodos de tomada de decisão	<i>fuzzy</i> TOPSIS
	Mandic et al. (2014)	Avaliação de parâmetros financeiros de bancos	<i>fuzzy</i> TOPSIS
	Sirisawat e Kiatcharoenpol (2018)	Priorização de solução para barreiras da logística reversa	<i>fuzzy</i> TOPSIS

Fonte: Do autor, 2019

Assim como nos resultados de Kubler et al. (2016), grande parte dos trabalhos do Quadro 8, apresentam em comum: grande diversidade de áreas de aplicação, o escopo predominante é seleção e avaliação, e o método *fuzzy* TOPSIS é predominantemente utilizado com o *fuzzy* AHP. Vale ressaltar, que no uso combinado de *fuzzy* AHP com *fuzzy* TOPSIS, utiliza-se *fuzzy* AHP para atribuir pesos aos critérios de avaliação (vetor prioridade dos pesos) e *fuzzy* TOPSIS para avaliação de desempenho das alternativas. No uso combinado dessas técnicas, os métodos se diferem na natureza dos pesos resultantes de *fuzzy* AHP, no método da média geométrica os pesos são números *fuzzy* triangulares; no *extent analysis method* são números *crisp*.

As próximas seções, 2.5.1 e 2.5.2, descrevem os procedimentos para a aplicação do método da média geométrica de Buckley (1985) e o *extent analysis method* de Chang (1996), respectivamente.

2.5.1 Método da média geométrica

O método da média geométrica de Buckley (1985), pode ser aplicado seguindo os seguintes passos (BESKESE et al., 2015; KIANI MAVI, 2014; KILIC; ZAIM; DELEN, 2014; KUSUMAWARDANI; AGINTIARA, 2015; SUN, 2010):

- 1) Construir a matriz de comparação pareada \tilde{A}^k contendo todos os critérios/elementos nas dimensões do sistema hierárquico, mostrado na Equação 17. Deve-se utilizar uma tabela de termos linguísticos para realizar a comparação pareada de cada critério, informando a importância relativa dos critérios. O termo \tilde{a}^k_{ij} representa a preferência que um critério i tem sobre outro critério j , no julgamento do especialista k ;

$$\tilde{A}^k = \begin{bmatrix} \tilde{a}^k_{11} & \tilde{a}^k_{12} & \dots & \tilde{a}^k_{1n} \\ \tilde{a}^k_{21} & \tilde{a}^k_{22} & \ddots & \tilde{a}^k_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{a}^k_{n1} & \tilde{a}^k_{n2} & \dots & \tilde{a}^k_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{a}^k_{11} & \tilde{a}^k_{12} & \dots & \tilde{a}^k_{1n} \\ 1/\tilde{a}^k_{12} & \tilde{a}^k_{22} & \ddots & \tilde{a}^k_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1/\tilde{a}^k_{1n} & 1/\tilde{a}^k_{2n} & \dots & \tilde{a}^k_{nn} \end{bmatrix} \quad (17)$$

- 2) Construir a matriz de comparação pareada agregada \tilde{A} , Equação 18, dada pela média aritmética dos valores dos julgamentos dos k especialistas, como mostrado na Equação 19;

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{12} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/\tilde{a}_{1n} & 1/\tilde{a}_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^k \tilde{a}_{ij}^k}{k} \quad (19)$$

- 3) Definir a média geométrica *fuzzy* \tilde{r}_i , Equação 20, e os pesos *fuzzy* \tilde{w}_i de cada um dos critérios, Equação 21.

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \times \dots \times \tilde{a}_{ij} \times \dots \times \tilde{a}_{in})^{\frac{1}{n}} \quad (20)$$

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \times (\tilde{r}_1 + \dots + \tilde{r}_i + \dots + \tilde{r}_n)^{-1} \quad (21)$$

em que \tilde{a}_{ij} é o valor de comparação agregado do critério i com o critério j , sendo assim, \tilde{r}_i é a média geométrica da comparação *fuzzy* do critério i com cada um dos outros critérios; \tilde{w}_i é o peso *fuzzy* do i -ésimo critério, que pode ser indicado por um número *fuzzy* triangular, $\tilde{w}_i = (lw_i, mw_i, uw_i)$. Onde, lw_i, mw_i, uw_i representam os valores baixo, médio e superior do peso *fuzzy* do i -ésimo critério;

Se necessário, o método *Centre of Area* (COA) pode ser utilizado como método de defuzzificação. O valor *não fuzzy* M_i do peso *fuzzy* \tilde{w}_i pode ser obtido pela Equação 22. O peso normalizado N_i é obtido pela Equação 23.

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + uw_i}{3} \quad (22)$$

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (23)$$

Após obter cada N_i , os pesos globais de todos os critérios podem ser obtidos multiplicando os pesos normalizados locais dos critérios pelos pesos normalizados da dimensão relacionada.

2.5.2 Extent analysis method

A seguir são apresentados os cinco passos para a aplicação do *extent analysis method* de Chang (1996):

Seja $X = \{x_1, x_i, \dots, x_n\}$ um conjunto de objetos, $G = \{g_1, g_j, \dots, g_m\}$ um conjunto de objetivos e $D = \{d_1, d_r, \dots, d_k\}$ os especialistas participantes do julgamento, $m * k$ valores de medida devem ser obtidos para cada objeto, como mostrado na Equação 24.

$$\tilde{M}_{g_i}^1, \tilde{M}_{g_i}^j, \dots, \tilde{M}_{g_i}^m, \text{ em que } i = 1, 2, \dots, n \quad (24)$$

- 1) Agregar, por meio da média aritmética entre os números *fuzzy*, as preferências dos k especialistas utilizando a Equação 25.

$$\tilde{M}_{g_i}^j = \frac{1}{k} [\tilde{M}_{g_{i1}}^j + \tilde{M}_{g_{ir}}^j + \dots + \tilde{M}_{g_{ik}}^j] \quad (25)$$

- 2) Calcular para cada objeto, o valor da medida sintética *fuzzy* \tilde{S}_i , utilizando a Equação 26.

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j \otimes [\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j]^{-1} \quad (26)$$

O operador \otimes , mostrado na Equação 26, significa uma multiplicação entre números *fuzzy*. O valor do primeiro fator, $\sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j$, fornece a soma de todas as pontuações que um objeto obteve quando comparado aos demais elementos em relação a um dado objetivo, e é obtido pela Equação 27.

$$\sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad (27)$$

Já o valor do segundo fator da Equação 26, $[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j]^{-1}$, denota o vetor inverso do obtido na Equação 27 e é obtido pela Equação 28;

$$[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_i} \right) \quad (28)$$

- 3) Calcular o grau de possibilidade de $\tilde{S}_2(l_2, m_2, u_2) \geq \tilde{S}_1(l_1, m_1, u_1)$, em que \tilde{S}_2 e \tilde{S}_1 são obtidos pela Equação 26. O grau de possibilidade entre duas

medidas sintéticas *fuzzy* é definido pela Equação 29, que é equivalente a Equação 30.

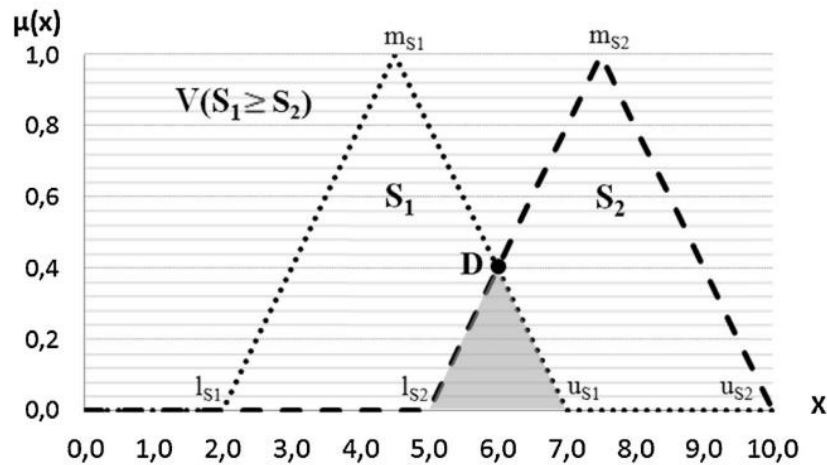
$$V(\tilde{S}_2 \geq \tilde{S}_1) = \sup_{y>x} [\text{MIN}(\mu_{S_2}(y), \mu_{S_1}(x))] \quad (29)$$

$$V(\tilde{S}_2 \geq \tilde{S}_1) = \text{ALT}(\tilde{S}_1 \cap \tilde{S}_2) = \mu_{S_2}(d) \quad (30)$$

O valor de $\mu_{S_2}(d)$ é definido pela Equação 31, na qual d representa a ordenada do ponto de intersecção mais alto D entre μ_{S_1} e μ_{S_2} , como mostrado na Figura 7. Para a comparação entre \tilde{M}_1 e \tilde{M}_2 é necessário os valores de $V(\tilde{S}_2 \geq \tilde{S}_1)$ e $V(\tilde{S}_1 \geq \tilde{S}_2)$

$$\mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{se } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{se } l_2 \geq l_1 \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(m_2 - u_2) - (m_1 - u_1)}, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (31)$$

Figura 7 – Gráfico de intersecção entre \tilde{S}_1 e \tilde{S}_2



Fonte: Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2014)

- 4) Calcular o grau de possibilidade de um número *fuzzy* convexo ser maior que n números *fuzzy* convexo $\tilde{S}_i (i = 1, \dots, k)$, por meio da Equação 32.

$$V(S \geq \tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_n) = V[(\tilde{S} \geq \tilde{S}_1) \text{AND} (\tilde{S} \geq \tilde{S}_2) \text{AND} \dots \text{AND} (\tilde{S} \geq \tilde{S}_n)] \quad (32)$$

Utiliza-se o valor mínimo, operador *MIN*, para realizar as operações dos conectores lógicos *AND*, como é mostrado na Equação 33.

$$V(\tilde{S} \geq \tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_n) = \text{MIN } V(\tilde{S} \geq \tilde{S}_i), \text{ sendo } i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (33)$$

5) Calcular o vetor peso W' , utilizando a equação 34.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_k))^T \quad (34)$$

onde,

$$d(A_i) = \text{MIN } V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_k) \text{ para } k = 1, 2, \dots, n; k \neq i \quad (35)$$

O vetor peso normalizado é dado pela Equação 36

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (36)$$

em que W é um vetor de números *crisp* calculado para cada matriz de comparação.

2.6 FUZZY TOPSIS

O método TOPSIS, *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*, foi proposto inicialmente por Hwang e Yoon (1981) e compreende em escolher uma alternativa que esteja o mais próximo possível da solução ideal positiva e o mais distante possível da solução negativa. Os melhores valores alcançados pelas alternativas durante a avaliação em relação aos critérios de decisão constituem a solução ideal positiva, por outro, quando da mesma forma escolhem-se os piores valores, tem-se a solução ideal negativa (KAHRAMAN, 2008; LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015).

De acordo com Lima Junior e Carpinetti (2015), o método TOPSIS vem sendo amplamente utilizado para ranquear alternativas por ordem de preferência. Na matriz de decisão da abordagem clássica do método TOPSIS, os valores dos elementos são números *crisp*, sendo assim, segundo Lima Junior e Carpinetti (2015), sua aplicação isolada se mostra inviável em métodos de seleção e avaliação de fornecedores por se incapaz de lidar com incertezas.

Para adequar o método na solução de problemas de decisão em cenários de incerteza, Chen (2000) apresentou a primeira combinação entre o método TOPSIS e a teoria dos conjuntos *fuzzy*. Nesta nova abordagem, conhecida como *Fuzzy TOPSIS* as pontuações das alternativas e os pesos dos critérios de decisão, são expressos por valores linguísticos representados, por exemplo, por números *fuzzy* triangulares, ao invés de variáveis *crisp*.

Seguindo o método *Fuzzy TOPSIS* proposto por Chen (2000) e baseado no trabalho de Lima Junior e Carpinetti (2015), o algoritmo é descrito nos oito passos a seguir:

- 1) Os valores linguísticos fornecidos pelos tomadores de decisão/especialistas (DM_r) devem ser agregados. Para agregar as pontuações das alternativas utiliza-se a Equação 37. Na qual, \tilde{x}_{ij}^k descreve as pontuações da alternativa A_i ($i = 1, \dots, n$), em relação ao critério C_j ($j = 1, \dots, m$), dado pelo tomador de decisão DM_r ($r = 1, \dots, k$). A Equação 38 é utilizada para agregar as avaliações dos pesos dos critérios \tilde{w}_j , em que \tilde{w}_j^k descreve o peso do critério, dado pelo tomador de decisão k ;

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^k] \quad (37)$$

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \dots + \tilde{w}_j^k] \quad (38)$$

- 2) Devem ser montadas uma matriz de decisão *fuzzy* \tilde{D} para as pontuações das alternativas e um vetor *fuzzy* \tilde{W} para o peso dos critérios utilizando, respectivamente as Equações 39 e 40.

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_m \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1j} & \dots & \tilde{x}_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \tilde{x}_{i2} & \dots & \tilde{x}_{ij} & \dots & \tilde{x}_{im} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{x}_{nj} & \dots & \tilde{x}_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (39)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_m] \quad (40)$$

Em que \tilde{x}_{ij} , $\forall i, j$ e \tilde{w}_j , $j = 1, 2, \dots, m$ são variáveis linguísticas. Estas variáveis linguísticas podem ser descritas pelos números *fuzzy* triangulares, $\tilde{x}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ e $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$;

- 3) A matriz \tilde{D} deve ser normalizada usando a escala de transformação linear, para transformar a escala de vários critérios em uma escala comparável. A matriz normalizada \tilde{R} é dada pela Equação 41, sendo \tilde{r}_{ij} obtido por meio das Equações 42 ou 43;

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (41)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right) \quad (42)$$

sendo $u_j^+ = \max_i u_{ij}$ (critérios de benefício)

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}} \right) \quad (43)$$

sendo $l_j^- = \min_i l_{ij}$ (critérios de custo)

- 4) Obter a matriz normalizada e ponderada \tilde{V} , mostrada na Equação 44, por meio da multiplicação dos pesos \tilde{w}_j pelos elementos \tilde{r}_{ij} da matriz normalizada conforme a Equação 45;

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad (44)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} * \tilde{w}_j \quad (45)$$

- 5) Definir a solução ideal positiva *fuzzy* (*Fuzzy Positive Ideal Solution*, FPIS, A^+) e a solução ideal negativa (*Fuzzy Negative Ideal Solution*, FNIS, A^-) de acordo com as Equações 46 e 47, em que $\tilde{v}_j^+ = (1, 1, 1)$ e $\tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$;

$$A^+ = \{\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_j^+, \dots, \tilde{v}_m^+\} \quad (46)$$

$$A^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_j^-, \dots, \tilde{v}_m^-\} \quad (47)$$

- 6) Utilizando a Equação 48, deve-se calcular a distância D_i^+ entre os valores de FPIS e as pontuações das alternativas da matriz \tilde{R} . Da mesma forma, calcular a distância D_i^- entre os valores de FNIS e as pontuações das alternativas utilizando a Equação 49. Nas Equações 48 e 49, $d(. , .)$ representa a distância entre dois números *fuzzy* de acordo com o método

vertex, que no caso de números *fuzzy* triangulares, pode ser obtido por meio da Equação 12 (distância entre dois números fuzzy);

$$D_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad (48)$$

$$D_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad (49)$$

- 7) Calcular o coeficiente de aproximação CC_i para cada uma das alternativas avaliadas, de acordo com a Equação 50;

$$CC_i = \frac{D_i^-}{(D_i^+ + D_i^-)} \quad (50)$$

- 8) E por fim, define-se um *ranking* a partir da ordenação decrescente dos valores CC_i . O coeficiente de aproximação é um valor *crisp* entre zero e um, melhor será o desempenho global da alternativa avaliada, quanto mais próximo a 1,0 for o valor CC_i .

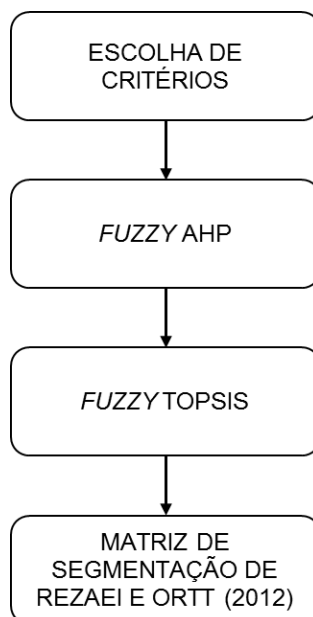
3 METODOLOGIA

Do ponto de vista dos objetivos, esta pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa quantitativa empírica descritiva. O principal objetivo deste tipo de pesquisa é “descrever características de determinada população ou fenômeno ou, então o estabelecimento de relações entre variáveis” (GIL, 2002). Nesta abordagem são utilizados métodos quantitativos, que serão analisados e comparados com base na realidade (coleta de dados e aplicação), a fim de conduzir ao entendimento e explicação das características dos métodos de segmentação de fornecedores (BERTRAND; FRANSOO, 2002).

Os procedimentos técnicos utilizados para a coleta de dados deste trabalho, foram: pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo (GIL, 2002). A pesquisa bibliográfica se deu a partir de uma breve revisão da literatura acerca do tema estudado, as principais fontes analisadas foram publicações periódicas (artigos de jornais e revistas). A pesquisa de campo possibilitou o levantamento de dados, a partir de questionário e de contato com três especialistas que fazem parte do processo de gerenciamento de fornecedores de uma empresa de laticínios; e a aplicação prática dos métodos.

Foram propostos dois métodos descritivos quantitativos para a segmentação de fornecedores. Para a construção e implementação dos métodos, foi utilizado o *software Microsoft Excel*. Em geral, ambos os métodos apresentam 4 etapas, mostradas na Figura 8. A primeira etapa trata da formação da equipe de especialistas e a escolha dos critérios de avaliação que serão utilizados. A segunda etapa trata da aplicação da abordagem *fuzzy AHP*, que é utilizada para a atribuição de peso aos critérios escolhidos anteriormente. É nessa etapa que os dois métodos se diferem, já que um deles utiliza o método da média geométrica de Buckley (1985) como método de derivação dos pesos, enquanto o outro utiliza o *extent analysis method* de Chang (1996). Na terceira etapa a abordagem *fuzzy TOPSIS* de Chen (2000) é utilizada para a avaliação de desempenho dos fornecedores. E na última etapa, os fornecedores são segmentados utilizando a matriz proposta por Rezaei e Ortt (2012). Nas seções seguintes, 3.1 e 3.2, os detalhes destes métodos de segmentação são explicados.

Figura 8 - Etapas gerais dos métodos de segmentação de fornecedores



Fonte: Do Autor, 2019

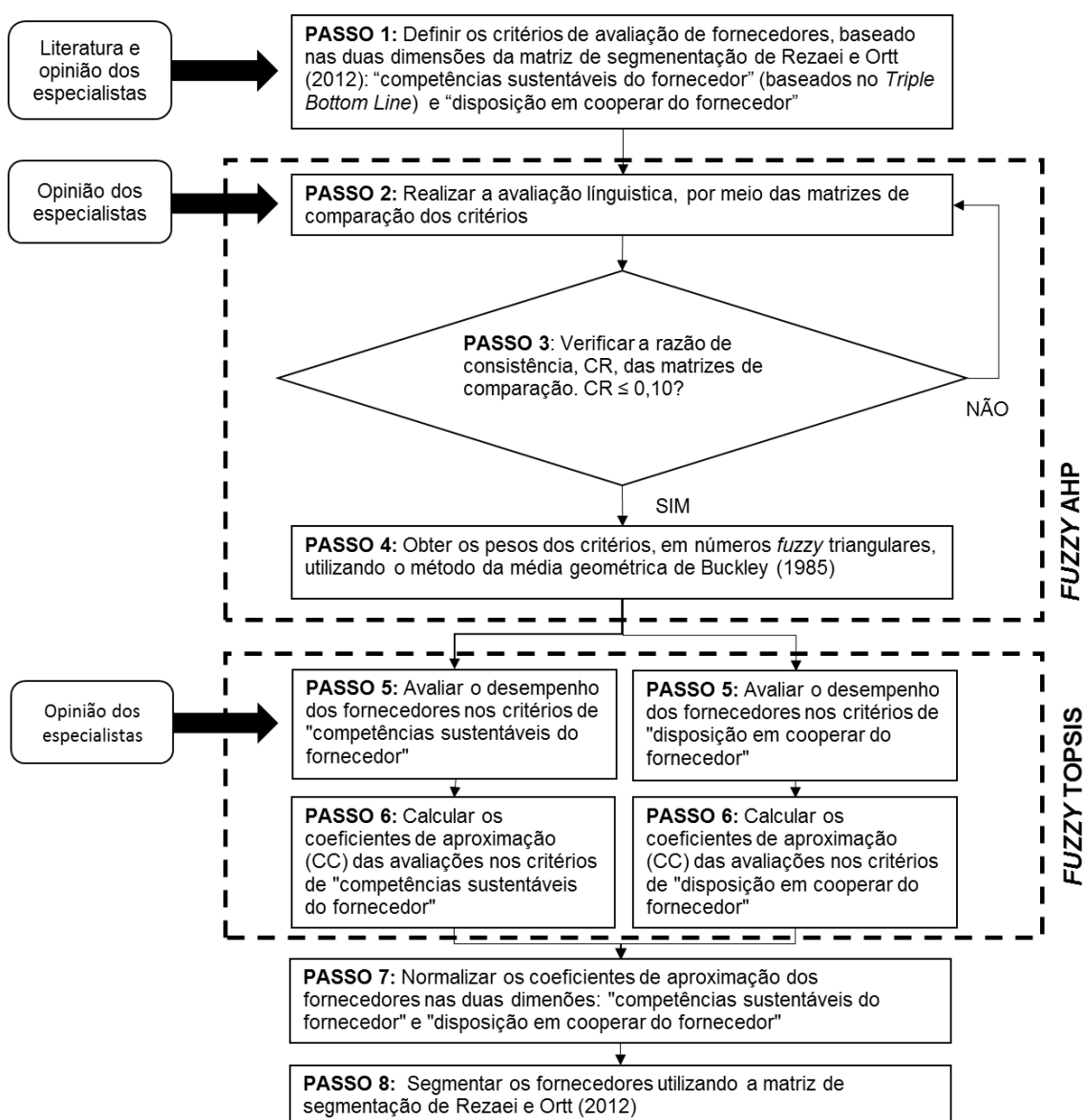
3.1 MÉTODO DE SEGMENTAÇÃO UTILIZANDO NA ABORDAGEM *FUZZY AHP*, O MÉTODO DA MÉDIA GEOMÉTRICA PROPOSTO POR BUCKLEY (1985), COMBINADA COM *FUZZY TOPSIS*, PROPOSTA POR CHEN (2000)

O método para segmentar fornecedores proposto é composto pelos 8 passos mostrados na Figura 9. O Passo 1 trata da definição dos critérios de seleção e avaliação de fornecedores, obtidos a partir de um levantamento bibliográfico, que serão utilizados para avaliar e posteriormente segmentar os fornecedores. Os critérios devem ser escolhidos pelos especialistas ou tomadores de decisão envolvidos no processo de segmentação dos fornecedores.

Os critérios escolhidos compõem as duas dimensões da matriz de segmentação proposta por Rezai e Ortt (2012), “competências do fornecedor” e “disposição em cooperar do fornecedor”. A escolha dos critérios da dimensão “competências do fornecedor” é baseada no conceito sustentável do TBL, considerando assim, critérios econômicos, critérios ambientais e critérios sociais; por esse motivo, esta dimensão é aqui chamada “competências sustentáveis dos

fornecedores”. Já a escolha dos critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, é baseada nos critérios encontrados na literatura de segmentação, sendo esses, critérios direcionadores para a construção de uma relação a longo prazo de fornecedor e comprador (BAI; REZAEI; SARKIS, 2017; REZAEI et al., 2017; REZAEI; ORTT, 2012; REZAEI; WANG; TAVASSZY, 2015).

Figura 9 – Método de segmentação utilizando *fuzzy* AHP (método da média geométrica) e *fuzzy* TOPSIS



Fonte: Do Autor, 2019

Os Passos 2, 3 e 4 constituem a etapa de aplicação da abordagem *fuzzy* AHP, na qual os pesos dos critérios de avaliação são obtidos. O Passo 2 trata da avaliação dos critérios escolhidos anteriormente no Passo 1, realizada por meio do questionário do Apêndice A. Cada especialista deve construir sua matriz de comparação pareadas dos critérios (\tilde{A}^k), Equação 17. Para as avaliações dos pesos dos critérios, será utilizado o conjunto de termos linguísticos, definidos no Quadro 9, em que cada termo é representado por um número *fuzzy* triangular. Por fim, as comparações são agregadas em uma única matriz (\tilde{A}), utilizando a Equação 19.

Quadro 9 – Conjunto de termos linguísticos para avaliação dos pesos dos critérios utilizados no *fuzzy* AHP

Variáveis linguísticas	Siglas	Números <i>fuzzy</i>
Absolutamente mais importante	A	(2,00; 2,50; 3,00)
Muito fortemente mais importante	MF	(1,50; 2,00; 2,50)
Fortemente mais importante	F	(1,00; 1,50; 2,00)
Moderadamente mais importante	M	(1,00; 1,00; 1,50)
Igualmente importante	I	(1,00; 1,00; 1,00)
Moderadamente menos importante	1/M	(0,67; 1,00; 1,00)
Fortemente menos importante	1/F	(0,50; 0,67; 1,00)
Muito fortemente menos importante	1/MF	(0,40; 0,50; 0,67)
Absolutamente menos importante	1/A	(0,33; 0,40; 0,50)

Fonte: Adaptado de Kutlu e Ekmekçioğlu (2012); Bozbura, Beskese e Kahraman (2007); (Dožić, Lutovac e Kalić (2018); Mandic et al. (2014).

O Passo 3 consiste na análise de consistência das matrizes de comparação pareadas construídas no passo anterior. A análise de consistência é efetuada a partir do cálculo da razão de consistência (CR), mostrado na Equação 16, que deve ser menor ou igual a 0,1, garantindo assim uma comparação consistente entre os critérios. Se esta condição for satisfeita, pode-se prosseguir com a abordagem *fuzzy* AHP, caso contrário, a comparação deve ser revisada pelos especialistas no Passo 2, até que a condição seja satisfeita.

No Passo 4, o método da média geométrica de Buckley (1985) é utilizado como método de derivação do vetor dos pesos das matrizes de comparação pareadas. O peso (\tilde{w}_i) é um número *fuzzy* triangular de cada critério, sendo obtido pela Equação 21, esse valor será utilizado na ponderação da matriz de decisão na etapa *fuzzy*

TOPSIS. Apenas para fim de comparação com os valores pesos *crisp* (resultados do *extent analysis method*) e para facilitar a ordenação, os pesos *fuzzy* resultantes desse passo serão defuzzificados e normalizados utilizando as Equações 22 e 23, respectivamente.

Os Passo 5 e 6 tratam da aplicação da abordagem *fuzzy* TOPSIS para avaliação do desempenho dos fornecedores, descrito na seção 2.6. No Passo 5, as avaliações, assim como no *fuzzy* AHP, são realizadas por meio do questionário do Apêndice A. O conjunto de termos linguísticas utilizados pelos especialistas para realizar as avaliações de desempenho dos fornecedores é mostrado no Quadro 10. Após as avaliações, utiliza-se a Equação 39 para agregar os resultados em uma única matriz de decisão (\tilde{D}). Em seguida, calcula-se a matriz de decisão normalizada (\tilde{R}), por meio da Equação 41. Obtêm-se a matriz normalizada ponderada (\tilde{V}), Equação 44, multiplicando os valores da matriz normalizada pelos pesos *fuzzy* (\tilde{w}_i) dos critérios, resultantes do Passo 4. Nesse caso, a multiplicação acontece entre dois números *fuzzy*, operação mostrada na Equação 9.

Quadro 10 – Conjunto de termos linguísticos para avaliação do desempenho dos fornecedores utilizados no *fuzzy* TOPSIS

Variáveis linguísticas	Siglas	Números <i>fuzzy</i>
Muito Alto	MA	(7,50, 10,0, 10,0)
Alto	A	(5,00, 7,50, 10,0)
Médio	M	(2,50, 5,00; 7,50)
Baixo	B	(0,00, 2,50, 5,00)
Muito Baixo	MB	(0,00, 0,00, 2,50)

Fonte: Adaptado de Lima Junior, Osiro e Carpinetti, 2014

Para finalizar o Passo 5, a solução ideal positivas e negativas *fuzzy* (FPIS e FNIS) são definidas por meio das Equações 46 e 47, assim como as distâncias dos valores da matriz normalizada ponderada com FPIS e FNIS, D_i^+ e D_i^- , calculados pelas Equações 48 e 49.

A aplicação da abordagem *fuzzy* TOPSIS se encerra no Passo 6, com o cálculo do coeficiente de aproximação (CC) para a obtenção das pontuações dos desempenhos globais dos fornecedores, calculado pela Equação 50. Os fornecedores

são avaliados em duas dimensões de critérios, sendo assim, executa-se a sequência de Passos 5 e 6 para as duas dimensões, para que cada fornecedor avaliado tenha, ao final do Passo 6, um par de coeficientes de aproximação, sendo um valor referente à dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (CC_i^C) e outro referente à “disposição em cooperar do fornecedor” (CC_i^D).

A fim de classificar efetivamente os fornecedores, no Passo 7 as pontuações finais dos coeficientes de aproximação de cada fornecedor são normalizadas no intervalo de [0, 1], utilizando a função sigmoide, Equação 51 (OSIRO; LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2018). Resultando assim, em dois valores, os coeficientes de aproximação normalizados relativo as “competências sustentáveis dos fornecedores” ($CC_{N_i}^C$) e os coeficientes de aproximação relativo à “disposição em cooperar dos fornecedores” ($CC_{N_i}^D$).

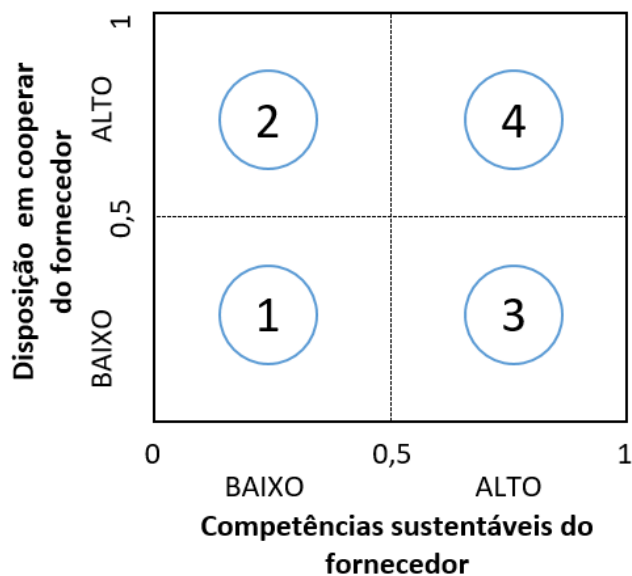
$$CC_{N_i} = \frac{1}{1 + e^{-\frac{CC_i - \overline{CC}}{\sigma_{CC}}}} \quad (51)$$

Em que, CC_{N_i} é o coeficiente de aproximação normalizado, CC_i é o valor original, \overline{CC} é a média e σ_{CC} é o desvio padrão do conjunto original de valores do coeficiente de aproximação.

Considerando o par de coeficientes de aproximação normalizados do fornecedor, $(CC_{N_i}^C, CC_{N_i}^D)$, no Passo 8 os fornecedores são segmentados na matriz proposta por Rezaei e Ortt (2012), como pode ser visto na Figura 10. A matriz de segmentação é composta pelos seguintes tipos de segmentos:

- Tipo 1: baixa competência do fornecedor e baixa disposição em cooperar;
- Tipo 2: baixa competência do fornecedor e alta disposição em cooperar;
- Tipo 3: alta competência do fornecedor e baixa disposição em cooperar;
- Tipo 4: alta competência do fornecedor e alta disposição em cooperar.

Figura 10 – Matriz de segmentação proposta

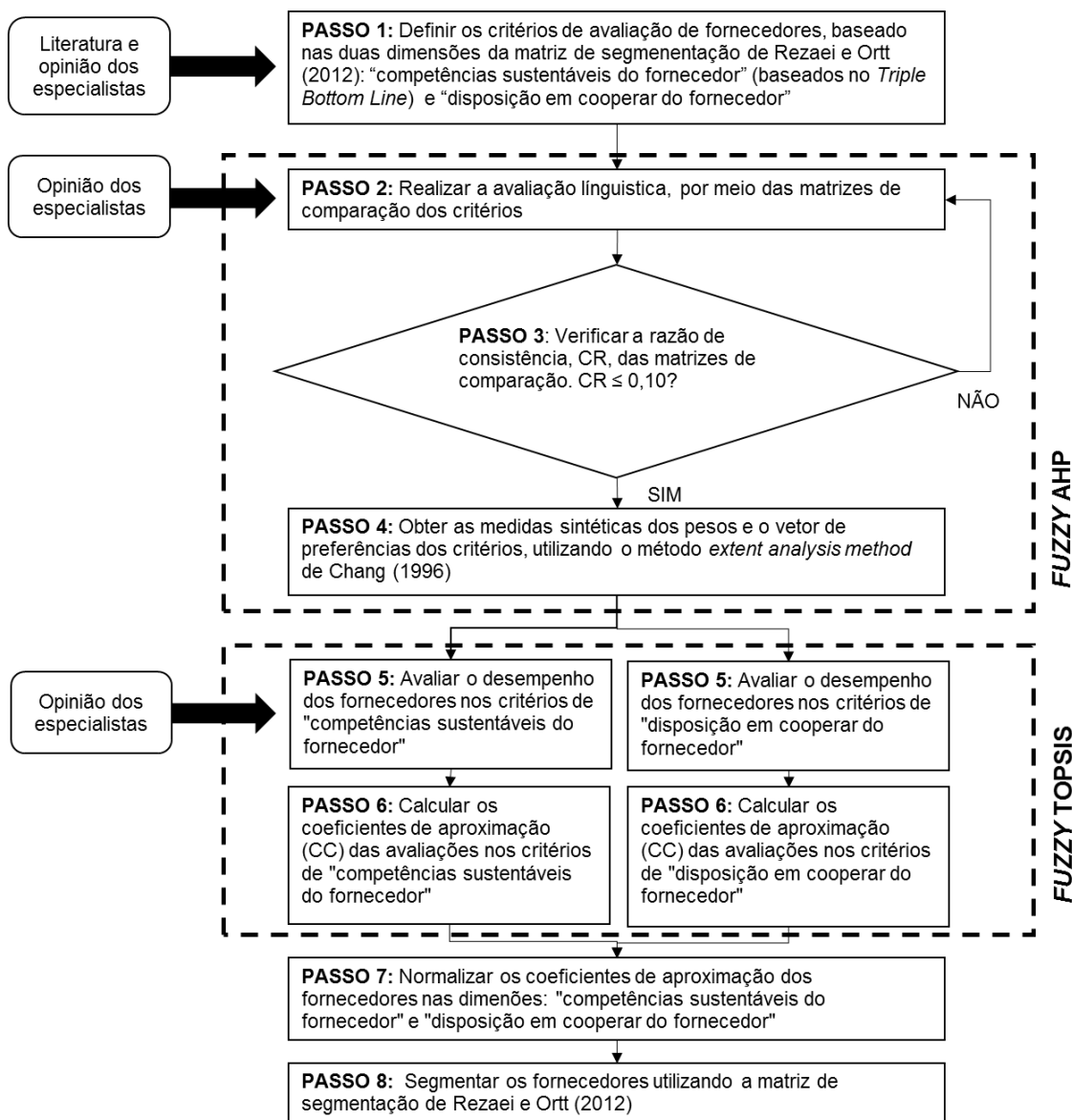


Fonte: Adaptado Rezaei e Ortt, 2002

3.2 MÉTODO DE SEGMENTAÇÃO UTILIZANDO NA ABORDAGEM FUZZY AHP, O *EXTENT ANALYSIS METHOD* PROPOSTO POR CHANG (1996), COMBINADA COM *FUZZY TOPSIS*, PROPOSTO POR CHEN (2000)

O método de segmentação de fornecedores proposto nesta seção, mostrado na Figura 11, é muito semelhante ao apresentado na seção 3.1, se diferenciando apenas em dois passos, no Passo 4 e em parte do Passo 5.

Figura 11 – Método de segmentação utilizando *fuzzy* AHP (*extent analysis method*) e *fuzzy* TOPSIS



Fonte: Do Autor, 2019

Do Passo 1 ao Passo 3, os procedimentos são idênticos aos descritos na seção anterior. No Passo 1, os critérios de avaliação e as dimensões da matriz de segmentação são os mesmos. No Passo 2, o resultado do questionário (Apêndice A) é utilizado para a avaliação dos especialistas das matrizes de comparação pareada. No Passo 3 as consistências das comparações são avaliadas.

No passo 4 o *extent analysis method*, Chang (1996), é utilizado como método de derivação do vetor dos pesos das matrizes de comparação pareadas, na abordagem *fuzzy* AHP. Para isso, as medidas sintéticas *fuzzy* (\tilde{S}_i) são calculadas pela

Equação 26. Em seguida, são calculados os graus de possibilidades de cada uma das medidas sintéticas *fuzzy* ser maior de todas as outras, Equação 33. Por fim, o vetor peso e vetor peso normalizado são calculados, pelas Equações 35 e 36, respectivamente. Neste caso, obtém-se um vetor de pesos *crisp* (W) de cada uma das matrizes de comparação pareadas agregadas, contendo os pesos dos critérios analisados.

A maior parte do Passo 5 é semelhante ao método de segmentação proposto na seção 3.1. Inicia-se o procedimento desse passo por meio da avaliação do desempenho dos fornecedores nos critérios realizados pelos especialistas, os resultados são agregados na matriz de decisão (\tilde{D}) e em seguida, a matriz de decisão normalizada (\tilde{R}) é calculada. Para o cálculo da matriz de decisão normalizada ponderada (\tilde{V}), multiplica-se a matriz de decisão normalizada pelo vetor peso normalizado (W), resultante do Passo 4. Neste caso, tem-se a multiplicação de valores *crisp* por números *fuzzy*, como é mostrado na Equação 13.

Os procedimentos dos Passos 6, 7 e 8 são idênticos ao método apresentado na seção 3.1. No passo 6, os coeficientes de aproximação do desempenho global dos fornecedores são calculados. O Passo 7, trata da normalização e da obtenção do par coeficientes de aproximação normalizados do fornecedor, $(CC_{N_i}^C, CC_{N_i}^D)$. E por fim, no Passo 8, baseados nos coeficientes de aproximação normalizados, os fornecedores são segmentados na matriz proposta por Rezaei e Ortt (2012).

3.3 PESQUISA DE CAMPO – CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A pesquisa de campo foi realizada em uma indústria de laticínios, fundada no ano de 1954, sediada no interior do estado de São Paulo. Trata-se de uma empresa de grande porte, que conta com mais de 1000 funcionários e com uma capacidade produtiva de aproximadamente um milhão de litros por dia. Atualmente, faz parte do *mix* de produtos: leites longa vida (integral, desnatado, semidesnatado e zero lactose); bebidas à base de soja; achocolatado; produtos culinários (leite condensado e creme

de leite); e produtos refrigerados (leite pasteurizado padronizado, manteiga, queijo muçarela e requeijão).

A missão da empresa é “oferecer soluções alimentícias que sejam nutritivas, saborosas, práticas, acessíveis, seguras e que colaborem para a promoção de hábitos saudáveis e qualidade de vida entre nossos consumidores e que reflitam positivamente na preservação do planeta e recursos naturais, devendo estes produtos e conceitos que os envolvem, serem igualmente relevantes para nossos clientes varejistas”. A visão é “ser reconhecida por supermercadistas e consumidores como a marca referência em alimentos lácteos saudáveis, saborosos e que promovam, em todos os sentidos, bem-estar dos consumidores e do planeta em que vivemos”.

A política da qualidade da empresa, enquanto fabricante de alimentos, tem como objetivos: garantir produtos seguros e de qualidade; promover a melhoria contínua dos sistemas e processos, de acordo com os objetivos do negócio; valorizar capacitar e envolver os colaboradores; trabalhar em parceria com fornecedores e clientes, gerando benefícios mútuos.

A empresa está passando por um momento de mudança organizacional e de gestão, ocasionada pela implementação do programa de manutenção produtiva total (TPM - *Total Productive Maintenance*), que dentre seus objetivos se encontra a gestão estratégica da qualidade. Neste contexto, alinhado a missão e aos objetivos da qualidade da empresa, mostra-se importante o desenvolvimento e a utilização de ferramentas que proporcionem boas práticas de gestão de fornecedores sustentáveis.

Dentro da empresa existem dois setores principais que lidam diretamente com fornecedores, são eles: setor de captação leiteira e setor de compras. O setor de captação leiteira é responsável pela gestão de fornecedores de leite, produtores da principal matéria prima da indústria. Já o setor de compras é responsável pelo suprimento de todos os insumos de produção, materiais de consumo, peças de manutenção de máquinas e itens diversos.

O foco desta pesquisa está no setor de compras, que trabalha com compras programadas e solicitações gerais realizadas por colaboradores internos de diferentes setores, tendo compradores responsáveis para as áreas de produção, manutenção e administração. Uma característica importante do setor é o relacionamento com a

multinacional detentora da tecnologia de processos, equipamentos e embalagens, que se mostra o principal e o mais crítico fornecedor da empresa, sendo o elo mais forte da cadeia de suprimentos em que a mesma está inserida.

Os critérios de seleção e avaliação de fornecedores utilizados pela empresa são: preço, formas de pagamento, prazo de entrega e qualidade do produto, em que é analisado o atendimento das especificações técnicas necessárias. Para processo de homologação de novos fornecedores, são necessários testes de qualidade realizados por responsáveis técnicos dos setores de Qualidade e de Controle de Produção. Após aprovado nos testes, o fornecedor está apto para início de fornecimento.

Atualmente os fornecedores estão divididos de acordo com os itens que fornecem, são fornecedores de: embalagens, peças de manutenção, ingredientes, material para escritório, produtos químicos, equipamentos de proteção individual e diversos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

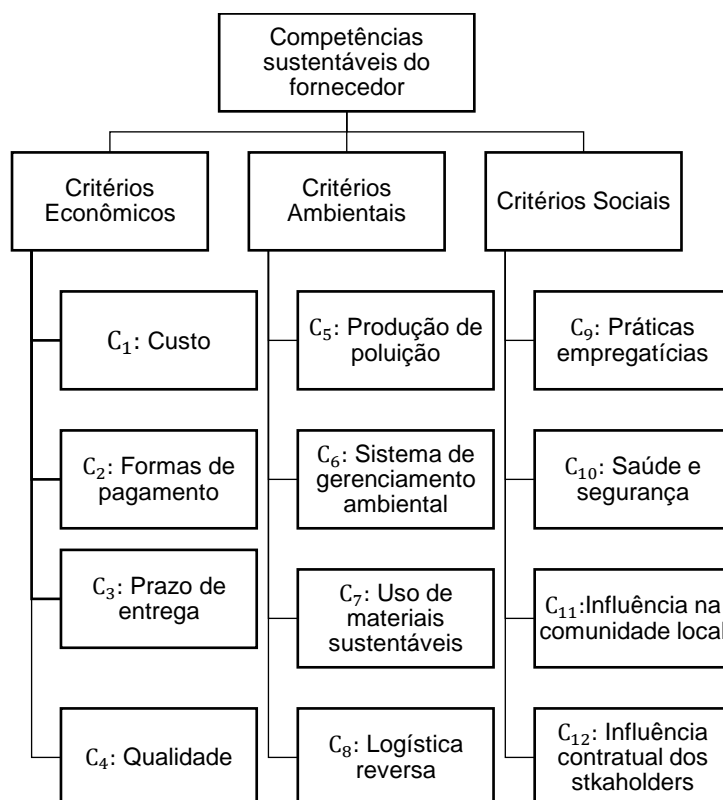
Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação dos métodos de segmentação de fornecedores sustentáveis na empresa de laticínios, em que esta pesquisa foi desenvolvida. A seção 4.1 traz os resultados referentes a aplicação do método de segmentação que utilizou na abordagem *fuzzy* AHP, o método da média geométrica. Já a seção 4.2 mostra os resultados referentes a aplicação do método de segmentação que utilizou o *extent analysis method*, na abordagem *fuzzy* AHP. As tabelas, os quadros, as figuras e os cálculos que são comuns aos dois métodos, são apresentados somente no primeiro método. Por fim, na seção 4.3 é realizada a análise comparativa dos dois métodos.

4.1 APLICAÇÃO PRÁTICA DO MÉTODO DE SEGMENTAÇÃO: FUZZY AHP (MÉTODO DA MÉDIA GEOMÉTRICA) E FUZZY TOPSIS

Para a aplicação dos métodos de segmentação, os especialistas escolhidos foram: o gerente industrial (E1), o gerente de compras (E2) e o engenheiro (E3) responsável pela aprovação técnica das compras. No Passo 1, foram escolhidos os critérios de decisão para as dimensões “competências sustentáveis do fornecedor” e “disposição em cooperar do fornecedor”.

A dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” foi representado pela estrutura hierárquica de decisão mostrada na Figura 12, na qual existem dois níveis: os critérios e os seus subcritérios. Os critérios são baseados no conceito do TBL, são eles: critérios econômicos, critérios ambientais e critérios sociais. O critério econômico se divide em quatro subcritérios: custo (C_1), forma de pagamento (C_2), prazo de entrega (C_3) e qualidade (C_4). Os subcritérios, para o critério ambiental, foram: produção de poluição (C_5), sistema de gerenciamento ambiental (C_6), uso de materiais sustentáveis (C_7) e logística reversa (C_8). Já para os critérios sociais, foram escolhidos: práticas empregatícias (C_9), saúde e segurança (C_{10}), influência na comunidade local (C_{11}) e influência contratual dos *stakeholders* (C_{12}).

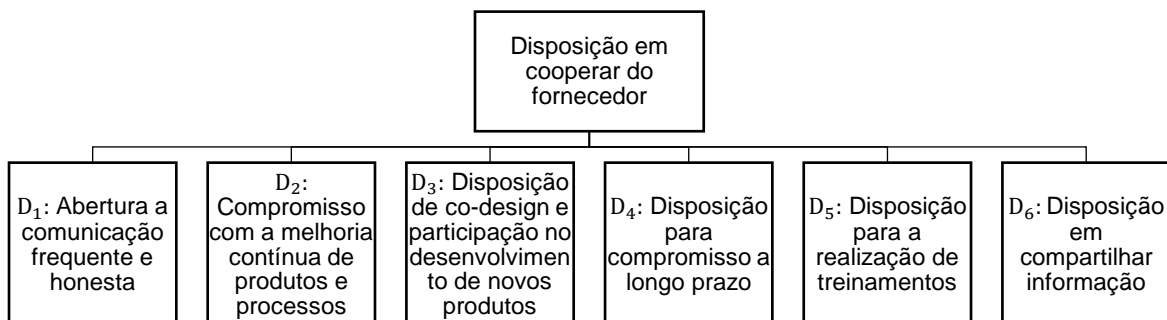
Figura 12 – Hierarquia de decisão dos critérios competências sustentáveis do fornecedor.



Fonte: Do autor, 2019

Na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, os critérios foram dispostos em apenas um nível, a hierarquia de decisão está ilustrada na Figura 13. Os critérios escolhidos para essa dimensão foram: abertura à comunicação frequente (D_1), compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos (D_2), disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos (D_3), disposição para o relacionamento a longo prazo (D_4), disposição para realização de treinamentos (D_5) e disposição em compartilhar informação (D_6).

Figura 13 – Hierarquia de decisão dos critérios “disposição em cooperar do fornecedor”



Fonte: Do autor, 2019

No Passo 2, os critérios de avaliação escolhidos foram comparados seguindo os temas linguísticos apresentados no Quadro 9. As comparações foram realizadas a partir do preenchimento do questionário do Apêndice A, resultando em matrizes de comparação pareadas, para cada dimensão dos critérios.

O Quadro 11 traz a matriz de comparação dos critérios TBL da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”, no caso desses critérios, foi decidido em consenso entre os três especialistas, que o mesmo peso seria dado para os critérios econômicos, ambientais e sociais. As avaliações foram realizadas com o seguinte raciocínio, “os critérios econômicos são igualmente importantes quando comparados aos critérios ambientais”, nesse caso, o cruzamento correspondente aos dois critérios, foi preenchido com a letra “I”.

A partir daí cada especialista realizou seu julgamento para os subcritérios econômicos, ambientais e sociais, apresentados respectivamente no Quadro 12, Quadro 13, Quadro 14. Da mesma forma, também foram avaliados os critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, como é mostrado no Quadro 15.

Quadro 11 – Matriz de comparação pareadas dos critérios TBL da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”.

Critérios TBL	Econômicos	Ambientais	Sociais
Econômicos	I	I	I
Ambientais		I	I
Sociais			I

Fonte: Do Autor, 2019

Quadro 12 – Matriz de comparação pareada dos subcritérios econômicos por especialista

Especialista	Subcritérios econômicos	C₁	C₂	C₃	C₄
E1 CR = 0,0174	C₁	I	F	MF	I
	C₂		I	1/M	1/MF
	C₃			I	1/MF
	C₄				I
E2 CR = 0,0202	C₁	I	F	M	I
	C₂		I	1/MF	1/F
	C₃			I	1/M
	C₄				I
E3 CR = 0,0210	C₁	I	MF	F	I
	C₂		I	1/M	1/F
	C₃			I	1/M
	C₄				I

Fonte: Do Autor, 2019

Quadro 13 – Matriz de comparação pareada dos subcritérios ambientais por especialista

Especialista	Subcritérios ambientais	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
E1 CR = 0,0367	C ₅	I	I	F	M
	C ₆		I	M	I
	C ₇			I	1/A
	C ₈				I
E2 CR = 0,0256	C ₅	I	F	MF	I
	C ₆		I	I	M
	C ₇			I	1/F
	C ₈				I
E3 CR = 0,0254	C ₅	I	MF	MF	I
	C ₆		I	M	I
	C ₇			I	1/F
	C ₈				I

Fonte: Do Autor, 2019

Quadro 14 – Matriz de comparação pareada dos subcritérios sociais por especialista

Especialista	Subcritérios sociais	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂
E1 CR = 0,0901	C ₉	I	1/MF	M	M
	C ₁₀		I	M	A
	C ₁₁			I	1/MF
	C ₁₂				I
E2 CR = 0,0407	C ₉	I	F	MF	M
	C ₁₀		I	F	F
	C ₁₁			I	M
	C ₁₂				I
E3 CR = 0,0333	C ₉	I	M	MF	F
	C ₁₀		I	F	MF
	C ₁₁			I	1/F
	C ₁₂				I

Fonte: Do Autor, 2019

Quadro 15 – Matriz de comparação pareada dos critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” por especialista

Especialista	Disposição em cooperar do fornecedor	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆
E1 CR = 0,0571	D ₁	I	F	MF	I	M	MF
	D ₂		I	I	1/M	A	A
	D ₃			I	1/F	F	I
	D ₄				I	M	I
	D ₅					I	A
	D ₆						I
E2 CR = 0,0744	D ₁	I	M	MF	I	I	I
	D ₂		I	F	I	A	MF
	D ₃			I	1/F	A	I
	D ₄				I	MF	F
	D ₅					I	MF
	D ₆						I
E3 CR = 0,0109	D ₁	I	I	M	1/M	I	M
	D ₂		I	M	I	I	F
	D ₃			I	1/F	1/M	I
	D ₄				I	I	F
	D ₅					I	F
	D ₆						I

Fonte: Do Autor, 2019

As comparações pareadas de cada um dos especialistas foram agregadas por meio da Equação 19, e os resultados foram mostrados nas Tabela 3 à Tabela 7. Para exemplificar, a primeira linha da matriz de comparação pareada agregada dos subcritérios econômicos (Tabela 4) é calculada a seguir:

$$\tilde{a}_{11} = \frac{((1,00, 1,00, 1,00) + (1,00, 1,00, 1,00) + (1,00, 1,00, 1,00))}{3} = (1,00, 1,00, 1,00)$$

$$\tilde{a}_{12} = \frac{((1,00, 1,50, 2,00) + (1,00, 1,50, 2,00) + (1,50, 2,00, 2,50))}{3} = (1,17, 1,67, 2,17)$$

$$\tilde{a}_{13} = \frac{((1,00, 2,00, 2,50) + (1,00, 1,00, 1,50) + (1,50, 2,00, 2,50))}{3} = (1,17, 1,50, 2,00)$$

$$\tilde{a}_{14} = \frac{((1,00, 1,00, 1,00) + (1,00, 1,00, 1,00) + (1,00, 1,00, 1,00))}{3} = (1,00, 1,00, 1,00)$$

Tabela 3 – Matriz de comparação pareada agregada dos critérios TBL da dimensão “competências sustentáveis dos fornecedores”

	Econômicos	Ambientais	Sociais
Econômicos	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)
Ambientais	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)
Sociais	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)
		CR	0,000

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 4 – Matriz de comparação pareada agregada dos subcritérios econômicos

	C₁	C₂	C₃	C₄
C₁	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,17, 1,67, 2,17)	(1,17, 1,50, 2,00)	(1,00, 1,00, 1,00)
C₂	(0,46, 0,60, 0,86)	(1,00, 1,00, 1,00)	(0,58, 0,83, 0,89)	(0,47, 0,61, 0,89)
C₃	(0,50, 0,67, 0,86)	(1,13, 1,20, 1,73)	(1,00, 1,00, 1,00)	(0,58, 0,83, 0,89)
C₄	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,13, 1,64, 2,14)	(1,13, 1,2, 1,73)	(1,00, 1,00, 1,00)
			CR	0,0137

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 5 – Matriz de comparação pareada agregada dos subcritérios ambientais

	C₅	C₆	C₇	C₈
C₅	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,17, 1,50, 1,83)	(1,33, 1,83, 2,33)	(1,00, 1,00, 1,17)
C₆	(0,55, 0,67, 0,86)	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,33)	(1,00, 1,00, 1,17)
C₇	(0,43, 0,55, 0,75)	(0,75, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(0,44, 0,58, 0,83)
C₈	(0,86, 1,00, 1,00)	(0,86, 1,00, 1,00)	(1,20, 1,73, 2,25)	(1,00, 1,00, 1,00)
			CR	0,0191

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 6 – Matriz de comparação pareada agregada dos subcritérios sociais

	C₉	C₁₀	C₁₁	C₁₂
C₉	(1,00, 1,00, 1,00)	(0,80, 1,00, 1,39)	(1,33, 1,67, 2,17)	(1,00, 1,17, 1,67)
C₁₀	(0,72, 1,00, 1,25)	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,33, 1,83)	(1,50, 2,00, 2,50)
C₁₁	(0,46, 0,60, 0,75)	(0,55, 0,75, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(0,63, 0,72, 1,06)
C₁₂	(0,60, 0,86, 1,00)	(0,40, 0,50, 0,67)	(0,95, 1,38, 1,58)	(1,00, 1,00, 1,00)
			CR	0,0316

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 7 – Matriz de comparação pareada agregada dos critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”

	D₁	D₂	D₃	D₄	D₅	D₆
D₁	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,17, 1,50)	(1,33, 1,67, 2,17)	(0,89, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,17)	(1,17, 1,33, 1,67)
D₂	(0,67, 0,86, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,17, 1,50)	(0,89, 1,00, 1,00)	(1,67, 2,00, 2,33)	(1,50, 2,00, 2,50)
D₃	(0,46, 0,60, 0,75)	(0,67, 0,86, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(0,50, 0,67, 1,00)	(1,22, 1,67, 2,00)	(1,00, 1,00, 1,00)
D₄	(1,00, 1,00, 1,13)	(1,00, 1,00, 1,13)	(1,00, 1,50, 2,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,17, 1,33, 1,67)	(1,00, 1,33, 1,67)
D₅	(0,86, 1,00, 1,00)	(0,43, 0,50, 0,60)	(0,50, 0,60, 0,82)	(0,60, 0,75, 0,86)	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,50, 2,00, 2,50)
D₆	(0,60, 0,75, 0,86)	(0,40, 0,50, 0,67)	(1,00, 1,00, 1,00)	(0,60, 0,75, 1,00)	(0,40, 0,50, 0,67)	(1,00, 1,00, 1,00)
					CR	0,0316

Fonte: Do Autor, 2019

No Passo 3, as avaliações das matrizes de comparação foram validadas, por meio do cálculo da razão de consistência, utilizando a Equação 16. Neste caso, todas as matrizes apresentaram comparação consistentes, ou seja, os valores de *CR* foram menores que 0,1, conforme foi mostrado nas Tabelas de 3 à 7. A seguir é mostrado um exemplo de cálculo do valor de *CR*, da matriz de comparação pareada agregada dos subcritérios econômicos. Com a Equação 15, calcula-se o índice de consistência (*CI*) e posteriormente é possível calcular *CR* pela Equação 16 (os detalhes do cálculo de λ_{max} , necessário para o cálculo de *CI* é mostrado no Apêndice B):

$$CI = \frac{(4,0370 - 4)}{(4 - 1)} = 0,0123$$

$$CR = \frac{0,0123}{0,90} = 0,0137$$

Como o valor de *CR* é menor que 0,01347, a comparação pareada dos subcritérios econômicos é consistente. Os mesmos cálculos foram realizados para todas as matrizes de comparação.

No Passo 4, os pesos dos critérios foram encontrados, resultando em valores *fuzzy* triangulares, finalizando assim, a aplicação da etapa de *fuzzy* AHP, que utilizou o método da média geométrica, para a derivação dos pesos das matrizes de comparação pareadas agregadas. Para exemplificar, foram calculados os pesos dos critérios TBL e dos subcritérios econômicos, utilizando à Equação 20 têm-se:

$$\tilde{r}_{ECO} = ((1,00, 1,00, 1,00) \times (1,00, 1,00, 1,00) \times (1,00, 1,00, 1,00))^{\frac{1}{3}} = (1,00, 1,00, 1,00)$$

$$\tilde{r}_{AMB} = (1,00, 1,00, 1,00)$$

$$\tilde{r}_{SOC} = (1,00, 1,00, 1,00)$$

Para os pesos *fuzzy* dos critérios TBL, utiliza-se a Equação 21

$$\begin{aligned}\tilde{w}_{ECO} &= (1,00, 1,00, 1,00) \times ((1,00, 1,00, 1,00) + (1,00, 1,00, 1,00) + (1,00, 1,00, 1,00))^{-1} \\ &= (0,3333, 0,3333, 0,3333)\end{aligned}$$

$$\tilde{w}_{AMB} = (0,3333, 0,3333, 0,3333)$$

$$\tilde{w}_{SOC} = (0,3333, 0,3333, 0,3333)$$

Por meio da Equação 22 e 23 os valores defuzzificados do vetor peso foram obtidos:

$$M_{ECO} = \frac{0,3333 + 0,3333 + 0,3333}{3} = 0,3333$$

$$N_{ECO} = \frac{0,3333}{(0,3333 + 0,3333 + 0,3333)} = 0,3333$$

Para os subcritérios econômicos:

$$\begin{aligned}\tilde{r}_1 &= ((1,00, 1,00, 1,00) \times (1,17, 1,67, 2,17) \times (1,17, 1,50, 2,00) \times (1,00, 1,00, 1,00))^{\frac{1}{4}} \\ &= (1,0801, 1,2574, 1,4428)\end{aligned}$$

$$\tilde{r}_2 = (0,5939, 0,7435, 0,9072)$$

$$\tilde{r}_3 = (0,7550, 0,9036, 1,0716)$$

$$\tilde{r}_4 = (1,0607, 1,1838, 1,3877)$$

Calcula-se os pesos *fuzzy* locais (\tilde{w}_i) dos subcritérios econômicos:

$$\begin{aligned}\tilde{w}_{C_1} &= (1,0801, 1,2574, 1,4428) \\ &\times ((1,0801, 1,2574, 1,4428) + (0,5939, 0,7435, 0,9072) \\ &+ (0,7550, 0,9036, 1,0716) + (1,0607, 1,1838, 1,3877))^{-1} \\ &= (0,2246, 0,3076, 0,4134)\end{aligned}$$

$$\tilde{w}_{C_2} = (0,1235, 0,1819, 0,2600)$$

$$\tilde{w}_{C_3} = (0,1570, 0,2210, 0,3071)$$

$$\tilde{w}_{C_4} = (0,2205, 0,2896, 0,3977)$$

Multiplicando cada um dos pesos *fuzzy* locais dos subcritérios econômicos pelo peso do critério econômico, obtêm-se os pesos *fuzzy* globais:

$$\tilde{w}_{C_1}^G = (0,3333, 0,3333, 0,3333) \times (0,2246, 0,3076, 0,4134) = (0,0749, 0,1025, 0,1378)$$

$$\tilde{w}_{C_2}^G = (0,0412, 0,0606, 0,0867)$$

$$\tilde{w}_{C_3}^G = (0,0523, 0,0737, 0,1024)$$

$$\tilde{w}_{C_4}^G = (0,0735, 0,0965, 0,1326)$$

A fim de comparar e ordenar os pesos resultantes do método da média geométrica com os pesos do método *extent analysis method*, o valor defuzzificado do peso local (peso em relação aos subcritérios de um mesmo critério) e do peso global (peso em relação a todos os outros subcritérios da dimensão) do subcritério custo foi calculado e normalizado pelas Equações 22 e 23:

$$M_{C_1} = \frac{0,2246 + 0,3076 + 0,4134}{3} = 0,3152$$

$$N_{C_1}^L = \frac{0,3152}{(0,3152 + 0,1884 + 0,2207 + 0,2925)} = 0,3047$$

$$N_{C_1}^G = 0,3047 * 0,3333 = 0,1016$$

O mesmo procedimento foi realizado para obter os pesos, locais e globais, dos demais subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”, e dos critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”. A Tabela 8, traz o resumo dos pesos *fuzzy* e os valores defuzzificados normalizados (N_i) dos critérios TBL, os pesos globais dos subcritérios econômicos, ambientais e sociais, que juntos compõe a dimensão “competências sustentáveis dos fornecedores”. Já os pesos *fuzzy* dos critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, são mostrados na Tabela 9.

Tabela 8 – Pesos dos critérios e subcritérios da dimensão "competências sustentáveis do fornecedor"

Crítérios	Pesos	N_i	Subcritérios	Pesos locais	N_i^L	Pesos Globais	N_i^G
Econômicos	(0,33, 0,33, 0,33)	0,333	C₁	(0,22, 0,31, 0,41)	0,3047	(0,07, 0,10, 0,14)	0,1016
			C₂	(0,12, 0,18, 0,26)	0,1821	(0,04, 0,06, 0,09)	0,0607
			C₃	(0,16, 0,22, 0,31)	0,2207	(0,05, 0,07, 0,10)	0,0736
			C₄	(0,22, 0,29, 0,40)	0,2925	(0,07, 0,10, 0,13)	0,0975
Ambientais	(0,33, 0,33, 0,33)	0,333	C₅	(0,24, 0,32, 0,42)	0,3165	(0,08, 0,11, 0,14)	0,1055
			C₆	(0,18, 0,22, 0,30)	0,2297	(0,06, 0,07, 0,10)	0,0766
			C₇	(0,13, 0,18, 0,25)	0,1835	(0,04, 0,06, 0,08)	0,0612
			C₈	(0,21, 0,28, 0,34)	0,2704	(0,07, 0,09, 0,11)	0,0901
Sociais	(0,33, 0,33, 0,33)	0,333	C₉	(0,20, 0,29, 0,45)	0,2966	(0,07, 0,10, 0,15)	0,0989
			C₁₀	(0,20, 0,31, 0,46)	0,3091	(0,07, 0,10, 0,15)	0,1030
			C₁₁	(0,13, 0,18, 0,28)	0,1873	(0,04, 0,06, 0,09)	0,0624
			C₁₂	(0,14, 0,21, 0,30)	0,2070	(0,05, 0,07, 0,10)	0,0690

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 9 – Pesos dos critérios e subcritérios da dimensão "disposição em cooperar do fornecedor"

Crítérios	Pesos Globais	N_i
D₁	(0,15, 0,19, 0,26)	0,1936
D₂	(0,15, 0,21, 0,27)	0,2034
D₃	(0,11, 0,15, 0,20)	0,1483
D₄	(0,14, 0,19, 0,26)	0,1940
D₅	(0,10, 0,14, 0,19)	0,1420
D₆	(0,09, 0,12, 0,16)	0,1187

Fonte: Do Autor, 2019

A próxima etapa, consistiu na aplicação da abordagem *fuzzy* TOPSIS. Na aplicação do Passo 5, os especialistas avaliaram o desempenho dos fornecedores nos critérios escolhidos e ponderados nos passos anteriores. A avaliação ocorreu por meio da aplicação do questionário do Apêndice A, no qual cada especialista avaliou 10 fornecedores utilizando a escala linguística apresentada no Quadro 10. O Quadro 16 traz a caracterização dos 10 fornecedores nos seguintes itens: itens fornecidos, tamanho da empresa (em número de empregados) e tempo do relacionamento com a empresa de laticínios.

Quadro 16 – Caracterização dos fornecedores avaliados

Fornecedores	Itens fornecidos	Tamanho da empresa	Tempo de relacionamento
F1	Embalagens em geral e equipamentos de processo	Grande	25 anos
F2	Embalagens cartonadas	Grande	15 anos
F3	Produtos químicos	Grande	15 anos
F4	Embalagens plásticas	Grande	4 anos
F5	Tampas plásticas	Grande	4 anos
F6	Materiais de plásticos	Grande	8 anos
F7	Misturas para preparação do produto	Grande	20 anos
F8	Embalagens em geral	Grande	15 anos
F9	Embalagens cartonadas	Grande	10 anos
F10	Embalagens cartonadas	Grande	10 anos

Fonte: Do autor, 2019

Na primeira rodada, os 10 fornecedores foram avaliados levando em considerações os 12 subcritérios da dimensão “competências sustentáveis dos fornecedores”. A Tabela 10 traz os resultados das avaliações dos 3 especialistas utilizando as variáveis linguísticas mostradas no Quadro 10.

Tabela 10 – Avaliação do desempenho dos fornecedores nos critérios sustentáveis realizada pelos 3 tomadores de decisão

Especialista	Fornecedor	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
E1	F1	M	A	MA	MA	MA	MA	A	MA	MA	MA	A	MA
	F2	M	A	MA	MA	MA	A	MA	A	A	MA	A	A
	F3	A	MA	A	MA	A	A	MA	MA	MA	MA	A	MA
	F4	M	MA	M	A	M	A	M	M	M	A	M	M
	F5	M	MA	A	MA	M	M	M	M	A	A	M	A
	F6	M	A	A	A	M	M	M	B	A	A	M	A
	F7	A	A	MA	MA	A	MA	M	A	MA	A	M	A
	F8	M	A	M	M	A	A	A	M	A	A	M	A
	F9	M	A	M	A	M	A	A	M	A	A	M	A
	F10	M	MA	A	A	M	M	A	A	A	A	M	B
E2	F1	A	A	A	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA
	F2	A	A	A	A	A	A	A	M	M	A	M	A
	F3	A	A	A	MA	A	MA	M	MA	MA	MA	MA	A
	F4	M	A	A	MA	A	MA	A	A	M	M	M	A
	F5	A	M	M	MA	M	MA	MA	M	A	A	M	MA
	F6	A	A	A	A	M	B	B	M	A	M	A	A
	F7	A	M	M	A	A	M	M	MA	MA	A	M	A
	F8	M	M	A	M	A	MA	MA	A	A	A	M	M
	F9	A	A	A	M	A	A	M	M	A	A	M	M
	F10	B	A	A	M	M	A	B	M	A	A	A	B
E3	F1	M	M	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA
	F2	M	A	A	A	A	A	MA	A	A	MA	A	A
	F3	A	A	A	MA	A	A	M	A	MA	MA	A	A
	F4	M	A	M	MA	A	A	M	M	A	M	M	M
	F5	M	A	A	MA	M	A	M	A	A	MA	M	M
	F6	M	M	A	A	M	A	A	M	MA	M	MA	A
	F7	A	A	A	MA	MA	M	M	MA	MA	MA	M	A
	F8	M	A	A	M	M	A	MA	A	MA	A	A	M
	F9	A	A	A	M	M	A	M	A	MA	A	M	A
	F10	M	A	A	M	M	A	MA	A	A	A	A	M

Fonte: Do Autor, 2019

A Tabela 11 mostra os valores agregados das avaliações, formando assim a matriz de decisão *fuzzy* agregada (\tilde{D}). Os valores são agregados utilizando a Equação 37, como exemplo, o valor da avaliação agregada do desempenho do fornecedor F1 em relação ao critério C_1 foi calculado:

$$\tilde{x}_{11} = \frac{1}{3} [(2,50, 5,00, 7,50) + (5,00, 7,50, 10,0) + (2,50, 5,00, 7,50)] = (3,33, 5,83, 8,33)$$

$$\tilde{x}_{12} = \frac{1}{3} [(5,00, 7,50, 10,0) + (5,00, 7,50, 10,0) + (2,50, 5,00, 7,50)] = (4,17, 6,67, 9,67)$$

$$\tilde{x}_{13} = \frac{1}{3}[(7,50, 10,0, 10,0) + (5,00, 7,50, 10,0) + (7,50, 10,0, 10,0)] = (6,67, 9,17, 10,0)$$

$$\tilde{x}_{14} = (7,50, 10,0, 10,0)$$

$$\tilde{x}_{15} = (7,50, 10,0, 10,0)$$

$$\tilde{x}_{16} = (7,50, 10,0, 10,0)$$

$$\tilde{x}_{17} = (6,67, 9,17, 10,0)$$

$$\tilde{x}_{18} = (7,50, 10,0, 10,0)$$

$$\tilde{x}_{19} = (7,50, 10,0, 10,0)$$

$$\tilde{x}_{1,10} = (7,50, 10,0, 10,0)$$

$$\tilde{x}_{1,11} = (6,67, 9,17, 10,0)$$

$$\tilde{x}_{1,12} = (7,50, 10,0, 10,0)$$

Tabela 11 – Matriz de decisão fuzzy com valores agregados (\bar{D}) das avaliações dos três especialistas para “competências sustentáveis dos fornecedores”

Fornecedor	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂
F1	(3,33, 5,83, 8,33)	(4,17, 6,67, 9,17)	(6,67, 9,17, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(6,67, 9,17, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(6,67, 9,17, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)
F2	(3,33, 5,83, 8,33)	(5,00, 7,50, 10,0)	(5,83, 8,33, 10,0)	(5,83, 8,33, 10,0)	(5,83, 8,33, 10,0)	(5,00, 7,50, 10,0)	(6,67, 9,17, 10,0)	(4,17, 6,67, 9,17)	(4,17, 6,67, 9,17)	(6,67, 9,17, 10,0)	(4,17, 6,67, 9,17)	(5,00, 7,50, 10,0)
F3	(5,00, 7,50, 10,0)	(5,83, 8,33, 10,0)	(5,00, 7,50, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(5,00, 7,50, 10,0)	(5,83, 8,33, 10,0)	(4,17, 6,67, 8,33)	(6,67, 9,17, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(5,83, 8,33, 10,0)	(5,83, 8,33, 10,0)
F4	(2,50, 5,00, 7,50)	(5,83, 8,33, 10,0)	(3,33, 5,83, 8,33)	(6,67, 9,17, 10,0)	(4,17, 6,67, 9,17)	(5,83, 8,33, 10,0)	(3,33, 5,83, 8,33)	(3,33, 5,83, 8,33)	(3,33, 5,83, 8,33)	(3,33, 5,83, 8,33)	(2,50, 5,00, 7,50)	(3,33, 5,83, 8,33)
F5	(3,33, 5,83, 8,33)	(5,00, 7,50, 9,17)	(4,17, 6,67, 9,17)	(7,50, 10,0, 10,0)	(2,50, 5,00, 7,50)	(5,00, 7,50, 9,17)	(4,17, 6,67, 8,33)	(3,33, 5,83, 8,33)	(5,00, 7,50, 10,0)	(5,83, 8,33, 10,0)	(2,50, 5,00, 7,50)	(5,00, 7,50, 9,17)
F6	(3,33, 5,83, 8,33)	(4,17, 6,67, 9,17)	(5,00, 7,50, 10,0)	(5,00, 7,50, 10,0)	(2,50, 5,00, 7,50)	(2,50, 5,00, 7,50)	(2,50, 5,00, 7,50)	(1,67, 4,17, 6,67)	(5,83, 8,33, 10,0)	(3,33, 5,83, 8,33)	(5,00, 7,50, 9,17)	(5,00, 7,50, 10,0)
F7	(5,00, 7,50, 10,0)	(4,17, 6,67, 9,17)	(5,00, 7,50, 9,17)	(6,67, 9,17, 10,0)	(5,83, 8,33, 10,0)	(4,17, 6,67, 8,33)	(2,50, 5,00, 7,50)	(6,67, 9,17, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(5,83, 8,33, 10,0)	(2,50, 5,00, 7,50)	(5,00, 7,50, 10,0)
F8	(2,50, 5,00, 7,50)	(4,17, 6,67, 9,17)	(4,17, 6,67, 9,17)	(2,50, 5,00, 7,50)	(4,17, 6,67, 9,17)	(5,83, 8,33, 10,0)	(6,67, 9,17, 10,0)	(4,17, 6,67, 9,17)	(5,83, 8,33, 10,0)	(5,00, 7,50, 10,0)	(3,33, 5,83, 8,33)	(3,33, 5,83, 8,33)
F9	(4,17, 6,67, 9,17)	(5,00, 7,50, 10,0)	(4,17, 6,67, 9,17)	(3,33, 5,83, 8,33)	(3,33, 5,83, 8,33)	(5,00, 7,50, 10,0)	(3,33, 5,83, 8,33)	(3,33, 5,83, 8,33)	(5,83, 8,33, 10,0)	(5,00, 7,50, 10,0)	(2,50, 5,00, 7,50)	(4,17, 6,67, 9,17)
F10	(1,67, 4,17, 6,67)	(5,83, 8,33, 10,0)	(5,00, 7,50, 10,0)	(3,33, 5,83, 8,33)	(2,50, 5,00, 7,50)	(4,17, 6,67, 9,17)	(4,17, 6,67, 8,33)	(4,17, 6,67, 9,17)	(5,00, 7,50, 10,0)	(5,00, 7,50, 10,0)	(4,17, 6,67, 9,17)	(0,83, 3,33, 5,83)

Fonte: Do Autor, 2019

Após a agregação, os valores da matriz de decisão foram normalizados, utilizando a Equação 41 e 42. Para exemplificar, os valores de decisão normalizados referente ao fornecedor F1 foram calculados a seguir. A Tabela 12 mostra a matriz de decisão normalizada completa (\tilde{R}).

$$\tilde{r}_{11} = \left(\frac{3,33}{10,00}, \frac{5,83}{10,00}, \frac{8,33}{10,00} \right) = (0,33, 0,58, 0,83)$$

$$\tilde{r}_{12} = \left(\frac{4,17}{10,00}, \frac{6,67}{10,00}, \frac{9,17}{10,00} \right) = (0,42, 0,67, 0,92)$$

$$\tilde{r}_{13} = \left(\frac{6,67}{10,00}, \frac{9,17}{10,00}, \frac{10,00}{10,00} \right) = (0,67, 0,92, 1,00)$$

$$\tilde{r}_{14} = \left(\frac{7,50}{10,00}, \frac{10,00}{10,00}, \frac{10,00}{10,00} \right) = (0,75, 1,00, 1,00)$$

$$\tilde{r}_{15} = \left(\frac{7,50}{10,00}, \frac{10,00}{10,00}, \frac{10,00}{10,00} \right) = (0,75, 1,00, 1,00)$$

$$\tilde{r}_{16} = \left(\frac{7,50}{10,00}, \frac{10,00}{10,00}, \frac{10,00}{10,00} \right) = (0,75, 1,00, 1,00)$$

$$\tilde{r}_{17} = \left(\frac{6,67}{10,00}, \frac{9,17}{10,00}, \frac{10,00}{10,00} \right) = (0,67, 0,92, 1,00)$$

$$\tilde{r}_{18} = \left(\frac{7,50}{10,00}, \frac{10,00}{10,00}, \frac{10,00}{10,00} \right) = (0,75, 1,00, 1,00)$$

$$\tilde{r}_{19} = \left(\frac{7,50}{10,00}, \frac{10,00}{10,00}, \frac{10,00}{10,00} \right) = (0,75, 1,00, 1,00)$$

$$\tilde{r}_{1,10} = \left(\frac{7,50}{10,00}, \frac{10,00}{10,00}, \frac{10,00}{10,00} \right) = (0,75, 1,00, 1,00)$$

$$\tilde{r}_{1,11} = \left(\frac{6,67}{10,00}, \frac{9,17}{10,00}, \frac{10,00}{10,00} \right) = (0,67, 0,92, 1,00)$$

$$\tilde{r}_{1,12} = \left(\frac{7,50}{10,00}, \frac{10,00}{10,00}, \frac{10,00}{10,00} \right) = (0,75, 1,00, 1,00)$$

Tabela 12 – Matriz de decisão fuzzy normalizada (\tilde{R})

Fornecedor	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂
F1	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)
F2	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,50, 0,75, 1,00)
F3	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,42, 0,67, 0,83)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,58, 0,83, 1,00)
F4	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,33, 0,58, 0,83)
F5	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,5, 0,75, 0,92)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,5, 0,75, 0,92)	(0,42, 0,67, 0,83)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,5, 0,75, 0,92)
F6	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,17, 0,42, 0,67)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,5, 0,75, 0,92)	(0,50, 0,75, 1,00)
F7	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,5, 0,75, 0,92)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,42, 0,67, 0,83)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,50, 0,75, 1,00)
F8	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,33, 0,58, 0,83)
F9	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,42, 0,67, 0,92)
F10	(0,17, 0,42, 0,67)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,42, 0,67, 0,83)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,08, 0,33, 0,58)

Fonte: Do Autor, 2019

Para construir a matriz de decisão ponderada (\tilde{V}), utilizou-se a Equação 44, os valores da matriz normalizada, foram multiplicados pelos pesos *fuzzy* globais dos subcritérios da Tabela 8, utilizando a Equação 45, nesse caso, dois números *fuzzy* triangulares foram multiplicados. A Tabela 13 mostra a matriz de comparação ponderada e como exemplo, os valores da primeira linha da matriz de decisão ponderada, referentes ao fornecedor F1, foram calculados a seguir:

$$\tilde{v}_{11} = (0,33, 0,58, 0,83) * (0,07, 0,10, 0,14) = (0,02, 0,06, 0,11)$$

$$\tilde{v}_{12} = (0,42, 0,67, 0,92) * (0,04, 0,06, 0,09) = (0,02, 0,04, 0,08)$$

$$\tilde{v}_{13} = (0,67, 0,92, 1,00) * (0,05, 0,07, 0,10) = (0,03, 0,07, 0,10)$$

$$\tilde{v}_{14} = (0,75, 1,00, 1,00) * (0,07, 0,10, 0,13) = (0,06, 0,10, 0,13)$$

$$\tilde{v}_{15} = (0,75, 1,00, 1,00) * (0,08, 0,11, 0,14) = (0,06, 0,11, 0,14)$$

$$\tilde{v}_{16} = (0,75, 1,00, 1,00) * (0,06, 0,07, 0,10) = (0,05, 0,07, 0,10)$$

$$\tilde{v}_{17} = (0,67, 0,92, 1,00) * (0,04, 0,06, 0,08) = (0,03, 0,06, 0,08)$$

$$\tilde{v}_{18} = (0,75, 1,00, 1,00) * (0,07, 0,09, 0,11) = (0,05, 0,09, 0,11)$$

$$\tilde{v}_{19} = (0,75, 1,00, 1,00) * (0,07, 0,10, 0,15) = (0,05, 0,10, 0,15)$$

$$\tilde{v}_{1,10} = (0,75, 1,00, 1,00) * (0,07, 0,10, 0,15) = (0,05, 0,10, 0,15)$$

$$\tilde{v}_{1,11} = (0,67, 0,92, 1,00) * (0,04, 0,06, 0,09) = (0,03, 0,06, 0,09)$$

$$\tilde{v}_{1,12} = (0,75, 1,00, 1,00) * (0,05, 0,07, 0,10) = (0,03, 0,07, 0,10)$$

Tabela 13 – Matriz de decisão fuzzy ponderada (\tilde{V}) (método da média geométrica)

Fornecedor	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂
F1	(0,02, 0,06, 0,11)	(0,02, 0,04, 0,08)	(0,03, 0,07, 0,10)	(0,06, 0,10, 0,13)	(0,06, 0,11, 0,14)	(0,05, 0,07, 0,10)	(0,03, 0,06, 0,08)	(0,05, 0,09, 0,11)	(0,05, 0,10, 0,15)	(0,05, 0,10, 0,15)	(0,03, 0,06, 0,09)	(0,03, 0,07, 0,10)
F2	(0,02, 0,06, 0,11)	(0,02, 0,05, 0,09)	(0,03, 0,06, 0,10)	(0,04, 0,08, 0,13)	(0,05, 0,09, 0,14)	(0,03, 0,06, 0,10)	(0,03, 0,06, 0,08)	(0,03, 0,06, 0,11)	(0,03, 0,06, 0,14)	(0,05, 0,10, 0,15)	(0,02, 0,04, 0,09)	(0,02, 0,05, 0,10)
F3	(0,04, 0,08, 0,14)	(0,02, 0,05, 0,09)	(0,03, 0,06, 0,10)	(0,06, 0,10, 0,13)	(0,04, 0,08, 0,14)	(0,04, 0,06, 0,10)	(0,02, 0,04, 0,07)	(0,05, 0,09, 0,11)	(0,05, 0,10, 0,15)	(0,05, 0,10, 0,15)	(0,02, 0,05, 0,09)	(0,03, 0,06, 0,10)
F4	(0,02, 0,05, 0,10)	(0,02, 0,05, 0,09)	(0,02, 0,04, 0,09)	(0,05, 0,09, 0,13)	(0,03, 0,07, 0,13)	(0,04, 0,06, 0,10)	(0,01, 0,04, 0,07)	(0,02, 0,05, 0,10)	(0,02, 0,06, 0,12)	(0,02, 0,06, 0,13)	(0,01, 0,03, 0,07)	(0,02, 0,04, 0,08)
F5	(0,02, 0,06, 0,11)	(0,02, 0,05, 0,08)	(0,02, 0,05, 0,09)	(0,06, 0,10, 0,13)	(0,02, 0,05, 0,10)	(0,03, 0,06, 0,09)	(0,02, 0,04, 0,07)	(0,02, 0,05, 0,10)	(0,03, 0,07, 0,15)	(0,04, 0,09, 0,15)	(0,01, 0,03, 0,07)	(0,02, 0,05, 0,09)
F6	(0,02, 0,06, 0,11)	(0,02, 0,04, 0,08)	(0,03, 0,06, 0,10)	(0,04, 0,07, 0,13)	(0,02, 0,05, 0,10)	(0,02, 0,04, 0,08)	(0,01, 0,03, 0,06)	(0,01, 0,04, 0,08)	(0,04, 0,08, 0,15)	(0,02, 0,06, 0,15)	(0,02, 0,05, 0,09)	(0,02, 0,05, 0,10)
F7	(0,04, 0,08, 0,14)	(0,02, 0,04, 0,08)	(0,03, 0,06, 0,09)	(0,05, 0,09, 0,13)	(0,05, 0,09, 0,14)	(0,03, 0,05, 0,08)	(0,01, 0,03, 0,06)	(0,05, 0,09, 0,11)	(0,05, 0,10, 0,15)	(0,04, 0,09, 0,15)	(0,01, 0,03, 0,07)	(0,02, 0,05, 0,10)
F8	(0,02, 0,05, 0,10)	(0,02, 0,04, 0,08)	(0,02, 0,05, 0,09)	(0,02, 0,05, 0,10)	(0,03, 0,07, 0,13)	(0,04, 0,06, 0,10)	(0,03, 0,06, 0,08)	(0,03, 0,06, 0,11)	(0,04, 0,08, 0,15)	(0,03, 0,08, 0,15)	(0,01, 0,04, 0,08)	(0,02, 0,04, 0,08)
F9	(0,03, 0,07, 0,13)	(0,02, 0,05, 0,09)	(0,02, 0,05, 0,09)	(0,02, 0,06, 0,11)	(0,03, 0,06, 0,12)	(0,03, 0,06, 0,10)	(0,01, 0,04, 0,07)	(0,02, 0,05, 0,10)	(0,04, 0,08, 0,15)	(0,03, 0,08, 0,15)	(0,01, 0,03, 0,07)	(0,02, 0,05, 0,09)
F10	(0,01, 0,04, 0,09)	(0,02, 0,05, 0,09)	(0,03, 0,06, 0,10)	(0,02, 0,06, 0,11)	(0,02, 0,05, 0,10)	(0,03, 0,05, 0,09)	(0,02, 0,04, 0,07)	(0,03, 0,06, 0,11)	(0,03, 0,07, 0,15)	(0,03, 0,08, 0,15)	(0,02, 0,04, 0,09)	(0,00, 0,02, 0,06)

Fonte: Do Autor, 2019

No Passo 6 os coeficientes de aproximação da dimensão “competências sustentáveis dos fornecedores” (CC_i^c) foram encontrados. Para isso, a FPIS (A^+) e a FNIS (A^-), foram definidas e as suas distâncias com os valores da matriz de decisão *fuzzy* ponderada foram encontradas, resultando nas distâncias totais D_i^+ e D_i^- , como é mostrado nas Tabela 14 e Tabela 15, respectivamente. Como exemplo, as distâncias dos valores das decisões ponderadas do fornecedor F1 com A^+ , foram calculados a seguir.

O valor de A^+ foi definido pela Equação 46:

$$A^+ = [(1,1,1), (1,1,1), \dots, (1,1,1)]$$

As distâncias dos valores de decisão ponderadas com A^+ , foram calculados pela Equação 12:

$$d(\tilde{v}_{11}, A^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,02 - 1,00)^2 + (0,06 - 1,00)^2 + (0,11 - 1,00)^2]} = 0,9342$$

$$d(\tilde{v}_{12}, A^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,02 - 1,00)^2 + (0,04 - 1,00)^2 + (0,08 - 1,00)^2]} = 0,9547$$

$$d(\tilde{v}_{13}, A^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,03 - 1,00)^2 + (0,07 - 1,00)^2 + (0,10 - 1,00)^2]} = 0,9321$$

$$d(\tilde{v}_{14}, A^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,06 - 1,00)^2 + (0,10 - 1,00)^2 + (0,13 - 1,00)^2]} = 0,9058$$

$$d(\tilde{v}_{15}, A^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,06 - 1,00)^2 + (0,11 - 1,00)^2 + (0,14 - 1,00)^2]} = 0,8991$$

$$d(\tilde{v}_{16}, A^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,05 - 1,00)^2 + (0,07 - 1,00)^2 + (0,10 - 1,00)^2]} = 0,9269$$

$$d(\tilde{v}_{17}, A^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,03 - 1,00)^2 + (0,06 - 1,00)^2 + (0,08 - 1,00)^2]} = 0,9441$$

$$d(\tilde{v}_{18}, A^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,05 - 1,00)^2 + (0,09 - 1,00)^2 + (0,11 - 1,00)^2]} = 0,9137$$

$$d(\tilde{v}_{19}, A^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,05 - 1,00)^2 + (0,10 - 1,00)^2 + (0,15 - 1,00)^2]} = 0,9024$$

$$d(\tilde{v}_{1,10}, A^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,05 - 1,00)^2 + (0,10 - 1,00)^2 + (0,15 - 1,00)^2]} = 0,8981$$

$$d(\tilde{v}_{1,11}, A^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,03 - 1,00)^2 + (0,06 - 1,00)^2 + (0,09 - 1,00)^2]} = 0,9410$$

$$d(\tilde{v}_{1,12}, A^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,03 - 1,00)^2 + (0,07 - 1,00)^2 + (0,10 - 1,00)^2]} = 0,9315$$

Por fim, a distância D_1^+ foi encontrada utilizando a Equação 48:

$$D_1^+ = \sum_{j=1}^{12} (0,9342 + 0,9547 + 0,9321 + 0,9058 + 0,8991 + 0,9269 + 0,9441 + 0,9137 + 0,9024 + 0,8981 + 0,9410 + 0,9315 + 0,9342 + 0,9495 + 0,9357 + 0,9154 + 0,9095 + 0,9383 + 0,9441 + 0,9351 + 0,9249 + 0,9030 + 0,9523 + 0,9415 + 11,1836 + 0,9169 + 0,9466 + 0,9393 + 0,9058 + 0,9148 + 0,9345 + 0,9574 + 0,9183 + 0,9024 + 0,8981 + 0,9439 + 0,9382 + 11,1161 + 0,9429 + 0,9466 + 0,9518 + 0,9106 + 0,9237 + 0,9345 + 0,9604 + 0,9428 + 0,9335 + 0,9306 + 0,9631 + 0,9535 + 11,2939 + 0,9342 + 0,9518 + 0,9456 + 0,9058 + 0,9415 + 0,9410 + 0,9574 + 0,9428 + 0,9164 + 0,9079 + 0,9631 + 0,9442 + 11,2517 + 0,9342 + 0,9547 + 0,9393 + 0,9203 + 0,9415 + 0,9578 + 0,9656 + 0,9581 + 0,9117 + 0,9306 + 0,9494 + 0,9415 + 11,3045 + 0,9169 + 0,9547 + 0,9420 + 0,9106 + 0,9095 + 0,9475 + 0,9656 + 0,9183 + 0,9024 + 0,9079 + 0,9631 + 0,9415 + 11,1800 + 0,9429 + 0,9547 + 0,9456 + 0,9452 + 0,9237 + 0,9345 + 0,9441 + 0,9351 + 0,9117 + 0,9128 + 0,9577 + 0,9535 + 11,2614 + 0,9255 + 0,9495 + 0,9456 + 0,9369 + 0,9326 + 0,9383 + 0,9604 + 0,9428 + 0,9117 + 0,9128 + 0,9631 + 0,9475 + 11,2667 + 0,9515 + 0,9466 + 0,9393 + 0,9369 + 0,9415 + 0,9448 + 0,9574 + 0,9351 + 0,9164 + 0,9128 + 0,9523 + 0,9715 + 11,3062) = 11,0836$$

Tabela 14 – Distância entre cada alternativa e A^+ e distância total (D_i^+) para a dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (método da média geométrica)

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	D_i^+
$d(F1, A^+)$	0,9342	0,9547	0,9321	0,9058	0,8991	0,9269	0,9441	0,9137	0,9024	0,8981	0,9410	0,9315	11,0836
$d(F2, A^+)$	0,9342	0,9495	0,9357	0,9154	0,9095	0,9383	0,9441	0,9351	0,9249	0,9030	0,9523	0,9415	11,1836
$d(F3, A^+)$	0,9169	0,9466	0,9393	0,9058	0,9148	0,9345	0,9574	0,9183	0,9024	0,8981	0,9439	0,9382	11,1161
$d(F4, A^+)$	0,9429	0,9466	0,9518	0,9106	0,9237	0,9345	0,9604	0,9428	0,9335	0,9306	0,9631	0,9535	11,2939
$d(F5, A^+)$	0,9342	0,9518	0,9456	0,9058	0,9415	0,9410	0,9574	0,9428	0,9164	0,9079	0,9631	0,9442	11,2517
$d(F6, A^+)$	0,9342	0,9547	0,9393	0,9203	0,9415	0,9578	0,9656	0,9581	0,9117	0,9306	0,9494	0,9415	11,3045
$d(F7, A^+)$	0,9169	0,9547	0,9420	0,9106	0,9095	0,9475	0,9656	0,9183	0,9024	0,9079	0,9631	0,9415	11,1800
$d(F8, A^+)$	0,9429	0,9547	0,9456	0,9452	0,9237	0,9345	0,9441	0,9351	0,9117	0,9128	0,9577	0,9535	11,2614
$d(F9, A^+)$	0,9255	0,9495	0,9456	0,9369	0,9326	0,9383	0,9604	0,9428	0,9117	0,9128	0,9631	0,9475	11,2667
$d(F10, A^+)$	0,9515	0,9466	0,9393	0,9369	0,9415	0,9448	0,9574	0,9351	0,9164	0,9128	0,9523	0,9715	11,3062

Fonte: Do Autor, 2019

Da mesma forma, o valor de valor de A^- foi definido pela Equação 47:

$$A^- = [(0,0,0), (0,0,0), \dots, (0,0,0)]$$

As distâncias dos valores de decisão ponderadas com A^- , foram calculados pela Equação 12, como exemplo, é calculado:

$$d(\tilde{v}_{11}, A^-) = \sqrt{\frac{1}{3} [(0,02 - 0,00)^2 + (0,06 - 0,00)^2 + (0,11 - 0,00)^2]} = 0,0761$$

O valor D_1^- foi calculado pela Equação 49:

$$D_1^- = \sum_{j=1}^{12} (0,0,0761 + 0,0524 + 0,0736 + \dots + 0,0740) = 0,9928$$

Tabela 15 – Distância entre cada alternativa e A^- e distância total (D_i^-) para a dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (método da média geométrica)

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	D _i ⁻
d(F1, A ⁻)	0,0761	0,0524	0,0736	0,0999	0,1067	0,0767	0,0603	0,0905	0,1063	0,1111	0,0652	0,0740	0,9928
d(F2, A ⁻)	0,0761	0,0577	0,0711	0,0929	0,0990	0,0686	0,0603	0,0725	0,0884	0,1076	0,0558	0,0671	0,9173
d(F3, A ⁻)	0,0936	0,0595	0,0688	0,0999	0,0955	0,0711	0,0476	0,0868	0,1063	0,1111	0,0632	0,0692	0,9728
d(F4, A ⁻)	0,0675	0,0595	0,0561	0,0963	0,0865	0,0711	0,0458	0,0649	0,0795	0,0828	0,0447	0,0548	0,8095
d(F5, A ⁻)	0,0761	0,0542	0,0624	0,0999	0,0687	0,0645	0,0476	0,0649	0,0973	0,1044	0,0447	0,0630	0,8478
d(F6, A ⁻)	0,0761	0,0524	0,0688	0,0897	0,0687	0,0493	0,0406	0,0500	0,1001	0,0828	0,0576	0,0671	0,8033
d(F7, A ⁻)	0,0936	0,0524	0,0647	0,0963	0,0990	0,0580	0,0406	0,0868	0,1063	0,1044	0,0447	0,0671	0,9139
d(F8, A ⁻)	0,0675	0,0524	0,0624	0,0647	0,0865	0,0711	0,0603	0,0725	0,1001	0,1014	0,0502	0,0548	0,8439
d(F9, A ⁻)	0,0849	0,0577	0,0624	0,0730	0,0776	0,0686	0,0458	0,0649	0,1001	0,1014	0,0447	0,0609	0,8419
d(F10, A ⁻)	0,0589	0,0595	0,0688	0,0730	0,0687	0,0621	0,0476	0,0725	0,0973	0,1014	0,0558	0,0366	0,8024

Fonte: Do Autor, 2019

Encontradas as distâncias, foi possível calcular os coeficientes de aproximação CC_i^C e ordenar os fornecedores em uma ordem decrescente, criando um *ranking* de fornecedores. Para exemplificar, o coeficiente de aproximação do fornecedor F1 na dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” foi calculado utilizando a Equação 50:

$$CC_1^C = \frac{0,9928}{(11,0836 + 0,9928)} = 0,0822$$

O fornecedor F1 obteve o primeiro lugar na avaliação de desempenho nos critérios da dimensão “competências sustentáveis dos fornecedores”, enquanto o fornecedor F10 teve o pior desempenho. A Tabela 16 traz os resultados das

distâncias, dos coeficientes de aproximação e do *ranking* de cada um dos fornecedores.

Tabela 16 – Coeficientes de aproximação e ranking dos fornecedores na dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (método da média geométrica)

Fornecedor	D_i^+	D_i^-	CC_i^c	Ranking
F1	11,0836	0,9928	0,0822	1º
F2	11,1836	0,9173	0,0758	3º
F3	11,1161	0,9728	0,0805	2º
F4	11,2939	0,8095	0,0669	8º
F5	11,2517	0,8478	0,0701	5º
F6	11,3045	0,8033	0,0663	9º
F7	11,1800	0,9139	0,0756	4º
F8	11,2614	0,8439	0,0697	6º
F9	11,2667	0,8419	0,0695	7º
F10	11,3062	0,8024	0,0663	10º

Fonte: Do Autor, 2019

Da mesma forma que o desempenho dos fornecedores foram avaliados para os critérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”, os especialistas realizaram a avaliação do desempenho dos fornecedores para os critérios da dimensão “disposição em cooperar dos fornecedores”, repetindo a aplicação do Passo 5 e do Passo 6, os quais são referentes à aplicação da abordagem *fuzzy* TOPSIS.

As avaliações dos 3 especialistas, a partir das respostas do questionário do Apêndice A, são mostradas na Tabela 17. Para completar o Passo 5, a matriz de decisão *fuzzy* (\tilde{D}), a matriz de decisão *fuzzy* normalizada (\tilde{R}) e a matriz de decisão *fuzzy* ponderada (\tilde{V}) são mostradas, respectivamente, na Tabela 18, Tabela 19 e Tabela 20.

Tabela 17 – Avaliação do desempenho dos fornecedores nos critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”

Especialista	Fornecedor	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆
E1	F1	A	MA	A	MA	MA	A
	F2	M	A	M	A	B	M
	F3	A	MA	MA	MA	MA	A
	F4	M	A	M	A	M	M
	F5	M	M	M	A	B	B
	F6	A	M	M	A	B	B
	F7	M	A	B	M	MB	B
	F8	M	M	B	A	B	M
	F9	M	M	B	A	B	B
	F10	M	A	M	A	B	M
E2	F1	MA	MA	MA	MA	MA	M
	F2	A	MA	MA	MA	MA	MA
	F3	MA	MA	M	MA	MA	A
	F4	A	A	M	A	A	A
	F5	A	A	A	MA	A	M
	F6	A	A	A	A	B	MA
	F7	MA	A	MA	MA	A	A
	F8	A	B	M	A	A	A
	F9	MA	A	MA	MA	A	A
	F10	A	M	M	M	M	M
E3	F1	MA	MA	A	MA	A	A
	F2	M	MA	A	MA	M	M
	F3	A	MA	MA	MA	A	A
	F4	A	M	M	A	A	M
	F5	M	A	A	MA	M	M
	F6	MA	M	M	A	MB	B
	F7	A	MA	M	M	B	B
	F8	M	A	MB	M	M	B
	F9	A	M	A	M	B	B
	F10	A	M	M	B	MB	B

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 18 – Matriz de decisão fuzzy (\tilde{D}) com valores agregados para “disposição em cooperar do fornecedor”

Fornecedor	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆
F1	(6,70, 9,20, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(5,80, 8,30, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(6,67, 9,17, 10,0)	(4,17, 6,67, 9,17)
F2	(3,30, 5,80, 8,30)	(6,70, 9,20, 10,0)	(5,00, 7,50, 9,20)	(6,67, 9,17, 10,0)	(3,33, 5,83, 7,50)	(4,17, 6,67, 8,33)
F3	(5,80, 8,30, 10,0)	(7,50, 10,0, 10,0)	(5,80, 8,30, 9,20)	(7,50, 10,0, 10,0)	(6,67, 9,17, 10,0)	(5,00, 7,50, 10,0)
F4	(4,20, 6,70, 9,20)	(4,20, 6,70, 9,20)	(2,50, 5,00, 7,50)	(5,00, 7,50, 10,0)	(4,17, 6,67, 9,17)	(3,33, 5,83, 8,33)
F5	(3,30, 5,80, 8,30)	(4,20, 6,70, 9,20)	(4,20, 6,70, 9,20)	(6,67, 9,17, 10,0)	(2,50, 5,00, 7,50)	(1,67, 4,17, 6,67)
F6	(5,80, 8,30, 10,0)	(3,30, 5,80, 8,30)	(3,30, 5,80, 8,30)	(5,00, 7,50, 10,0)	(0,00, 1,67, 4,17)	(2,50, 5,00, 6,67)
F7	(5,00, 7,50, 9,20)	(5,80, 8,30, 10,0)	(3,30, 5,80, 7,50)	(4,17, 6,67, 8,33)	(1,67, 3,33, 5,83)	(1,67, 4,17, 6,67)
F8	(3,30, 5,80, 8,30)	(2,50, 5,00, 7,50)	(0,80, 2,50, 5,00)	(4,17, 6,67, 9,17)	(2,50, 5,00, 7,50)	(2,50, 5,00, 7,50)
F9	(5,00, 7,50, 9,20)	(3,30, 5,80, 8,30)	(4,20, 6,70, 8,30)	(5,00, 7,50, 9,17)	(1,67, 4,17, 6,67)	(1,67, 4,17, 6,67)
F10	(4,20, 6,70, 9,20)	(3,30, 5,80, 8,30)	(2,50, 5,00, 7,50)	(2,50, 5,00, 7,50)	(0,83, 2,50, 5,00)	(1,67, 4,17, 6,67)

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 19 – Matriz de decisão *fuzzy* normalizada (\tilde{R}) para “disposição em cooperar do fornecedor”

Fornecedor	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆
F1	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,42, 0,67, 0,92)
F2	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,50, 0,75, 0,92)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,33, 0,58, 0,75)	(0,42, 0,67, 0,83)
F3	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,58, 0,83, 0,92)	(0,75, 1,00, 1,00)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,50, 0,75, 1,00)
F4	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,33, 0,58, 0,83)
F5	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,67, 0,92, 1,00)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,17, 0,42, 0,67)
F6	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,50, 0,75, 1,00)	(0,00, 0,17, 0,42)	(0,25, 0,50, 0,67)
F7	(0,50, 0,75, 0,92)	(0,58, 0,83, 1,00)	(0,33, 0,58, 0,75)	(0,42, 0,67, 0,83)	(0,17, 0,33, 0,58)	(0,17, 0,42, 0,67)
F8	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,08, 0,25, 0,50)	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,25, 0,50, 0,75)
F9	(0,50, 0,75, 0,92)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,42, 0,67, 0,83)	(0,50, 0,75, 0,92)	(0,17, 0,42, 0,67)	(0,17, 0,42, 0,67)
F10	(0,42, 0,67, 0,92)	(0,33, 0,58, 0,83)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,25, 0,50, 0,75)	(0,08, 0,25, 0,50)	(0,17, 0,42, 0,67)

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 20 – Matriz de decisão *fuzzy* ponderada (\tilde{V}) para “disposição em cooperar do fornecedor” (método da média geométrica)

Fornecedor	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆
F1	(0,10, 0,18, 0,26)	(0,11, 0,21, 0,27)	(0,06, 0,12, 0,20)	(0,11, 0,19, 0,26)	(0,07, 0,13, 0,19)	(0,04, 0,08, 0,15)
F2	(0,05, 0,11, 0,22)	(0,10, 0,19, 0,27)	(0,05, 0,11, 0,19)	(0,10, 0,18, 0,26)	(0,03, 0,08, 0,14)	(0,04, 0,08, 0,13)
F3	(0,09, 0,16, 0,26)	(0,11, 0,21, 0,27)	(0,06, 0,12, 0,19)	(0,11, 0,19, 0,26)	(0,07, 0,13, 0,19)	(0,04, 0,09, 0,16)
F4	(0,06, 0,13, 0,24)	(0,06, 0,14, 0,25)	(0,03, 0,07, 0,15)	(0,07, 0,14, 0,26)	(0,04, 0,10, 0,18)	(0,03, 0,07, 0,13)
F5	(0,05, 0,11, 0,22)	(0,06, 0,14, 0,25)	(0,04, 0,10, 0,19)	(0,10, 0,18, 0,26)	(0,03, 0,07, 0,14)	(0,01, 0,05, 0,11)
F6	(0,09, 0,16, 0,26)	(0,05, 0,12, 0,23)	(0,04, 0,09, 0,17)	(0,07, 0,14, 0,26)	(0,00, 0,02, 0,08)	(0,02, 0,06, 0,11)
F7	(0,07, 0,14, 0,24)	(0,09, 0,17, 0,27)	(0,04, 0,09, 0,15)	(0,06, 0,13, 0,22)	(0,02, 0,05, 0,11)	(0,01, 0,05, 0,11)
F8	(0,05, 0,11, 0,22)	(0,04, 0,10, 0,20)	(0,01, 0,04, 0,10)	(0,06, 0,13, 0,24)	(0,03, 0,07, 0,14)	(0,02, 0,06, 0,12)
F9	(0,07, 0,14, 0,24)	(0,05, 0,12, 0,23)	(0,04, 0,10, 0,17)	(0,07, 0,14, 0,24)	(0,02, 0,06, 0,13)	(0,01, 0,05, 0,11)
F10	(0,06, 0,13, 0,24)	(0,05, 0,12, 0,23)	(0,03, 0,07, 0,15)	(0,04, 0,10, 0,20)	(0,01, 0,04, 0,10)	(0,01, 0,05, 0,11)

Fonte: Do Autor, 2019

No Passo 6, as distâncias entre os valores da matriz de decisão ponderada *fuzzy*, FPIS e FNIS, e os valores das distâncias totais são mostradas nas Tabela 21 e Tabela 22, respectivamente. Os coeficientes de aproximação foram encontrados, resultando no *ranking* do desempenho dos fornecedores na dimensão dos critérios de “disposição em cooperar do fornecedor”, estes resultados estão na Tabela 23. Por meio dos resultados de CC_i^D , verifica-se que o fornecedor F1, apresentou o melhor desempenho; enquanto o fornecedor F10, apresentou o pior desempenho, ficando na última posição.

Tabela 21 – Distância entre cada alternativa e A^+ , e a distância total (D_i^+) para a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (método da média geométrica)

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_i^+
$d(F1, A^+)$	0,8250	0,8056	0,8721	0,8146	0,8707	0,9134	5,1016
$d(F2, A^+)$	0,8772	0,8159	0,8846	0,8243	0,9138	0,9177	5,2336
$d(F3, A^+)$	0,8348	0,8056	0,8773	0,8146	0,8707	0,9034	5,1066
$d(F4, A^+)$	0,8610	0,8536	0,9170	0,8439	0,8969	0,9235	5,2958
$d(F5, A^+)$	0,8772	0,8536	0,8920	0,8243	0,9209	0,9436	5,3116
$d(F6, A^+)$	0,8348	0,8706	0,9045	0,8439	0,9660	0,9378	5,3577
$d(F7, A^+)$	0,8511	0,8262	0,9097	0,8666	0,9419	0,9436	5,3392
$d(F8, A^+)$	0,8772	0,8877	0,9516	0,8601	0,9209	0,9336	5,4311
$d(F9, A^+)$	0,8511	0,8706	0,8972	0,8504	0,9329	0,9436	5,3458
$d(F10, A^+)$	0,8610	0,8706	0,9170	0,8927	0,9540	0,9436	5,4389

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 22 – Distância entre cada alternativa e A^- , e a distância total (D_i^-) para a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (método da média geométrica)

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_i^-
$d(F1, A^-)$	0,1891	0,2076	0,1420	0,1982	0,1399	0,0991	0,9758
$d(F2, A^-)$	0,1428	0,1999	0,1291	0,1910	0,0980	0,0924	0,8532
$d(F3, A^-)$	0,1822	0,2076	0,1341	0,1982	0,1399	0,1093	0,9712
$d(F4, A^-)$	0,1593	0,1685	0,0991	0,1780	0,1180	0,0889	0,8118
$d(F5, A^-)$	0,1428	0,1685	0,1245	0,1910	0,0938	0,0689	0,7895
$d(F6, A^-)$	0,1822	0,1511	0,1117	0,1780	0,0481	0,0720	0,7431
$d(F7, A^-)$	0,1655	0,1927	0,1033	0,1506	0,0708	0,0689	0,7517
$d(F8, A^-)$	0,1428	0,1339	0,0627	0,1613	0,0938	0,0788	0,6734
$d(F9, A^-)$	0,1655	0,1511	0,1161	0,1674	0,0819	0,0689	0,7509
$d(F10, A^-)$	0,1593	0,1511	0,0991	0,1283	0,0592	0,0689	0,6659

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 23 – Coeficientes de aproximação e ranking dos fornecedores na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (método da média geométrica)

Fornecedor	D_i^+	D_i^-	CC_i^D	Ranking
F1	5,1016	0,9758	0,1606	1º
F2	5,2336	0,8532	0,1402	3º
F3	5,1066	0,9712	0,1598	2º
F4	5,2958	0,8118	0,1329	4º
F5	5,3116	0,7895	0,1294	5º
F6	5,3577	0,7431	0,1218	8º
F7	5,3392	0,7517	0,1234	6º
F8	5,4311	0,6734	0,1103	9º
F9	5,3458	0,7509	0,1232	7º
F10	5,4389	0,6659	0,1091	10º

Fonte: Do Autor, 2019

Após os cálculos dos coeficientes de aproximação das dimensões “competências sustentáveis do fornecedor” e “disposição em cooperar do fornecedor”, mostrados respectivamente nas Tabela 16 e na Tabela 23, no Passo 7, os mesmos foram normalizados utilizando a Equação 51. Como exemplo, é mostrado a seguir o cálculo do par de coeficientes de aproximação normalizado do fornecedor F1 ($CC_{N_1}^C, CC_{N_1}^D$):

$$CC_{N_1}^C = \frac{1}{1 + e^{-\frac{0,0822 - 0,0723}{0,0056}}} = 0,8565$$

$$CC_{N_1}^D = \frac{1}{1 + e^{-\frac{0,1606 - 0,1311}{0,0170}}} = 0,8495$$

Para o cálculo dos coeficientes de aproximação normalizados é necessário calcular a média e o desvio-padrão dos coeficientes de aproximação. O coeficiente de aproximação da dimensão “competência sustentáveis do fornecedor” teve média de 0,0723 e desvio-padrão de 0,0056, já na “disposição em cooperar do fornecedor”, a média foi 0,1311 e o desvio-padrão foi 0,0170.

Cada fornecedor recebeu um par de coeficientes de aproximação normalizados, ($CC_{N_i}^C, CC_{N_i}^D$), referentes as duas dimensões da matriz de segmentação, “competências sustentáveis do fornecedor” e “disposição em cooperar do fornecedor”, por exemplo, os valores dos coeficientes de aproximação normalizados do fornecedor F1, foram (0,8565, 0,8495). Os demais valores foram apresentados na Tabela 24.

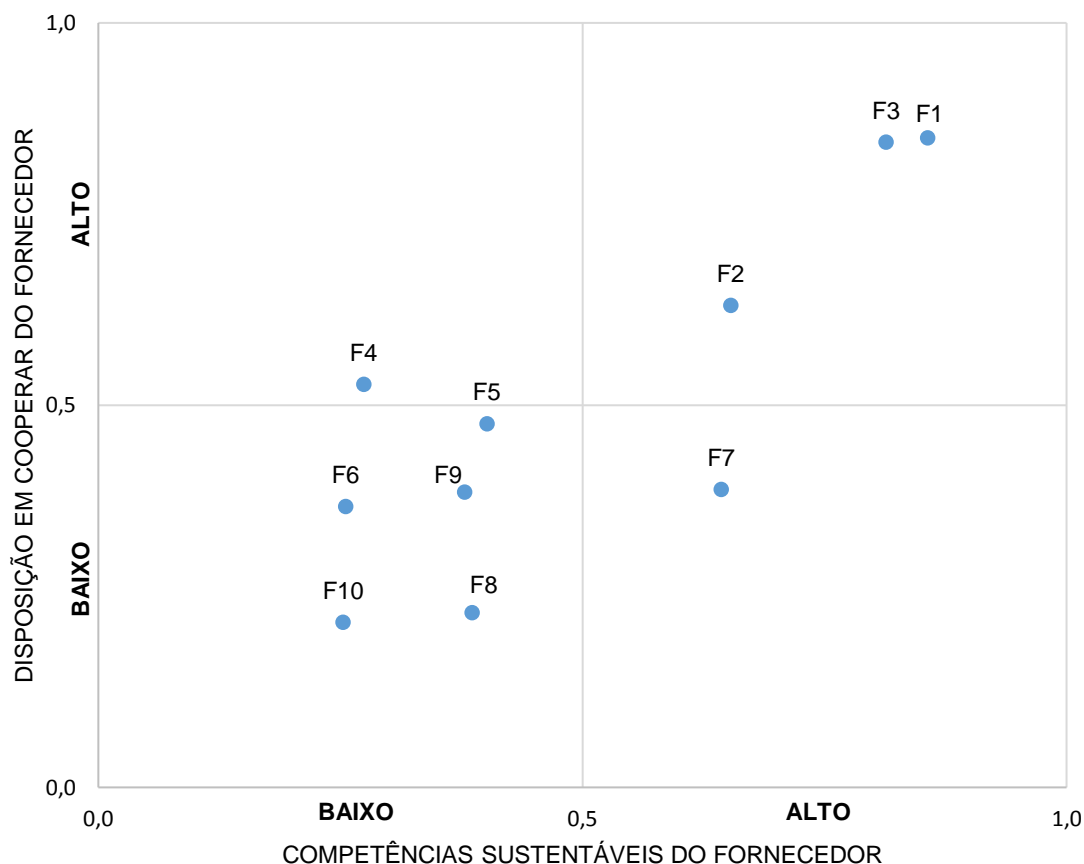
Tabela 24 – Coeficientes de aproximação normalizados (método da média geométrica)

Fornecedor	Competências sustentáveis dos fornecedores	Disposição em cooperar do fornecedor
	$CC_{N_i}^C$	$CC_{N_i}^D$
F1	0,8565	0,8495
F2	0,6532	0,6305
F3	0,8137	0,8437
F4	0,2743	0,5271
F5	0,4014	0,4756
F6	0,2555	0,3676
F7	0,6435	0,3897
F8	0,3862	0,2284
F9	0,3786	0,3862
F10	0,2528	0,2159

Fonte: Do Autor, 2019

Por fim, baseado nos pares de valores normalizados dos coeficientes de aproximação normalizados, os fornecedores foram posicionados na matriz de segmentação, executando assim o Passo 8. Como pode ser observado na Figura 14, os fornecedores se dividiram em quatro segmentos, os fornecedores posicionados no segmento tipo 1, de baixa competência sustentável e baixa disposição em cooperar, foram: F5, F6, F8, F9 e F10. No tipo 2, de baixa competência e alta disposição em cooperar, encontra-se o fornecedor F4. No tipo 3, de alta competência sustentável e baixa disposição em cooperar, encontra-se o fornecedor F7. Já no tipo 4, alta competência sustentável e alta disposição em cooperar, os fornecedores posicionados foram: F1, F2 e F3.

Figura 14 – Matriz de segmentação de fornecedores resultante do método de segmentação que utilizou *fuzzy* AHP (método da média geométrica) e *fuzzy* TOPSIS



Fonte: Do Autor, 2019

4.2 APLICAÇÃO PRÁTICA DO MÉTODO DE SEGMENTAÇÃO: FUZZY AHP (EXTENT ANALYSIS METHOD) E FUZZY TOPSIS

Para os resultados da aplicação do método de segmentação utilizando o *extent analysis method*, considera-se os mesmos procedimentos dos Passos 1, 2 e 3 apresentados na seção 4.1. Os critérios, a hierarquia de decisão das dimensões “competência sustentáveis do fornecedor” e “disposição em cooperar do fornecedor”, que compõe o Passo 1, estão apresentados, respectivamente nas Figura 12 e Figura 13.

Os resultados das avaliações linguísticas das comparações pareadas, realizadas no Passo 2, estão mostradas nos Quadro 11 à Quadro 15. As Tabela 3 à

Tabela 7, trazem as matrizes de comparações pareadas e os valores de CR (Passo 3).

No Passo 4, para aplicação do *extent analysis method*, como exemplo, calcula-se, por meio da Equação 26, as medidas sintéticas S para a matriz de comparação pareada agregada dos critérios TBL (Tabela 3):

$$\tilde{S}_{Eco} = (3,00, 3,00, 3,00) \otimes \left(\frac{1}{9,00}, \frac{1}{9,00}, \frac{1}{9,00} \right) = (0,33, 0,33, 0,33)$$

$$\tilde{S}_{Amb} = (3,00, 3,00, 3,00) \otimes \left(\frac{1}{9,00}, \frac{1}{9,00}, \frac{1}{9,00} \right) = (0,33, 0,33, 0,33)$$

$$\tilde{S}_{Soc} = (3,00, 3,00, 3,00) \otimes \left(\frac{1}{9,00}, \frac{1}{9,00}, \frac{1}{9,00} \right) = (0,33, 0,33, 0,33)$$

O grau de possibilidade dessas medidas sintéticas *fuzzy*, são calculados pelas Equações 32 e 33 são:

$$V(\tilde{S}_{Eco} \geq \tilde{S}_{Amb}) = 1,0000$$

$$V(\tilde{S}_{Eco} \geq \tilde{S}_{Soc}) = 1,0000$$

$$V(\tilde{S}_{Amb} \geq \tilde{S}_{Eco}) = 1,0000$$

$$V(\tilde{S}_{Amb} \geq \tilde{S}_{Soc}) = 1,0000$$

$$V(\tilde{S}_{Soc} \geq \tilde{S}_{Eco}) = 1,0000$$

$$V(\tilde{S}_{Soc} \geq \tilde{S}_{Amb}) = 1,0000$$

Sendo assim, o vetor peso W' dos critérios sustentáveis, dado pelas Equações 34 e 35, é:

$$d'(Eco) = \text{MIN } V(\tilde{S}_{Eco} \geq \tilde{S}_{Amb}, \tilde{S}_{Soc}) = \min(1,0000, 1,0000, 1,0000) = 1,0000$$

$$d'(Amb) = \text{MIN } V(\tilde{S}_{Amb} \geq \tilde{S}_{Eco}, \tilde{S}_{Soc}) = \min(1,0000, 1,0000, 1,0000) = 1,0000$$

$$d'(Soc) = \text{MIN } V(\tilde{S}_{Soc} \geq \tilde{S}_{Eco}, \tilde{S}_{Amb}) = \min(1,0000, 1,0000, 1,0000) = 1,0000$$

$$W' = (1,000, 1,000, 1,000)$$

O vetor peso normalizado dos critérios TBL da dimensão “competência sustentáveis do fornecedor” é:

$$W = (0,3333, 0,3333, 0,3333)$$

Os valores para as medidas sintéticas *fuzzy* da matriz de comparação agregada dos subcritérios econômicos (Tabela 4), são:

$$\tilde{S}_{C_1} = (4,33, 5,17, 6,17) \otimes \left(\frac{1}{20,15}, \frac{1}{16,75}, \frac{1}{14,29} \right) = (0,22, 0,31, 0,43)$$

$$\tilde{S}_{C_2} = (2,51, 3,04, 3,63) \otimes \left(\frac{1}{20,15}, \frac{1}{16,75}, \frac{1}{14,29} \right) = (0,12, 0,18, 0,25)$$

$$\tilde{S}_{C_3} = (3,20, 3,70, 4,48) \otimes \left(\frac{1}{20,15}, \frac{1}{16,75}, \frac{1}{14,29} \right) = (0,16, 0,22, 0,31)$$

$$\tilde{S}_{C_4} = (4,25, 4,84, 5,87) \otimes \left(\frac{1}{20,15}, \frac{1}{16,75}, \frac{1}{14,29} \right) = (0,21, 0,29, 0,41)$$

O grau de possibilidade desses valores *fuzzy* são:

$$V(\tilde{S}_{C_1} \geq \tilde{S}_{C_2}) = 1,0000$$

$$V(\tilde{S}_{C_1} \geq \tilde{S}_{C_3}) = 1,0000$$

$$V(\tilde{S}_{C_1} \geq \tilde{S}_{C_4}) = 1,0000$$

$$V(\tilde{S}_{C_2} \geq \tilde{S}_{C_1}) = 0,2367$$

$$V(\tilde{S}_{C_2} \geq \tilde{S}_{C_3}) = 0,7091$$

$$V(\tilde{S}_{C_2} \geq \tilde{S}_{C_4}) = 0,2887$$

$$V(\tilde{S}_{C_3} \geq \tilde{S}_{C_1}) = 0,5286$$

$$V(\tilde{S}_{C_3} \geq \tilde{S}_{C_2}) = 1,0000$$

$$V(\tilde{S}_{C_3} \geq \tilde{S}_{C_4}) = 0,6013$$

$$V(\tilde{S}_{C_4} \geq \tilde{S}_{C_1}) = 0,9085$$

$$V(\tilde{S}_{C_4} \geq \tilde{S}_{C_2}) = 1,0000$$

$$V(\tilde{S}_{C_4} \geq \tilde{S}_{C_3}) = 1,0000$$

Sendo assim, o vetor peso W' dos subcritérios econômicos, dado pelas Equações 34 e 35, é:

$$d'(C_1) = \text{MIN } V(\tilde{S}_{C_1} \geq \tilde{S}_{C_2}, \tilde{S}_{C_3}, \tilde{S}_{C_4}) = \min(1,0000, 1,0000, 1,0000) = 1,0000$$

$$d'(C_2) = \text{MIN } V(\tilde{S}_{C_2} \geq \tilde{S}_{C_1}, \tilde{S}_{C_3}, \tilde{S}_{C_4}) = \min(0,2367, 0,7091, 0,2887) = 0,2367$$

$$d'(C_3) = \text{MIN } V(\tilde{S}_{C_3} \geq \tilde{S}_{C_1}, \tilde{S}_{C_2}, \tilde{S}_{C_4}) = \min(0,5286, 1,0000, 0,6013) = 0,5286$$

$$d'(C_4) = \text{MIN } V(\tilde{S}_{C_4} \geq \tilde{S}_{C_1}, \tilde{S}_{C_2}, \tilde{S}_{C_3}) = \min(0,9085, 1,0000, 1,0000) = 0,9085$$

$$W' = (1,000; 0,2367; 0,5286; 0,9085)$$

Após a normalização o vetor peso local dos subcritérios econômicos:

$$W = (0,3740; 0,0885; 0,1977; 0,3398)$$

O cálculo do vetor peso global se dá pela multiplicação do vetor peso local pelo peso do critério econômico ($Eco = 0,3333$), resultando em (0,1247; 0,0295; 0,0657; 0,1133).

O cálculo do vetor peso para as matrizes de comparações pareadas agregadas dos subcritérios ambientais, sociais e para os critérios da dimensão “disposição em cooperar dos fornecedores” seguem os mesmos procedimentos anteriores. A Tabela 25 traz os pesos dos critérios e subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”. Já a Tabela 26 mostra os pesos dos critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”.

Tabela 25 – Pesos dos critérios e subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” resultantes do *extent analysis method*

Critérios	Peso	Subcritérios	Pesos locais	Pesos Globais
Econômicos	0,3333	C₁	0,3740	0,1247
		C₂	0,0885	0,0295
		C₃	0,1977	0,0659
		C₄	0,3398	0,1133
Ambientais	0,3333	C₅	0,4355	0,1452
		C₆	0,1779	0,0593
		C₇	0,0453	0,0151
		C₈	0,3413	0,1138
Sociais	0,3333	C₉	0,3232	0,1077
		C₁₀	0,3622	0,1207
		C₁₁	0,1256	0,0419
		C₁₂	0,1890	0,0630

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 26 – Pesos dos critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” resultantes do *extent analysis method*

Critérios	Pesos Globais
D₁	0,2222
D₂	0,2678
D₃	0,1310
D₄	0,2231
D₅	0,1337
D₆	0,0222

Fonte: Do Autor, 2019

No Passo 5, é realizada a avaliação do desempenho dos fornecedores na dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” utilizando *fuzzy TOPSIS*. A matriz de decisão agregada (\tilde{D}) e matriz de decisão normalizada (\tilde{R}) são semelhantes ao mostrado na seção 4.1, Tabela 11 e Tabela 12, respectivamente. A matriz de decisão ponderada (\tilde{V}), mostrada na Tabela 27, é resultado da multiplicação da matriz de decisão normalizada pelos valores dos pesos globais (valores *crisp*) dos subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”, mostrados na Tabela 25. Os cálculos aqui se dão entre números *fuzzy* triangulares e valores *crisp*, como pode ser visto a seguir:

$$\tilde{v}_{11} = (0,33, 0,58, 0,83) * 0,1247 = (0,04, 0,07, 0,10)$$

$$\tilde{v}_{12} = (0,42, 0,67, 0,92) * 0,0295 = (0,01, 0,02, 0,03)$$

$$\tilde{v}_{13} = (0,67, 0,92, 1,00) * 0,0659 = (0,04, 0,06, 0,07)$$

$$\tilde{v}_{14} = (0,75, 1,00, 1,00) * 0,1133 = (0,08, 0,11, 0,11)$$

$$\tilde{v}_{15} = (0,75, 1,00, 1,00) * 0,1452 = (0,01, 0,15, 0,15)$$

$$\tilde{v}_{16} = (0,75, 1,00, 1,00) * 0,0593 = (0,04, 0,06, 0,06)$$

$$\tilde{v}_{17} = (0,67, 0,92, 1,00) * 0,0151 = (0,01, 0,01, 0,02)$$

$$\tilde{v}_{18} = (0,75, 1,00, 1,00) * 0,1138 = (0,09, 0,11, 0,11)$$

$$\tilde{v}_{19} = (0,75, 1,00, 1,00) * 0,1077 = (0,08, 0,11, 0,11)$$

$$\tilde{v}_{1,10} = (0,75, 1,00, 1,00) * 0,1207 = (0,09, 0,12, 0,12)$$

$$\tilde{v}_{1,11} = (0,67, 0,92, 1,00) * 0,0419 = (0,03, 0,04, 0,04)$$

$$\tilde{v}_{1,12} = (0,75, 1,00, 1,00) * 0,0630 = (0,05, 0,06, 0,06)$$

Tabela 27 – Matriz de decisão fuzzy ponderada (\tilde{V}) (extent analysis method)

Fornecedor	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂
F1	(0,04, 0,07, 0,10)	(0,01, 0,02, 0,03)	(0,04, 0,06, 0,07)	(0,08, 0,11, 0,11)	(0,11, 0,15, 0,15)	(0,04, 0,06, 0,06)	(0,01, 0,01, 0,02)	(0,09, 0,11, 0,11)	(0,08, 0,11, 0,11)	(0,09, 0,12, 0,12)	(0,03, 0,04, 0,04)	(0,05, 0,06, 0,06)
F2	(0,04, 0,07, 0,10)	(0,01, 0,02, 0,03)	(0,04, 0,05, 0,07)	(0,07, 0,09, 0,11)	(0,08, 0,12, 0,15)	(0,03, 0,04, 0,06)	(0,01, 0,01, 0,02)	(0,05, 0,08, 0,10)	(0,04, 0,07, 0,10)	(0,08, 0,11, 0,12)	(0,02, 0,03, 0,04)	(0,03, 0,05, 0,06)
F3	(0,06, 0,09, 0,12)	(0,02, 0,02, 0,03)	(0,03, 0,05, 0,07)	(0,08, 0,11, 0,11)	(0,07, 0,11, 0,15)	(0,03, 0,05, 0,06)	(0,01, 0,01, 0,01)	(0,08, 0,10, 0,11)	(0,08, 0,11, 0,11)	(0,09, 0,12, 0,12)	(0,02, 0,03, 0,04)	(0,04, 0,05, 0,06)
F4	(0,03, 0,06, 0,09)	(0,02, 0,02, 0,03)	(0,02, 0,04, 0,05)	(0,08, 0,10, 0,11)	(0,06, 0,10, 0,13)	(0,03, 0,05, 0,06)	(0,01, 0,01, 0,01)	(0,04, 0,07, 0,09)	(0,04, 0,06, 0,09)	(0,04, 0,07, 0,10)	(0,01, 0,02, 0,03)	(0,02, 0,04, 0,05)
F5	(0,04, 0,07, 0,10)	(0,01, 0,02, 0,03)	(0,03, 0,04, 0,06)	(0,08, 0,11, 0,11)	(0,04, 0,07, 0,11)	(0,03, 0,04, 0,05)	(0,01, 0,01, 0,01)	(0,04, 0,07, 0,09)	(0,05, 0,08, 0,11)	(0,07, 0,10, 0,12)	(0,01, 0,02, 0,03)	(0,03, 0,05, 0,06)
F6	(0,04, 0,07, 0,10)	(0,01, 0,02, 0,03)	(0,03, 0,05, 0,07)	(0,06, 0,08, 0,11)	(0,04, 0,07, 0,11)	(0,01, 0,03, 0,04)	(0,00, 0,01, 0,01)	(0,02, 0,05, 0,08)	(0,06, 0,09, 0,11)	(0,04, 0,07, 0,10)	(0,02, 0,03, 0,04)	(0,03, 0,05, 0,06)
F7	(0,06, 0,09, 0,12)	(0,01, 0,02, 0,03)	(0,03, 0,05, 0,06)	(0,08, 0,10, 0,11)	(0,08, 0,12, 0,15)	(0,02, 0,04, 0,05)	(0,00, 0,01, 0,01)	(0,08, 0,10, 0,11)	(0,08, 0,11, 0,11)	(0,07, 0,10, 0,12)	(0,01, 0,02, 0,03)	(0,03, 0,05, 0,06)
F8	(0,03, 0,06, 0,09)	(0,01, 0,02, 0,03)	(0,03, 0,04, 0,06)	(0,03, 0,06, 0,08)	(0,06, 0,10, 0,13)	(0,03, 0,05, 0,06)	(0,01, 0,01, 0,02)	(0,05, 0,08, 0,10)	(0,06, 0,09, 0,11)	(0,06, 0,09, 0,12)	(0,01, 0,02, 0,03)	(0,02, 0,04, 0,05)
F9	(0,05, 0,08, 0,11)	(0,01, 0,02, 0,03)	(0,03, 0,04, 0,06)	(0,04, 0,07, 0,09)	(0,05, 0,08, 0,12)	(0,03, 0,04, 0,06)	(0,01, 0,01, 0,01)	(0,04, 0,07, 0,09)	(0,06, 0,09, 0,11)	(0,06, 0,09, 0,12)	(0,01, 0,02, 0,03)	(0,03, 0,04, 0,06)
F10	(0,02, 0,05, 0,08)	(0,02, 0,02, 0,03)	(0,03, 0,05, 0,07)	(0,04, 0,07, 0,09)	(0,04, 0,07, 0,11)	(0,02, 0,04, 0,05)	(0,01, 0,01, 0,01)	(0,05, 0,08, 0,10)	(0,05, 0,08, 0,11)	(0,06, 0,09, 0,12)	(0,02, 0,03, 0,04)	(0,01, 0,02, 0,04)

Fonte: Do Autor, 2019

As Tabela 28 e Tabela 29 mostram as distâncias de cada alternativa de fornecedor em relação à FPIS e FNIS, em cada subcritério de competências sustentáveis dos fornecedores, além das distâncias totais D_i^+ e D_i^- , respectivamente. Já a Tabela 30, mostra os resultados dos cálculos dos coeficientes de aproximação, CC_i^C , e o *ranking* formado pela ordenação desses resultados, completando assim o Passo 6. É possível observar que o fornecedor que apresentou melhor desempenho foi o F1, enquanto o pior, foi o F10.

Tabela 28 – Distância entre cada alternativa e A^+ e distância total (D_i^+) para a dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (*extent analysis method*)

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	D _i ⁺
d(F1, A ⁺)	0,9276	0,9803	0,9433	0,8963	0,8671	0,9457	0,9870	0,8958	0,9013	0,8894	0,9640	0,9423	11,1402
d(F2, A ⁺)	0,9276	0,9779	0,9470	0,9090	0,8834	0,9556	0,9870	0,9245	0,9284	0,8962	0,9721	0,9528	11,2615
d(F3, A ⁺)	0,9069	0,9762	0,9507	0,8963	0,8916	0,9523	0,9903	0,9022	0,9013	0,8894	0,9663	0,9493	11,1729
d(F4, A ⁺)	0,9380	0,9762	0,9617	0,9026	0,9037	0,9523	0,9912	0,9339	0,9374	0,9299	0,9791	0,9633	11,3694
d(F5, A ⁺)	0,9276	0,9787	0,9562	0,8963	0,9279	0,9572	0,9903	0,9339	0,9195	0,9030	0,9791	0,9546	11,3243
d(F6, A ⁺)	0,9276	0,9803	0,9507	0,9153	0,9279	0,9704	0,9924	0,9529	0,9134	0,9299	0,9698	0,9528	11,3836
d(F7, A ⁺)	0,9069	0,9803	0,9525	0,9026	0,8834	0,9622	0,9924	0,9022	0,9013	0,9030	0,9791	0,9528	11,2188
d(F8, A ⁺)	0,9380	0,9803	0,9562	0,9437	0,9037	0,9523	0,9870	0,9245	0,9134	0,9098	0,9756	0,9633	11,3477
d(F9, A ⁺)	0,9172	0,9779	0,9562	0,9342	0,9158	0,9556	0,9912	0,9339	0,9134	0,9098	0,9791	0,9581	11,3424
d(F10, A ⁺)	0,9484	0,9762	0,9507	0,9342	0,9279	0,9605	0,9903	0,9245	0,9195	0,9098	0,9721	0,9791	11,3932

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 29 – Distância entre cada alternativa e A^- e distância total (D_i^-) para a dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (*extent analysis method*)

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	D _i ⁻
d(F1, A ⁻)	0,0770	0,0206	0,0575	0,1047	0,1342	0,0548	0,0132	0,1051	0,0996	0,1116	0,0365	0,0582	0,8730
d(F2, A ⁻)	0,0770	0,0229	0,0543	0,0933	0,1195	0,0461	0,0132	0,0793	0,0751	0,1054	0,0292	0,0490	0,7643
d(F3, A ⁻)	0,0969	0,0243	0,0512	0,1047	0,1128	0,0488	0,0100	0,0993	0,0996	0,1116	0,0345	0,0519	0,8456
d(F4, A ⁻)	0,0673	0,0243	0,0407	0,0988	0,1012	0,0488	0,0093	0,0703	0,0666	0,0746	0,0226	0,0389	0,6636
d(F5, A ⁻)	0,0770	0,0219	0,0459	0,1047	0,0784	0,0440	0,0100	0,0703	0,0837	0,0994	0,0226	0,0468	0,7048
d(F6, A ⁻)	0,0770	0,0206	0,0512	0,0880	0,0784	0,0320	0,0082	0,0528	0,0887	0,0746	0,0311	0,0490	0,6516
d(F7, A ⁻)	0,0969	0,0206	0,0489	0,0988	0,1195	0,0392	0,0082	0,0993	0,0996	0,0994	0,0226	0,0490	0,8020
d(F8, A ⁻)	0,0673	0,0206	0,0459	0,0612	0,1012	0,0488	0,0132	0,0793	0,0887	0,0939	0,0259	0,0389	0,6849
d(F9, A ⁻)	0,0869	0,0229	0,0459	0,0700	0,0897	0,0461	0,0093	0,0703	0,0887	0,0939	0,0226	0,0439	0,6904
d(F10, A ⁻)	0,0578	0,0243	0,0512	0,0700	0,0784	0,0413	0,0100	0,0793	0,0837	0,0939	0,0292	0,0246	0,6438

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 30 – Coeficientes de aproximação e ranking dos fornecedores na dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” (*extent analysis method*)

Fornecedor	D_i^+	D_i^-	CC_i^c	Ranking
F1	11,1402	0,8730	0,0727	1º
F2	11,2615	0,7643	0,0636	4º
F3	11,1729	0,8456	0,0704	2º
F4	11,3694	0,6636	0,0552	8º
F5	11,3243	0,7048	0,0586	5º
F6	11,3836	0,6516	0,0541	9º
F7	11,2188	0,8020	0,0667	3º
F8	11,3477	0,6849	0,0569	7º
F9	11,3424	0,6904	0,0574	6º
F10	11,3932	0,6438	0,0535	10º

Fonte: Do Autor, 2019

Da mesma forma, o Passo 5 é aplicado para a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”. A matriz de decisão agregada (\tilde{D}) e a matriz de decisão normalizada (\tilde{R}) são mostradas nas Tabela 18 e Tabela 19, da seção 4.1, os resultados da matriz de decisão ponderada (\tilde{V}) é apresentada na Tabela 31.

Tabela 31 – Matriz de decisão ponderada (\tilde{V}) para “disposição em cooperar do fornecedor” (*extent analysis method*)

Fornecedor	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6
F1	(0,15, 0,20, 0,22)	(0,20, 0,27, 0,27)	(0,08, 0,11, 0,13)	(0,17, 0,22, 0,22)	(0,09, 0,12, 0,13)	(0,01, 0,01, 0,02)
F2	(0,07, 0,13, 0,19)	(0,18, 0,25, 0,27)	(0,07, 0,10, 0,12)	(0,15, 0,20, 0,22)	(0,12, 0,15, 0,20)	(0,15, 0,20, 0,22)
F3	(0,13, 0,19, 0,22)	(0,20, 0,27, 0,27)	(0,08, 0,11, 0,12)	(0,17, 0,22, 0,22)	(0,12, 0,17, 0,22)	(0,17, 0,22, 0,22)
F4	(0,09, 0,15, 0,20)	(0,11, 0,18, 0,25)	(0,03, 0,07, 0,10)	(0,11, 0,17, 0,22)	(0,10, 0,11, 0,17)	(0,11, 0,17, 0,22)
F5	(0,07, 0,13, 0,19)	(0,11, 0,18, 0,25)	(0,05, 0,09, 0,12)	(0,15, 0,20, 0,22)	(0,12, 0,15, 0,20)	(0,15, 0,20, 0,22)
F6	(0,13, 0,19, 0,22)	(0,09, 0,16, 0,22)	(0,04, 0,08, 0,11)	(0,11, 0,17, 0,22)	(0,11, 0,11, 0,17)	(0,11, 0,17, 0,22)
F7	(0,11, 0,17, 0,20)	(0,16, 0,22, 0,27)	(0,04, 0,08, 0,10)	(0,09, 0,15, 0,19)	(0,10, 0,09, 0,15)	(0,09, 0,15, 0,19)
F8	(0,07, 0,13, 0,19)	(0,07, 0,13, 0,20)	(0,01, 0,03, 0,07)	(0,09, 0,15, 0,20)	(0,07, 0,09, 0,15)	(0,09, 0,15, 0,20)
F9	(0,11, 0,17, 0,20)	(0,09, 0,16, 0,22)	(0,05, 0,09, 0,11)	(0,11, 0,17, 0,20)	(0,11, 0,11, 0,17)	(0,11, 0,17, 0,20)
F10	(0,09, 0,15, 0,20)	(0,09, 0,16, 0,22)	(0,03, 0,07, 0,10)	(0,06, 0,11, 0,17)	(0,10, 0,06, 0,11)	(0,06, 0,11, 0,17)

Fonte: Do Autor, 2019

No passo 6, as distâncias são calculadas, Tabela 32 e Tabela 33, e logo após, são calculados os coeficientes de aproximação da “disposição em cooperar do fornecedor”, CC_i^D , para a ordenação dos fornecedores no *ranking* de desempenho. É possível observar na Tabela 34, que no caso da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, o fornecedor que apresentou melhor desempenho foi o F1 e o que apresentou o pior desempenho foi o F8.

Tabela 32 – Distância entre cada alternativa e A^+ , e a distância total (D_i^+) para a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (*extent analysis method*)

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_i^+
$d(F1, A^+)$	0,8093	0,7552	0,8948	0,7959	0,8851	0,9852	5,1254
$d(F2, A^+)$	0,8715	0,7703	0,9057	0,8085	0,9260	0,9858	5,2679
$d(F3, A^+)$	0,8219	0,7552	0,8983	0,7959	0,8851	0,9834	5,1397
$d(F4, A^+)$	0,8531	0,8233	0,9349	0,8339	0,9113	0,9871	5,3435
$d(F5, A^+)$	0,8715	0,8233	0,9131	0,8085	0,9336	0,9908	5,3407
$d(F6, A^+)$	0,8219	0,8455	0,9240	0,8339	0,9743	0,9895	5,3891
$d(F7, A^+)$	0,8404	0,7856	0,9275	0,8583	0,9520	0,9908	5,3545
$d(F8, A^+)$	0,8715	0,8678	0,9639	0,8525	0,9336	0,9889	5,4782
$d(F9, A^+)$	0,8404	0,8455	0,9166	0,8397	0,9447	0,9908	5,3777
$d(F10, A^+)$	0,8531	0,8455	0,9349	0,8896	0,9631	0,9908	5,4770

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 33 – Distância entre cada alternativa e A^- , e a distância total (D_i^-) para a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (*extent analysis method*)

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_i^-
$d(F1, A^-)$	0,1939	0,2475	0,1079	0,2062	0,1167	0,0155	0,8876
$d(F2, A^-)$	0,1373	0,2337	0,0972	0,1947	0,0777	0,0147	0,7554
$d(F3, A^-)$	0,1830	0,2475	0,1035	0,2062	0,1167	0,0173	0,8742
$d(F4, A^-)$	0,1549	0,1867	0,0707	0,1734	0,0932	0,0137	0,6927
$d(F5, A^-)$	0,1373	0,1867	0,0913	0,1947	0,0722	0,0103	0,6926
$d(F6, A^-)$	0,1830	0,1655	0,0809	0,1734	0,0346	0,0112	0,6487
$d(F7, A^-)$	0,1649	0,2206	0,0761	0,1476	0,0534	0,0103	0,6729
$d(F8, A^-)$	0,1373	0,1446	0,0427	0,1555	0,0722	0,0120	0,5645
$d(F9, A^-)$	0,1649	0,1655	0,0866	0,1656	0,0620	0,0103	0,6550
$d(F10, A^-)$	0,1549	0,1655	0,0707	0,1205	0,0436	0,0103	0,5656

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela 34 – Coeficientes de aproximação e ranking dos fornecedores na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (*extent analysis method*)

Fornecedor	D_i^+	D_i^-	CC_i^D	Ranking
F1	5,1254	0,8876	0,1476	1º
F2	5,2679	0,7554	0,1254	3º
F3	5,1397	0,8742	0,1454	2º
F4	5,3435	0,6927	0,1148	5º
F5	5,3407	0,6926	0,1148	4º
F6	5,3891	0,6487	0,1074	8º
F7	5,3545	0,6729	0,1116	6º
F8	5,4782	0,5645	0,0934	10º
F9	5,3777	0,6550	0,1086	7º
F10	5,4770	0,5656	0,0936	9º

Fonte: Do Autor, 2019

No Passo 7, os coeficientes de aproximação CC_i^C e CC_i^D de cada fornecedor foram normalizados, utilizando a Equação 51. Os resultados são apresentados na Tabela 35, o fornecedor F1, por exemplo, apresentou os valores 0,8561 e 0,8554, para as dimensões “competências sustentáveis do fornecedor” e “disposição em cooperar do fornecedor”, respectivamente.

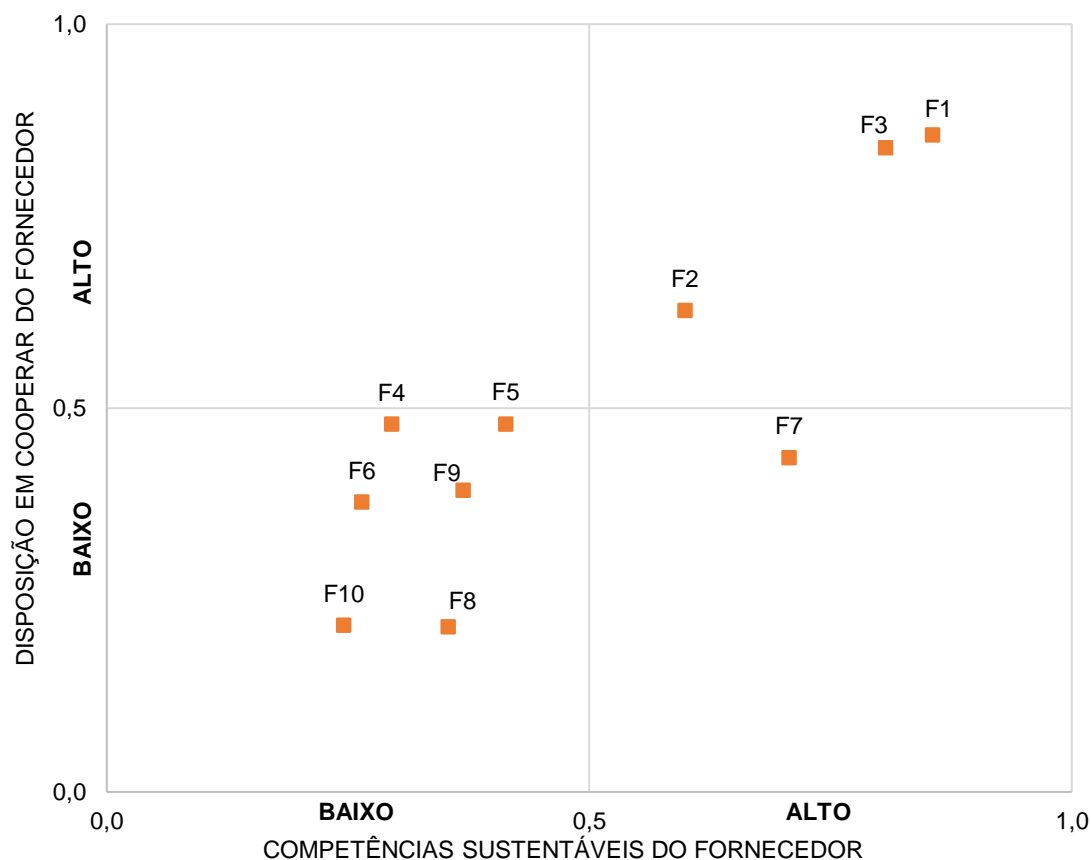
Tabela 35 – Coeficientes de aproximação e ranking dos fornecedores na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” (*extent analysis method*)

Fornecedor	Competências sustentáveis dos fornecedores	Disposição em cooperar do fornecedor
F1	0,8561	0,8554
F2	0,5993	0,6268
F3	0,8072	0,8388
F4	0,2952	0,4788
F5	0,4137	0,4792
F6	0,2645	0,3775
F7	0,7072	0,4350
F8	0,3540	0,2150
F9	0,3697	0,3928
F10	0,2456	0,2168

Fonte: Do Autor, 2019

No Passo 8, os pares de valores $(CC_{N_i}^C, CC_{N_i}^D)$ foram utilizados para o posicionamento dos fornecedores na matriz de segmentação, mostrada na Figura 15. Como pode ser observado, os fornecedores se dividiram em três segmentos, os fornecedores posicionados no segmento tipo 1, de baixa competência sustentável e baixa disposição em cooperar, foram: F4, F5, F6, F8, F9 e F10. No tipo 3, de alta competência sustentável e baixa disposição em cooperar, encontra-se o fornecedor F7. Já no tipo 4, alta competência sustentável e alta disposição em cooperar, os fornecedores posicionados foram: F1, F2 e F3. Nota-se que nenhum fornecedor se posicionou no tipo 2, de baixa competência e alta disposição em cooperar.

Figura 15 – Matriz de segmentação de fornecedores resultante do método de segmentação que utilizou *fuzzy* AHP (*extent analysis method*) e *fuzzy* TOPSIS



Fonte: Do Autor, 2019

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA

Para comparar os dois métodos de segmentação propostos e a influência dos dois métodos *fuzzy* AHP na segmentação final de fornecedores, foram considerados os seguintes critérios: ordem e valores dos pesos dos critérios, desempenho global dos fornecedores, matriz de segmentação dos fornecedores sustentáveis e adequação à mudança de critérios.

A escolha dos três primeiros critérios de comparação foi realizada observando o impacto, que os diferentes métodos *fuzzy* AHP causam nas etapas, que segundo Bai, Rezaei e Sarkis (2017) caracterizam o processo de segmentação de fornecedores: avaliação de fornecedores com relação aos critérios de segmentação; determinação do peso de importância dos critérios; determinação de uma pontuação

de desempenho geral utilizando os resultados das duas etapas anteriores, e a identificação de segmentos utilizando a pontuação final de desempenho. O Quadro 17 traz a relação dos critérios de comparação escolhidos com as etapas da segmentação de fornecedores. O último critério de comparação, “adequação à mudança de critérios”, já foi utilizado em análises comparativas de técnicas *fuzzy* AHP e *fuzzy* TOPSIS, como foi realizado por Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2014).

Quadro 17 – Relação entre os critérios de comparação e as etapas da segmentação de fornecedores

Crítérios de comparação	Etapas da segmentação de fornecedores (BAI, REZAEI e SARKIS; 2017)
Ordem e valores dos pesos dos critérios	Determinação do peso de importância dos critérios
Desempenho global dos fornecedores	Avaliação de fornecedores com relação aos critérios de segmentação e determinação de uma pontuação de desempenho geral utilizando os resultados das duas etapas anteriores
Matriz de segmentação dos fornecedores sustentáveis	Identificação de segmentos utilizando a pontuação final de desempenho

Fonte: Do autor, 2019

4.3.1 Ordem e valores dos pesos dos critérios

Realizando uma análise comparativa entre os pesos locais dos critérios de avaliação da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”, resultantes dos métodos *fuzzy* AHP utilizando o método média geométrica e o *extent analysis method*, verifica-se que o ordenamento das posições é semelhante nas três categorias de critérios, mas o segundo método parece destacar os extremos, dando mais peso aos primeiros critérios e menos peso aos últimos, como pode ser visto na Tabela 36.

Nos critérios econômicos, o subcritério “custo” foi o primeiro em importância nos dois métodos *fuzzy* AHP, porém seu peso no método da média geométrica foi de 0,3047, enquanto que no *extent analysis method* foi de 0,3740. Nos critérios ambientais, o subcritério “produção de poluentes” foi considerado o mais importante em ambos os métodos, ocupando a primeira posição no ordenamento, com valores de 0,3165 e 0,4355, no método da média geométrica e no *extent analysis method*,

respectivamente. Já nos critérios sociais, o subcritério com maior peso foi “saúde e segurança”, com valores de 0,3091 e 0,3622, nos métodos comparados.

Tabela 36 – Análise comparativa dos pesos locais dos critérios de “competências sustentáveis do fornecedor” utilizando fuzzy AHP

Análise dos pesos locais dos critérios de “competências sustentáveis do fornecedor” utilizando <i>fuzzy AHP</i>		Método da média geométrica		<i>Extent analysis method</i>	
Critérios Econômicos 0,3333	C ₁ : Custo	1º	0,3047	1º	0,3740
	C ₂ : Forma de pagamento	4º	0,1821	4º	0,0885
	C ₃ : Prazo de entrega	3º	0,2207	3º	0,1977
	C ₄ : Qualidade	2º	0,2925	2º	0,3398
Critérios Ambientais 0,3333	C ₅ : Produção de poluentes	1º	0,3165	1º	0,4355
	C ₆ : Sistema de gerenciamento ambiental	3º	0,2297	3º	0,1779
	C ₇ : Uso de materiais recicláveis	4º	0,1835	4º	0,0453
	C ₈ : Logística reversa	2º	0,2704	2º	0,3413
Critérios Sociais 0,3333	C ₉ : Práticas empregatícias	2º	0,2966	2º	0,3232
	C ₁₀ : Saúde e Segurança	1º	0,3091	1º	0,3622
	C ₁₁ : Influência na comunidade local	4º	0,1873	4º	0,1256
	C ₁₂ : Influência contratual dos <i>stakeholders</i>	3º	0,2070	3º	0,1890

Fonte: Do autor

Para os pesos globais dos critérios da dimensão “competências sustentáveis dos fornecedores”, os métodos resultaram em uma ordenação e em pesos com valores diferentes, como mostrado na Tabela 37, porém essas diferenças não foram significativas, calculando o coeficiente de correlação linear de postos (mostrado com detalhes no Apêndice C), $r_s = 0,94$, observou-se que existe uma forte correlação entre o ordenamento fornecidos pelos dois métodos (o Apêndice C traz os detalhes cálculo do coeficiente). A ordem do vetor peso do método da média geométrica foi $C_5 > C_{10} > C_1 > C_9 > C_4 > C_8 > C_6 > C_3 > C_{12} > C_{11} > C_7 > C_2$, já no *extent analysis method*, foi $C_5 > C_1 > C_{10} > C_8 > C_4 > C_9 > C_3 > C_{12} > C_6 > C_{11} > C_2 > C_7$.

O subcritério com maior peso global, em ambos os métodos *fuzzy AHP*, foi “produção de poluentes” (também ocupou a 1º posição no vetor de pesos locais do critério), com 0,1016 no método da média geométrica e com 0,1247 no *extent analysis method*. No método da média geométrica, a 2º posição foi ocupada pelo subcritério “saúde e segurança”, 0,1030, e a 3º posição foi do “custo”, 0,1016. Já no *extent*

analysis method, essa ordem se inverteu, o com “custo” na 2º posição, 0,1247, e com “saúde e segurança” na 3º posição, 0,1207. Os subcritérios “qualidade” e “influência na comunidade local”, ocuparam as mesmas posições no vetor peso, 5º e 10º, respectivamente. As posições e os valores dos demais subcritérios são apresentados na Tabela 37.

Tabela 37 – Análise comparativa dos pesos globais dos subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” utilizando *fuzzy AHP*

Subcritérios de competências sustentáveis do fornecedor	Média geométrica		<i>Extent analysis method</i>	
C ₁ : Custo	3º	0,1016	2º	0,1247
C ₂ : Forma de pagamento	12º	0,0607	11º	0,0295
C ₃ : Prazo de entrega	8º	0,0736	7º	0,0659
C ₄ : Qualidade	5º	0,0975	5º	0,1133
C ₅ : Produção de poluentes	1º	0,1055	1º	0,1452
C ₆ : Sistema de gerenciamento ambiental	7º	0,0766	9º	0,0593
C ₇ : Uso de materiais recicláveis	11º	0,0612	12º	0,0151
C ₈ : Logística reversa	6º	0,0901	4º	0,1138
C ₉ : Práticas empregatícias	4º	0,0989	6º	0,1077
C ₁₀ : Saúde e Segurança	2º	0,1030	3º	0,1207
C ₁₁ : Influência na comunidade local	10º	0,0624	10º	0,0419
C ₁₂ : Influência contratual dos <i>stakeholders</i>	9º	0,0690	8º	0,0630

Fonte: Do autor, 2019

Na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, os métodos *fuzzy AHP* também resultaram em uma ordem e em valores diferentes para os pesos, como mostrado na Tabela 38, porém, nesse caso a ordenação resultante dos dois métodos também mostraram um alto grau de correlação, com o coeficiente de correlação linear de postos, r_s , igual à 0,94 (detalhes desse cálculo são mostrados no Apêndice C). A ordem de pesos dada pelo método da média geométrica foi $D_2 > D_4 > D_1 > D_3 > D_5 > D_6$, e no *extent analysis method* foi $D_2 > D_4 > D_1 > D_5 > D_3 > D_6$. Em ambos os métodos, o critério com maior peso foi o “compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos”, com o valor de 0,2034, para o método da média geométrica e 0,2678, no *extent analysis method*. As diferenças ficaram por conta dos critérios, “disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos” e “disposição para a realização de treinamentos”, que ficaram em posições invertidas nos diferentes métodos.

Tabela 38 – Análise dos pesos dos critérios de disposição em cooperar utilizando *fuzzy* AHP

Análise dos pesos dos critérios de "disposição em cooperar do fornecedor" utilizando <i>fuzzy</i> AHP	Média geométrica	<i>Extent analysis method</i>
D ₁ : Abertura a comunicação frequente e honesta	3º 0,1936	3º 0,2222
D ₂ : Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos	1º 0,2034	1º 0,2678
D ₃ : Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos	4º 0,1483	5º 0,1310
D ₄ : Disposição para compromisso a longo prazo	2º 0,1940	2º 0,2231
D ₅ : Disposição para a realização de treinamentos	5º 0,1420	4º 0,1337
D ₆ : Disposição em compartilhar informações	6º 0,1187	6º 0,0222

Fonte: Do autor, 2019.

4.3.2 Desempenho dos fornecedores

Nos métodos de segmentação propostos, a abordagem *fuzzy* AHP fornece os pesos dos critérios, que são utilizados na avaliação do desempenho dos fornecedores analisados. Sendo assim, a diferença da natureza (*fuzzy* ou *crisp*) e dos valores do vetor peso obtidos pelo método da média geométrica e pelo *extent analysis method*, tem influência no *ranking* final de desempenho dos fornecedores, resultante do *fuzzy* TOPSIS.

Analisando o *ranking* final dos fornecedores na dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”, verifica-se que existem diferenças nas posições de um mesmo fornecedor, assim como diferenças nos coeficientes de aproximação, provenientes da aplicação de *fuzzy* TOPSIS, cujo peso dos critérios vieram dos diferentes métodos *fuzzy* AHP, como mostrado na Tabela 39, calculando o coeficiente de correlação linear dos postos (Apêndice C), $r_s = 0,98$, verifica-se um alto grau de correlação entre os *rankings* resultantes dos dois métodos. Dos pesos resultantes do método da média geométrica, obtêm-se a seguinte ordenação de fornecedores, F1 > F3 > F2 > F7 > F5 > F8 > F9 > F4 > F6 > F10; já da ordenação gerada pelo *extent analysis method* têm-se F1 > F3 > F7 > F2 > F5 > F9 > F8 > F4 > F6 > F10. Em ambos os casos, o fornecedor que apresentou melhor desempenho foi o F1, com CC_i^c de 0,0822 e 0,0727, para o método da média geométrica e o *extent analysis method*, respectivamente. O fornecedor com o pior desempenho foi o F10, em ambos os

métodos, com CC_i^c de 0,0663 e 0,0535. Os fornecedores F5, F8, F9 e F10, também ocuparam as mesmas posições, sendo, 5º, 8º, 9º e 10º, respectivamente.

Tabela 39 – Análise do desempenho dos fornecedores na dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” utilizando *fuzzy* TOPSIS

Fornecedores		Média geométrica		<i>Extent analysis method</i>
F1	1º	0,0822	1º	0,0727
F2	3º	0,0758	4º	0,0636
F3	2º	0,0805	2º	0,0704
F4	8º	0,0669	8º	0,0552
F5	5º	0,0701	5º	0,0586
F6	9º	0,0663	9º	0,0541
F7	4º	0,0756	3º	0,0667
F8	6º	0,0697	7º	0,0569
F9	7º	0,0695	6º	0,0574
F10	10º	0,0663	10º	0,0535

Fonte: Do autor, 2019

A Tabela 40 traz a comparação dos resultados do desempenho dos fornecedores na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, que assim como na dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”, apresenta o *ranking* e os valores do coeficiente de aproximação diferentes. Nesse caso, os postos resultantes nos dois métodos também apresentam um alto grau de correlação, com $r_s = 0,98$. O *ranking* de quando se utiliza a média geométrica em *fuzzy* AHP é $F1 > F3 > F2 > F4 > F5 > F7 > F9 > F6 > F8 > F10$, enquanto que o resultante do *extent analysis method* é $F1 > F3 > F2 > F5 > F4 > F7 > F9 > F6 > F10 > F8$. Neste caso, os fornecedores F1, F3 e F2 ocuparam nos dois métodos, as três primeiras posições, porém com valores de CC_i^D diferentes.

Tabela 40 – Análise do desempenho dos fornecedores na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” utilizando *fuzzy* TOPSIS

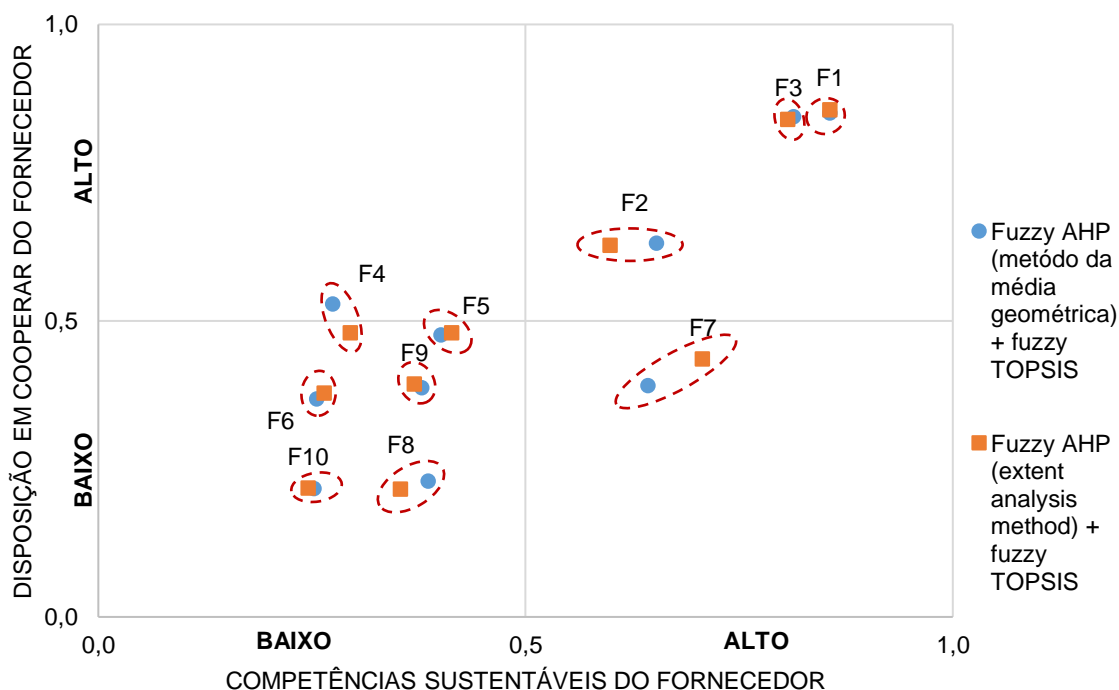
Fornecedores	Média geométrica		<i>Extent analysis method</i>	
F1	1º	0,1606	1º	0,1476
F2	3º	0,1402	3º	0,1254
F3	2º	0,1598	2º	0,1454
F4	4º	0,1329	5º	0,1148
F5	5º	0,1294	4º	0,1148
F6	8º	0,1218	8º	0,1074
F7	6º	0,1234	6º	0,1116
F8	9º	0,1103	10º	0,0934
F9	7º	0,1232	7º	0,1086
F10	10º	0,1091	9º	0,0936

Fonte: Do autor, 2019

4.3.3 Matriz de segmentação de fornecedores sustentáveis

O resultado principal dos métodos de segmentação propostos são as matrizes de segmentação representadas nas Figura 14 e Figura 15. Os dois métodos de segmentação, resultaram em matrizes de segmentação muito parecidas, as diferenças se deram em relação à quantidade e à distribuição de fornecedores que compõem cada tipo de segmento. A Figura 16 traz, para fim de comparação, a matriz de segmentação de fornecedores com os resultados das segmentação dos dois métodos utilizados, na qual os círculos representam a segmentação de fornecedores resultante do método em que se utilizou o método da média geométrica para *fuzzy* AHP, os quadrados representam a segmentação do método que utilizou o *extent analysis method*, e as elipses tracejadas delimitam as posições dos fornecedores nos dois métodos.

Figura 16 – Matriz de segmentação comparativa de fornecedores



Fonte: Do autor, 2019

A diferença de distribuição dos fornecedores no interior dos segmentos ocorreu devido aos diferentes resultados dos coeficientes de aproximação resultantes das fase *fuzzy* TOPSIS. Para serem comparados, os coeficientes de aproximação foram normalizados, utilizando a Equação 51, após isso, o par ordenado formado pelo CC_{N_i} das dimensões “competências sustentáveis do fornecedor” ($CC_{N_i}^C$) e “disposição em cooperar do fornecedor” ($CC_{N_i}^D$), foram base para construção da matriz de segmentação. A Tabela 41 traz como resultado a distância euclidiana entre os pares ordenados ($CC_{N_i}^C, CC_{N_i}^D$) dos dois métodos de segmentação propostos, neste caso, a distância média do posicionamento dos fornecedores foi de 0,0278, com um desvio padrão de 0,0243. A partir dos valores das distâncias, é possível observar que os fornecedores F1, F3 e F10, apresentaram as menores distâncias (respectivamente, 0,0059, 0,0073 e 0,0081), ocupando assim, quase as mesmas posições dentro dos segmentos nos dois métodos. Já fornecedores como, F4, F2 e F7, apresentaram as maiores distâncias (respectivamente, 0,05227, 0,0540 e 0,0781).

Tabela 41 – Distância entre os coeficientes de aproximação normalizados

Fornecedor	<i>Fuzzy AHP (método da média geométrica) + fuzzy TOPSIS</i>		<i>Fuzzy AHP (extent analysis method) + fuzzy TOPSIS</i>		Distância entre CC_{N_i}
	$CC_{N_i}^C$	$CC_{N_i}^D$	$CC_{N_i}^C$	$CC_{N_i}^D$	
F1	0,8565	0,8495	0,8561	0,8554	0,0059
F2	0,6532	0,6305	0,5993	0,6268	0,0540
F3	0,8137	0,8437	0,8072	0,8388	0,0081
F4	0,2743	0,5271	0,2952	0,4788	0,0527
F5	0,4014	0,4756	0,4137	0,4792	0,0128
F6	0,2555	0,3676	0,2645	0,3775	0,0133
F7	0,6435	0,3897	0,7072	0,4350	0,0781
F8	0,3862	0,2284	0,3540	0,2150	0,0350
F9	0,3786	0,3862	0,3697	0,3928	0,0110
F10	0,2528	0,2159	0,2456	0,2168	0,0073

Fonte: Do autor, 2019

Como pode ser visto na Figura 16 e na Tabela 42, no método de segmentação utilizando a média geométrica para *fuzzy AHP*, cinco fornecedores (F5, F6, F8, F9 e F10) foram classificados no segmento Tipo 1, um fornecedor (F4) no Tipo 2, um fornecedor (F7) no Tipo 3, e três fornecedores no Tipo 4 (F1, F2 e F3). Utilizando o *extent analysis method*, seis fornecedores (F4, F5, F6, F8, F9 e F10) foram segmentados no Tipo 1, nenhum fornecedor no Tipo 2, um fornecedor (F7) no Tipo 3 e três fornecedores no Tipo 4 (F1, F2 e F3). A diferença de segmentação ficou por conta do fornecedor F4, que em um dos métodos foi segmentado no Tipo 3, e no outro método, foi segmentado no Tipo 1, a consequência prática dessa diferença seria, por exemplo, a escolha mais assertiva da estratégia que será adotada para o gerenciamento do fornecedor F4, já que depende do tipo de segmento que o fornecedor foi segmentado.

Tabela 42 – Comparação dos tipos de segmentos resultantes das matrizes de comparação

Segmentos	<i>Fuzzy AHP (método da média geométrica) + fuzzy TOPSIS</i>		<i>Fuzzy AHP (extent analysis method) + fuzzy TOPSIS</i>	
	Quantidade	Fornecedores	Quantidade	Fornecedores
Tipo 1	5	F5, F6, F8, F9, F10	6	F4, F5, F6, F8, F9, F10
Tipo 2	1	F4	0	-
Tipo 3	1	F7	1	F7
Tipo 4	3	F1, F2, F3	3	F1, F2, F3

Fonte: Do autor, 2019

A matriz de segmentação de fornecedores resulta em implicações práticas e gerenciais, a principal delas é a adoção de estratégias específicas, neste caso, que devem ser adotadas pela empresa de laticínios, para o gerenciamento dos fornecedores de cada um dos segmentos. Baseado nos trabalhos de Bai, Rezaei e Sarkis (2017), Rezaei e Ortt, (2012, 2013b, 2013a), Rezaei, Wang e Tavasszy (2015), a seguir, é apresentado a análise dos quatro segmentos.

TIPO 1: Os fornecedores do Tipo 1 são os que apresentam, ao mesmo tempo, baixa competência sustentável e baixa disposição em cooperar, no caso desse estudo, representaram 50% e 60% dos fornecedores da empresa de laticínios analisados. Algumas estratégias podem ser adotadas para esse segmento. Em primeiro lugar, a empresa de laticínios pode encerrar o relacionamento com esses fornecedores, especialmente se existirem fornecedores alternativos e potencialmente mais sustentáveis. Em segundo, a empresa de laticínios pode tentar melhorar a disposição em cooperar e motivar esses fornecedores (desenvolvê-los para o segmento do Tipo 2), aumentando a confiança neles e implementando atividades de desenvolvimento de fornecedores sustentáveis. Fornecedores desse tipo provavelmente precisam de motivação externa, enquanto fornecedores dos outros segmentos, são internamente motivados. A estratégia final é simplesmente não fazer nada, se esses fornecedores fornecerem bens que não são críticos de uma perspectiva sustentável, então as atividades sustentáveis e o relacionamento colaborativo com esses fornecedores não são necessários, uma relação *arm's length* é suficiente (BAI; REZAEI; SARKIS, 2017; REZAEI; ORTT, 2012, 2013b, 2013a; REZAEI; WANG; TAVASSZY, 2015).

TIPO 2: Esses fornecedores têm baixa competência sustentável, mas uma alta disposição em cooperar com a empresa de laticínios. Nessa pesquisa, apenas 10% dos fornecedores se encaixaram nesse segmento em um dos métodos de segmentação. A alta disposição em cooperar do fornecedor pode indicar o interesse político organizacional e comportamental em tornar seus produtos e processos mais sustentáveis. Por demonstrar um alto nível de disposição em cooperar com a empresa de laticínios, esse fornecedor pode ser alvo de programas de desenvolvimento de fornecedores sustentáveis, em que o conhecimento é passado, como forma de desenvolver competências sustentáveis. Manter um relacionamento colaborativo pode ser um objetivo com esses fornecedores. No entanto, provavelmente será um fluxo unidirecional de ideias e recursos sustentáveis da empresa compradora para o fornecedor, porém como resultado, é provável que a cadeia de suprimentos do comprador seja mais sustentáveis (BAI; REZAEI; SARKIS, 2017; REZAEI; ORTT, 2012, 2013b, 2013a; REZAEI; WANG; TAVASSZY, 2015).

TIPO 3: Apresentam alta competência sustentável, mas baixas disposições em cooperar com a empresa de laticínios, nesse estudo, em ambos os métodos correspondem a 10% dos fornecedores analisados. Nesse segmento, é provável que o fornecedor não se beneficie, uma vez que essa relação pode não ser tão importante para que eles estabeleçam uma relação próxima com a empresa compradora. Geralmente, a maioria desses fornecedores são empresas de grande porte e estão na posição de liderança na indústria. A estratégia que pode ser adotada pela empresa compradora é encontrar as causas por trás do comportamento dos fornecedores e tentar estreitar o relacionamento, uma vez que vale a pena manter esses fornecedores em sua base de fornecedores, já que os mesmos apresentam alta competência sustentável. A disposição em cooperar pode ser melhorada por meio do estabelecimento de parcerias, que segundo Lambert (2008, apud REZAEI; ORTT, 2013a) “é uma relação comercial personalizada baseada na confiança mútua, abertura de comunicação, compartilhamento de risco e de recompensas que resultam em um desempenho de negócio maior do que seria alcançado pelas duas empresas trabalhando sem parceria” (BAI; REZAEI; SARKIS, 2017; REZAEI; ORTT, 2012, 2013b, 2013a; REZAEI; WANG; TAVASSZY, 2015).

TIPO 4: Esses fornecedores são excelentes fornecedores em termos de competências sustentáveis e disposição em cooperar com a empresa de laticínios,

nessa pesquisa, é o caso de 30% dos fornecedores analisados. Formação de parcerias entre a empresa analisada e esses fornecedores, são essenciais para a busca de uma cadeia de suprimentos mais sustentáveis. Nesse caso, a empresa de laticínios deve fortalecer o relacionamento e tentar incorporar esses fornecedores em programas colaborativos de fornecedores sustentáveis. A empresa deve ter como objetivo sustentável estratégico, manter um relacionamento a longo prazo com esses fornecedores. Nesse segmento, os relacionamentos devem ser parcerias, uma vez que a empresa compradora pode se beneficiar da competência dos fornecedores em termos econômicos, ambientais e sociais; e os fornecedores também se beneficiam do relacionamento com a empresa compradora. A manutenção do relacionamento que se dá por meio de, integração operacional, melhoria na comunicação entre as empresas, compartilhamento de informação e conhecimento, criará sinergia combinando recursos e competências para desenvolver uma vantagem estratégica sustentável (BAI; REZAEI; SARKIS, 2017; KRAUSE, 1997; PAULRAJ; LADO; CHEN, 2008; REZAEI; ORTT, 2013a, 2013b).

4.3.4 Adequação à mudança de critérios

Por se tratar de um problema de decisão multicritério, é normal que critérios sejam adicionados ou retirados do processo de segmentação de fornecedores (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014). A seguir, será discutido como os métodos de segmentação apresentados se comportam com a mudança de critérios.

Para avaliar o efeito da adição de um novo critério, foram realizados doze testes para os subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”, em que a cada rodada, um novo subcritério (C_{13}) assumiu o peso dos subcritérios existentes, observando a ordenação final do vetor peso. Por exemplo, no teste 1, o subcritério C_{13} assumiu o peso do subcritério C_1 , resultando na seguinte ordem de importância: $C_5 > C_{10} > C_8 > C_9 > C_1 = C_{13} > C_4 > C_{12} > C_6 > C_3 > C_{11} > C_2 > C_7$. De maneira geral, não ocorreram mudanças significativas na ordem de importância dos pesos dos subcritérios no método da média geométrica, quando comparado à ordem encontrada na seção 4.1. O Apêndice D mostra os resultados dos 12 testes executados.

Para a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, foram realizados seis testes, seguindo a mesma dinâmica do teste anterior. Dessa vez o novo critério D_7 , foi adicionado recebendo o valor de cada um dos critérios a cada teste. Nesse caso, também não ocorreram mudanças significativas da ordem de importância do vetor peso comparado ao vetor resultante do método da média geométrica, seção 4.1. A Apêndice D também mostra os resultados dos 6 testes executados.

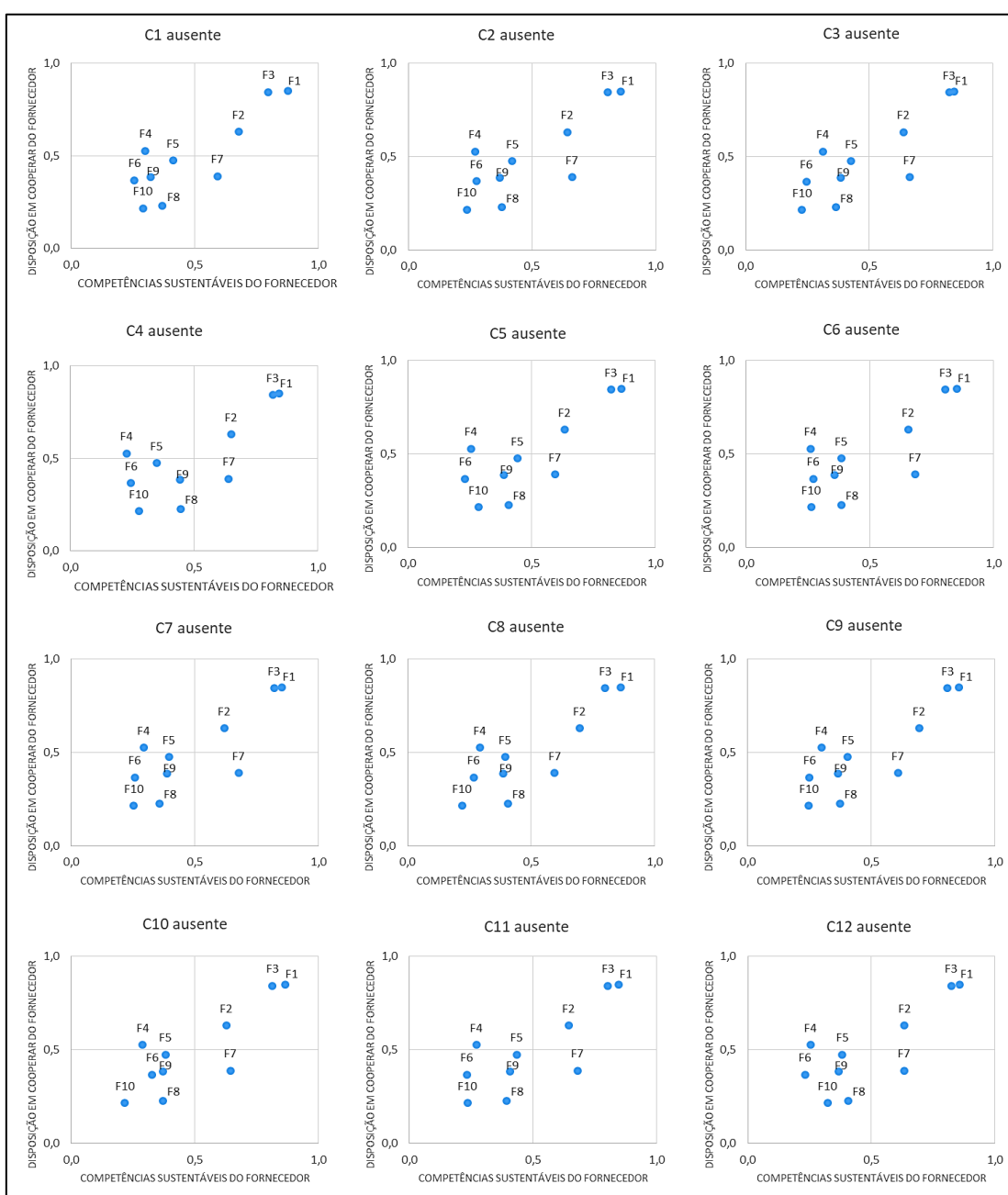
Os mesmos testes foram realizados, quando se utilizou o *extent analysis method*, como técnica *fuzzy AHP*, o Apêndice E mostra todos os resultados. No caso da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”, a adição do novo subcritério C_{13} não gerou alterações significativas na ordem de importância dos vetores pesos. Já na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, apesar da adição do novo critério D_7 não ter alterado significativamente a ordem de importância dos pesos, um efeito indesejável ocorreu, o peso do critério D_6 foi reduzido à zero, mostrando uma das fraquezas do *fuzzy AHP*, já estudadas por alguns pesquisadores, como Wang, Luo e Hua (2008) e Zhü (2014). Isso aconteceu quando D_7 recebeu o valor semelhante à D_5 , por conta do julgamento comparativo, o grau de possibilidade $V(S_{D_6} \geq S_{D_2})$ é igual a zero. Como o cálculo do vetor peso usa o operador MIN, o peso resultante do critério D_6 é nulo. A consequência é que este critério não entra na avaliação dos fornecedores. O Apêndice F traz o cálculo detalhado do peso desse critério zerado.

A segunda análise, foi a observação do comportamento dos métodos de segmentação, frente a exclusão de um critério ou subcritério de avaliação. Para realizar essas análises, foram executados doze testes para a dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” e seis testes para a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, para cada um dos métodos de segmentação apresentados. Em cada teste, um dos critérios foi excluído e o resultado dessa exclusão foi analisado na segmentação final dos fornecedores de cada método. Os Apêndices G e H mostram os resultados de todos os testes para o método da média geométrica e para o *extent analysis method*, respectivamente.

De maneira geral, o método de segmentação que utilizou a média geométrica, como técnica *fuzzy AHP*, se mostrou bastante consistente. Como pode ser visto na Figura 17, todos os doze testes realizados excluindo subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”, convergiram para a formação de uma

matriz contendo os mesmos segmentos da matriz obtida na seção 4.1, Figura 14. Os resultados não apresentaram mudanças significativas na ordenação do vetor peso e na formação do *ranking* de desempenho dos fornecedores, resultando em segmentos com a seguinte formação: cinco fornecedores do tipo 1 (F5, F6, F8, F9 e F10), um fornecedor do tipo 2 (F4), um fornecedor (F7) e três fornecedores do tipo 4 (F1, F2 e F3).

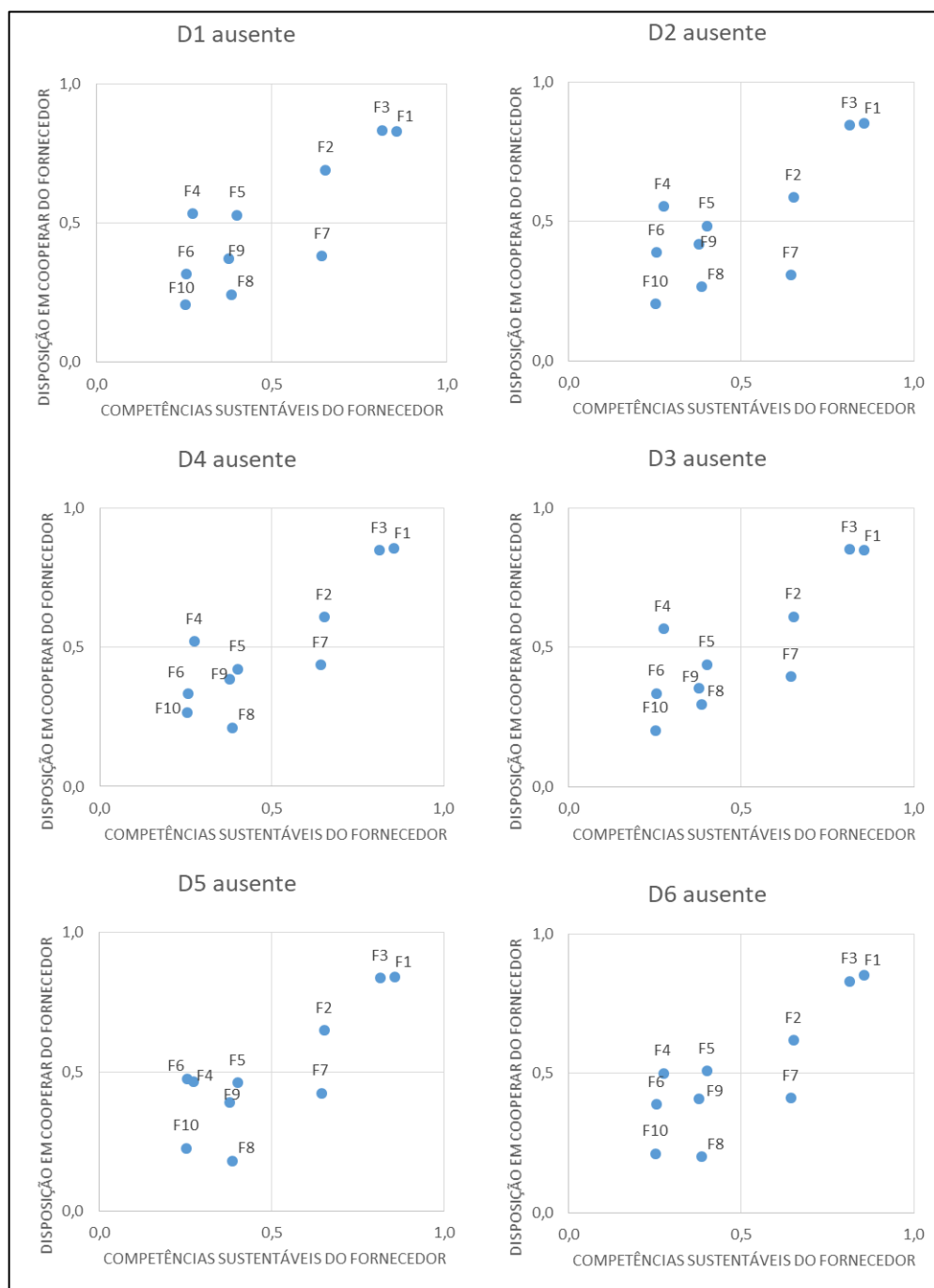
Figura 17 – Matrizes de segmentação resultantes do teste de exclusão de subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” do método da média geométrica



Fonte: Do Autor, 2019

O mesmo procedimento foi realizado para os critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, dos seis testes realizados, três resultaram em segmentos semelhantes à matriz da Figura 14, com: cinco fornecedores do tipo 1, um fornecedor do tipo 2, um fornecedor e três fornecedores do tipo 4. As diferenças ficaram por conta de quando os critérios D_1 , D_5 e D_6 foram excluídos. Na ausência de D_1 , o fornecedor F5 melhorou seu desempenho global, colocando-o no segmento tipo 2, a formação dos segmentos ficaram: quatro fornecedores do tipo 1 (F6, F8, F9 e F10), dois fornecedores do tipo 2 (F4 e F5), um fornecedor do tipo 3 (F7) e 3 fornecedores do tipo 3 (F1, F2 e F3). A ausência de D_5 , piorou o desempenho do fornecedor F4, rebaixando-o para o segmento tipo 1, os segmentos ficaram da seguinte forma: seis fornecedores do tipo 1 (F4, F5, F6, F8, F9 e F10), nenhum fornecedor do tipo 2, um fornecedor do tipo 3 (F7) e 3 fornecedores do tipo 3 (F1, F2 e F3). Já a ausência de D_6 favoreceu a melhoria do desempenho do fornecedor F5 e piorou o desempenho de F4, fazendo-os trocarem de segmentos, comparado à matriz de segmentação da Figura 14. A Figura 18 traz as matrizes de segmentação resultantes destes testes.

Figura 18 – Matrizes de segmentação resultantes do teste de exclusão de critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” do método da média geométrica

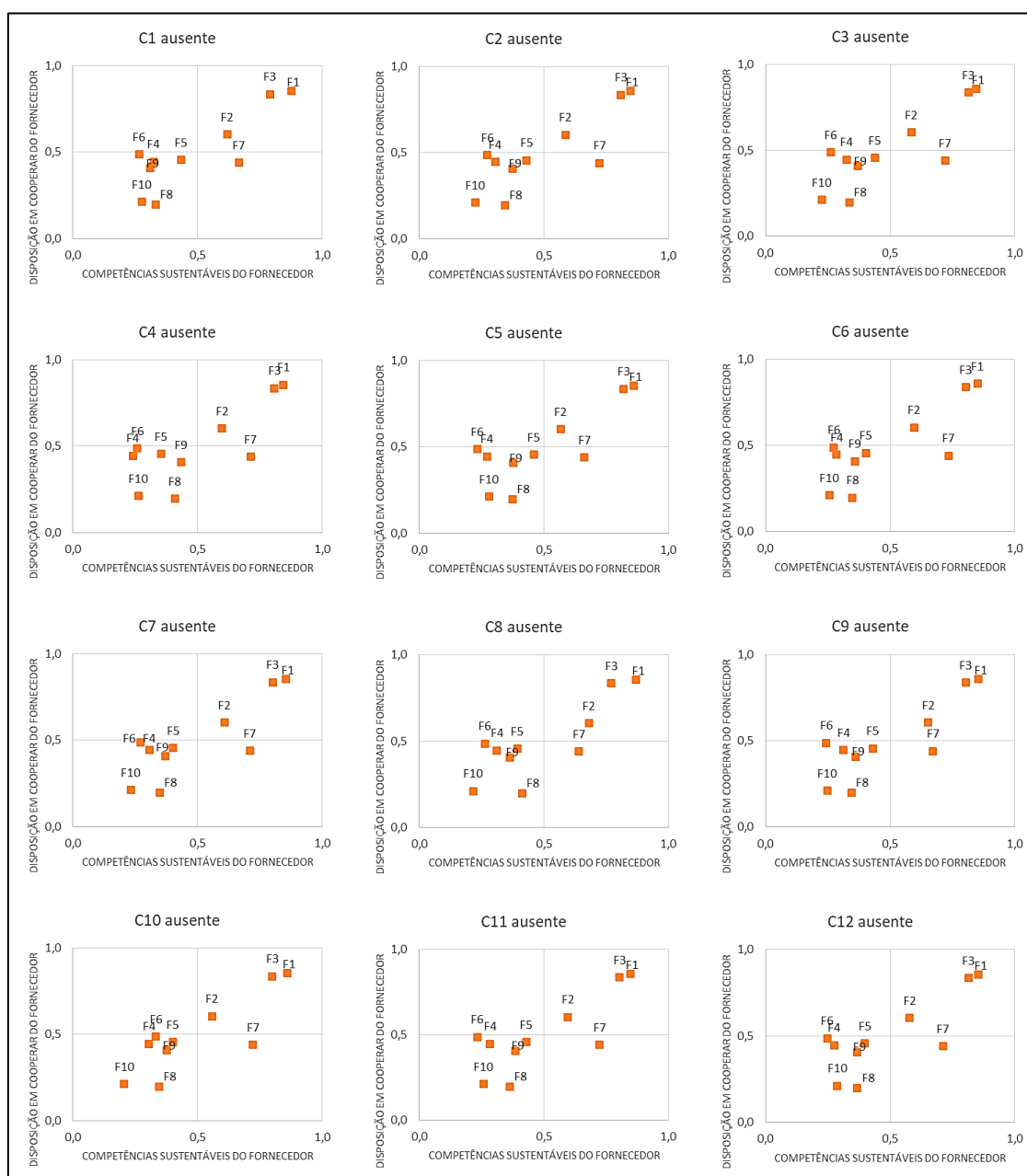


Fonte: Do Autor, 2019

Da mesma forma, os testes foram realizados para o método de segmentação que utilizou o *extent analysis method*, como método *fuzzy AHP*. Quando os subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” passaram pelos testes de exclusão, as matrizes resultantes apresentaram as mesmas configurações

nos doze testes, apesar de diferenças não significantes nas ordens de importância do vetor peso e no *ranking* de desempenho dos fornecedores. Como pode ser visto na Figura 19, todas as matrizes se mostraram semelhantes à matriz da Figura 15, com a seguinte composição: seis fornecedores do tipo 1 (F4, F5, F6, F8, F9 e F10), um fornecedor do tipo 3 (F7) e três fornecedores do tipo 4 (F1, F2 e F3).

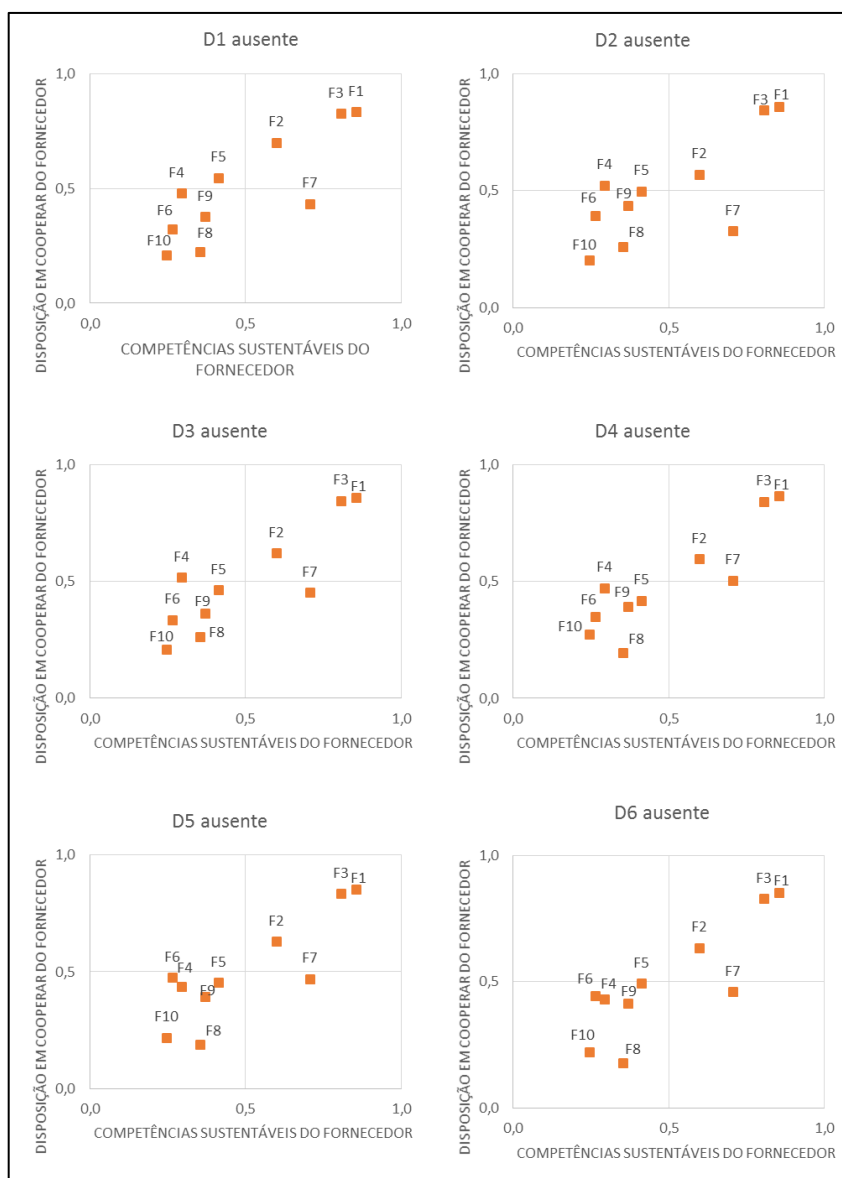
Figura 19 – Matrizes de segmentação resultantes do teste de exclusão de subcritérios da dimensão “competências sustentáveis do fornecedor” do *extent analysis method*



Fonte: Do autor, 2019

Na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, das seis matrizes resultantes, apenas uma matriz, quando o critério ausente foi D_6 , apresentou a mesma disposição da matriz da Figura 15, com seis fornecedores do tipo 1, um fornecedor do tipo 3 e três fornecedores do tipo 4. A matriz resultante da ausência de D_2 , se configurou da seguinte forma: cinco fornecedores do tipo 1 (F5, F6, F8, F9 e F10), um fornecedor do tipo 2 (F4), um fornecedor do tipo 3 (F7) e três fornecedores do tipo 4 (F1, F2 e F3).

Figura 20 – Matrizes de segmentação resultantes do teste de exclusão de critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” do *extent analysis method*



Fonte: Do autor, 2019

A ausência dos critérios D_1 , D_3 e D_4 ocasionaram um efeito em comum na ordenação de importância do vetor peso, reduziram o valor do critério D_6 à zero, assim como ocorreu no teste de adição de critérios, interferindo diretamente na configuração das matrizes de segmentação. A ausência de D_1 e D_3 , resultou na seguinte configuração de segmentos: cinco fornecedores do tipo 1, um fornecedor do tipo 2, um fornecedor do tipo 3 e três fornecedores do tipo 4. Já a ausência de D_4 , resultou em: seis fornecedores do tipo 1 (F4, F5, F6, F8, F9 e F10) e quatro fornecedores do tipo 4 (F1, F2, F3 e F7). A Figura 20 mostra todas as matrizes de segmentação resultantes deste teste de exclusão.

5 CONCLUSÃO

Essa pesquisa apresentou um estudo comparativo entre duas abordagens do método *fuzzy* AHP, combinado com *Fuzzy* TOPSIS, aplicados no método de segmentação de fornecedores sustentáveis. De forma geral, os dois métodos de segmentação apresentados são compostos por quatro etapas: escolha de critérios de avaliação dos fornecedores; *fuzzy* AHP, para obtenção dos pesos dos critérios; *fuzzy* TOPSIS para a avaliação do desempenho dos fornecedores; e a distribuição dos fornecedores na matriz de segmentação.

A busca por uma cadeia de suprimentos mais sustentável, passa pelo gerenciamento de fornecedores mais sustentáveis. Nesse ambiente, os critérios de avaliação utilizados para a segmentação dos fornecedores sustentáveis, foram escolhidos com base em duas dimensões: “competências sustentáveis do fornecedor” e “disposição em cooperar do fornecedor”. A escolha dos critérios de “competências sustentáveis do fornecedor” foi baseada no conceito do *triple bottom line*, considerando assim, critérios econômicos, critérios sociais e critérios ambientais. Já a escolha dos critérios de “disposição em cooperar do fornecedor” foi baseada na literatura de segmentação e são direcionadores para a construção de uma relação a longo prazo entre fornecedor e comprador. Em ambas dimensões, os critérios são qualitativos, utilizando apenas o julgamento dos especialistas para a realização das avaliações.

Por se caracterizar como um problema de decisão multicritério, no qual especialistas tomam decisões, baseadas em suas próprias experiências e sentimentos, técnicas que utilizam os conjuntos *fuzzy* são indicadas, pois tratam de uma maneira mais adequada a imprecisão e a incerteza, características dos julgamentos humanos.

Neste caso, foram escolhidas *fuzzy* AHP e *fuzzy* TOPSIS, como técnicas multicritério para a construção dos métodos de segmentação. A combinação dessas técnicas têm sido utilizados significativamente em problemas MCDM, principalmente aplicados à avaliação e seleção de fornecedores ((KUBLER et al., 2016). Porém, ainda não foram encontradas aplicações dessa combinação em problemas de segmentação de fornecedores, sendo esta uma das contribuições teóricas desse trabalho.

A partir da abordagem *fuzzy* AHP, foi criada uma estrutura hierárquica dos critérios das duas dimensões, e por meio de matrizes de comparação pareadas, realizada por avaliações de especialista, chegou-se a definição dos pesos relativos à cada critério e subcritério. Na abordagem *fuzzy* TOPSIS (CHEN, 2000), o desempenho global dos fornecedores foi avaliado nas dimensões, “competências sustentáveis do fornecedor” e “disposição em cooperar do fornecedor”. Os pares de valores resultantes da avaliação de desempenho dos fornecedores em cada dimensão, foram normalizados e distribuídos nos quatro tipos de segmentos da matriz de segmentação de fornecedores, proposta por Rezaei e Ortt (2012).

A principal implicação teórica desse trabalho é a análise comparativa entre duas abordagens *fuzzy* AHP combinadas com *fuzzy* TOPSIS e aplicadas à segmentação de fornecedores sustentáveis, suprimindo a lacuna observada por Bai, Rezaei e Sarkis (2017), da necessidade de estudos que comparam métodos de segmentação. A diferença entre os dois métodos de segmentação apresentados, se encontra nas técnicas de derivação do vetor peso da matriz de comparação pareadas. A primeira abordagem, *fuzzy* AHP, utilizou o método da média geométrica de Buckley (1985), e a segunda, o *extent analysis method* de Chang (1996). As técnicas foram comparadas nos critérios que estão relacionados e caracterizam um método de segmentação de fornecedores (BAI; REZAEI; SARKIS, 2017), foram eles: ordem e valores dos pesos dos critérios, desempenho dos fornecedores, matriz de segmentação de fornecedores sustentáveis e adequação à mudança de critério.

Os resultados do critério de comparação “ordem e valores dos pesos dos critérios” mostrou que a ordenação de pesos dos critérios das duas dimensões analisadas, resultantes dos dois métodos *fuzzy* AHP, apresentam em geral, uma alta correlação linear de postos, ou seja, apesar de apresentar algumas diferenças na ordenação e nos valores dos pesos, as mesmas não são diferenças significativas. Sendo assim, os dois métodos *fuzzy* AHP geraram ordenação e valores de pesos de critérios equivalentes.

No desempenho dos fornecedores, os dois métodos *fuzzy* AHP utilizados, também resultaram em *rankings* de fornecedores bastante similares, com alto grau de correlação linear de postos. O ranqueamento de desempenho dos fornecedores nas

dimensões “competências sustentáveis do fornecedor” e “disposição em cooperar do fornecedor” não apresentaram diferenças significativas.

Como a matriz de segmentação de fornecedores é consequência direta do *ranking* de desempenho dos fornecedores, que depende dos pesos dos critérios que foram ponderados pelos dois métodos *fuzzy AHP*, os resultados finais obtidos pelos métodos também se mostraram bem parecidos. A diferença nos segmentos resultantes se deu para apenas um dos fornecedores, que no método da média geométrica foi posicionado no segmento tipo 2, e no *extent analysis method*, no segmento tipo 1. A distância euclidiana média do posicionamento dos fornecedores entre os dois métodos de segmentação foi de 0,0278, com um desvio padrão de 0,0243; valores que podem ser utilizados para comparação de métodos de segmentação em trabalhos futuros.

Na adequação à mudança de critérios, dois tipos de testes foram realizados, adição e exclusão de critérios. O método da média geométrica se mostrou bastante consistente, pois a adição de um novo critério nas duas dimensões de segmentação, não ocasionou mudanças significativas na ordem dos pesos. Apesar de também não ter ocorrido mudanças significativas na ordem dos pesos do *extent analysis method*, ocorreu um efeito indesejado, na adição de um critério na dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”, o peso de outro critério foi reduzido a zero.

No teste de exclusão de critérios, o método da média geométrica não apresentou mudanças significativas nas matrizes de segmentação resultantes, para as duas dimensões analisadas. No *extent analysis method*, a exclusão de subcritérios de “competências sustentáveis do fornecedor” não alterou significativamente as matrizes de segmentação resultantes. Porém, assim como ocorreu no teste de adição de critérios, a exclusão de critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” ocasionou a anulação indesejada de outros critérios, influenciando diretamente a formação da matriz de segmentação resultante. Uma das possíveis razões disso ter acontecido é que os pesos não são tão diferentes entre si.

Vantagens e desvantagens são encontradas na utilização dos dois métodos *fuzzy AHP*. O método da média geométrica, tem a vantagem de resultar em pesos *fuzzy* triangulares, sendo assim, a multiplicação da matriz de decisão normalizada do *fuzzy TOPSIS*, com o vetor de pesos do *fuzzy AHP*, é realizada por números do

mesmo formato, ambos números *fuzzy* triangulares, respeitando a forma original do método *fuzzy* TOPSIS de Chen (2000). Por outro lado, o fato do peso ser um número *fuzzy* triangular, a análise e a interpretação de um vetor de pesos por um especialista em uma fase intermediária, por exemplo, pode ser complicada (uma vez que o especialista pode não estar habituado, ou ter o conhecimento para tratar números *fuzzy*), sendo necessário utilizar técnicas de defuzzificação.

Já o *extent analysis method* resulta em valores de peso no formato *crisp*, que pode ser facilmente entendido, ordenado e analisado pelos especialistas (já que estarão mais familiarizados com esses tipos de números). Porém, uma adaptação teve que ser feita no método original *fuzzy* TOPSIS de Chen (2000), uma vez que para obter a matriz de decisão *fuzzy*, multiplicou-se um número *crisp* por um número *fuzzy* triangular. Mas a principal desvantagem do *extent analysis method* é o problema que anula o peso de um critério, como já mostrado por Wang, Luo e Hua (2008), Zhü (2014) e Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2017). Esse problema sempre ocorrerá quando a diferença entre as extensões sintéticas de dois critérios for grande o suficiente para que não haja interseção entre eles e, conseqüentemente, o grau de possibilidade seja zero. No caso da aplicação prática, realizada nessa pesquisa, observou-se que a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” apresentou esse problema, por apresentar um número menor de critérios, quando comparado a dimensão “competências sustentáveis do fornecedor”. A atribuição de um peso zero irracional à um critério, pode levar a uma decisão incorreta, uma vez que esse critério não será considerado na análise, resultando em uma matriz de segmentação incorreta.

Tanto o método da média geométrica, quanto o *extent analysis method* apresentam a facilidade de serem combinadas com outras técnicas e a simplicidade de aplicação. No caso dessa pesquisa, os dois métodos *fuzzy* AHP utilizados, resultaram em matrizes de segmentação de fornecedores sustentáveis bastante parecidas, porém diante das vantagens e desvantagens apresentadas, o método da média geométrica se mostrou mais adequado.

A contribuição prática gerencial mais importante dessa pesquisa, diz respeito as estratégias que podem ser adotadas à cada um dos segmentos resultantes, a fim de encontrar as melhores práticas de gerenciamento de fornecedores sustentáveis e

de gerenciamento da cadeia de suprimentos sustentável. Os fornecedores com baixa competência sustentável e baixa disposição em cooperar, podem ser substituídos; ou nada precisa ser feito, se os mesmos não forem críticos sustentavelmente; uma outra opção é desenvolvê-los, com ações que aumentam sua disposição em cooperar. Fornecedores com baixa competência e alta disposição, devem ser alvos de programas de desenvolvimento de fornecedores sustentáveis, para que aumentem suas competências. Fornecedores com alta competência e baixa disposição, podem valer o esforço da empresa compradora a tentativa de se criar parcerias, aproveitando as altas competências sustentáveis. Com os fornecedores que apresentam alta competência sustentável e alta disposição em cooperar, relações de parceria devem ser mantidas e melhoradas, uma vez que ambos os lados, podem se beneficiar das competências e da disposição, fazendo seus produtos e processos mais sustentáveis.

Observando algumas limitações desse trabalho, é possível verificar oportunidades de pesquisa para futuros trabalhos. Outras técnicas *fuzzy* AHP podem ser utilizadas para ponderar os pesos dos critérios e serem comparadas. Outras técnicas MCDM, podem ser utilizadas para a construção de métodos de segmentação de fornecedores sustentáveis.

Em termos de comparação de métodos, pode ser expandido adicionando mais critérios de análise, como por exemplo, consideração de fatores de desenvolvimento computacional de métodos: velocidade de resposta e execução do algoritmo, complexidade computacional, entre outros critérios.

A segmentação de fornecedores é conduzida da perspectiva da empresa compradora, o que fornece apenas uma das versões e análises, podendo ter esse viés. É importante para a construção de uma gestão da cadeia de suprimentos sustentável, que a visão de todas as partes envolvidas seja considerada, então pesquisas futuras sobre segmentação de fornecedores sustentáveis devem apresentar as percepções dos fornecedores.

REFERÊNCIAS

- BAI, C.; REZAEI, J.; SARKIS, J. Multicriteria Green Supplier Segmentation. **IEEE Transactions on Engineering Management**, p. 1–14, 2017.
- BAI, C.; SARKIS, J. Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. **Intern. Journal of Production Economics**, v. 124, n. 1, p. 252–264, 2010a.
- BAI, C.; SARKIS, J. Green supplier development : analytical evaluation using rough set theory. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 12, p. 1200–1210, 2010b.
- BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002.
- BESKESE, A. et al. Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul. **Environmental Earth Sciences**, v. 73, n. 7, p. 3513–3521, 2015.
- BHUTTA, K. S. Research paper Supplier selection problem : a comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches. 2002.
- BOER, L. DE; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 7, n. 2, p. 75–154, 2001.
- BORAN, F. E. et al. A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. **Expert Systems With Applications**, v. 36, n. 8, p. 11363–11368, 2009.
- BOZBURA, F. T.; BESKESE, A.; KAHRAMAN, C. Prioritization of human capital measurement indicators using fuzzy AHP. **Expert Systems With Applications**, v. 32, p. 1100–1112, 2007.
- BUCKLEY, J. J. Fuzzy Heirarchical Analysis. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 17, n. 17, p. 233–247, 1985.
- BÜYÜKÖZKAN, G.; ÇİFÇİ, G. A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information. **Computers in Industry**, v. 62, p. 164–174, 2011.
- BÜYÜKÖZKAN, G.; KAHRAMAN, C.; RUAN, D. A fuzzy multi-criteria decision approach for software development strategy selection. **International Journal of General Systems**, v. 33, p. 259–280, 2004.
- CHANG, D. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. **European Journal of Operational Research**, v. 95, p. 646–655, 1996.
- CHEN, C. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. **Fuzzy sets and systems**, v. 114, p. 1–9, 2000.
- CHEN, C.; LIN, C.; HUANG, S. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. v. 102, p. 289–301, 2006.

- COSTA NETO, P. L. DE O. **Estatística**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2002.
- CSUTORA, R.; BUCKLEY, J. J. Fuzzy hierarchical analysis : the Lambda-Max method. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 120, p. 181–195, 2001.
- DAY, M.; MAGNAN, G. M.; MOELLER, M. M. Evaluating the bases of supplier segmentation: A review and taxonomy. **Industrial Marketing Management**, v. 39, n. 4, p. 625–639, 2010.
- DEMPSEY, W. A. Vendor Selection and the Buying Process. **Industrial Marketing Management**, n 7, p 257-267, 1978.
- DICKSON, G. W. An analysis of supplier selection systems and decisions. **Journal of Purchasing**, v 2, n 1, p 5-17, 1966.
- DOŽIĆ, S.; LUTOVAC, T.; KALIĆ, M. Fuzzy AHP approach to passenger aircraft type selection. **Journal of Air Transport Management**, v. 68, p. 165–175, 2018.
- DYER, J. H.; CHO, D. S.; CHU, W. Strategic Supplier Segmentation : **California Management Review**, v. 40, n. 2, 1998.
- ELKINGTON, J. Partnerships from cannibals with forks: the triple bottom line of 21st-century business. **Environmental Quality Management**, v 8, n 1, p 37-51, 46 1998.
- ELLRAM, L. M. The supplier selection decision in strategic partnerships. *International Journal of Purchasing and material management*, v. 26, n 4, p 8-14, 1990.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOVINDAN, K.; KHODAVERDI, R.; JAFARIAN, A. A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 345–354, 2013.
- HERRERA, F.; MARTÍNEZ, L. A 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation Model for Computing with Words. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 8, n. 6, p. 746–752, 2000.
- HO, W.; XU, X.; DEY, P. K. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection : A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 202, n. 1, p. 16–24, 2010.
- HSIEH, T.; LU, S.; TZENG, G.-H. Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. **International Journal of Project Management**, v. 22, p. 573–584, 2004.
- HWANG, C. L.; YOON, K. Multiple attribute decision making: methods and applications. Berlin: Springer-Verlag, 1981. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- KAHRAMAN, C.; ÇEBİ, S. A new multi-attribute decision making method : Hierarchical fuzzy axiomatic design. **Expert Systems With Applications**, v. 36, p. 4848–4861, 2009.
- KANNAN, V. R.; TAN, K. C. Supplier Selection and Assessment : Their Impact on Business Performance. **The Journal of Supply Chain Management**, p. 11–21, 2002.

KIANI MAVI, R. Indicators of Entrepreneurial University: Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Approach. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 5, n. 2, p. 370–387, 2014.

KILIC, H. S.; ZAIM, S.; DELEN, D. Development of a hybrid methodology for ERP system selection: The case of Turkish Airlines. **Decision Support Systems**, v. 66, p. 82–92, 2014.

KRALJIC, P., 1983. Purchasing must become supply management. **Harvard Business Review**, September/October, 109-117. Disponível em: <https://hbr.org/1983/09/purchasing-must-become-supply-management>. Acessado em 31/10/17

KRAUSE, D. R. Supplier Development: Current Practices and Outcomes. **International Journal of Purchasing and Materials Management**, 1997.

KRAUSE, D. R.; VACHON, S.; KLASSEN, R. D. SPECIAL TOPIC FORUM ON SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: INTRODUCTION AND REFLECTIONS ON THE ROLE OF PURCHASING MANAGEMENT. **Journal of Supply Chain Management**, v. 45, n. 4, p. 18–25, 2009.

KUBLER, S. et al. A state-of the-art survey & testbed of Fuzzy AHP (FAHP) applications. **Expert Systems With Applications**, v. 65, p. 398–422, 2016.

KUSUMAWARDANI, R. P.; AGINTIARA, M. Application of Fuzzy AHP-TOPSIS Method for Decision Making in Human Resource Manager Selection Process. **Procedia - Procedia Computer Science**, v. 72, p. 638–646, 2015.

KUTLU, A. C.; EKMEKÇIOĞLU, M. Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 1, p. 61–67, 2012.

LI, W. et al. The impact of supplier development on buyer competitive advantage: A path analytic model. **International Journal of Production Economics**, v. 135, n. 1, p. 353–366, 2012.

LIMA JUNIOR, F. R. **Comparação entre os métodos Fuzzy TOPSIS e Fuzzy AHP no apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2013.

LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy - TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 1, p. 17–34, 2015.

LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores : um panorama do estado da arte. **Gestão & Produção**, 2012.

LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. A fuzzy inference and categorization approach for supplier selection using compensatory and non-compensatory decision rules. **Applied Soft Computing Journal**, v. 13, n. 10, p. 4133–4147, 2013.

LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. A comparison between Fuzzy

AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. **Applied Soft Computing**, v. 21, p. 194–209, 2014.

LIN, H. F. An application of fuzzy AHP for evaluating course website quality. **Computers and Education**, v. 54, n. 4, p. 877–888, 2010.

MANDIC, K. et al. Analysis of the financial parameters of Serbian banks through the application of the fuzzy AHP and TOPSIS methods. **Economic Modelling**, v. 43, p. 30–37, 2014.

OLSEN, R. F.; ELLRAM, L. M. A Portfolio Approach to Supplier Relationships. **Industrial Marketing Management**, v. 26, p. 101–113, 1997.

OSIRO, L. **Uso da lógica fuzzy para avaliação e desenvolvimento de fornecedores baseado em modelos de portfólio**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2013.

OSIRO, L.; LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. A fuzzy logic approach to supplier evaluation for development. **Intern. Journal of Production Economics**, v. 153, p. 95–112, 2014.

OSIRO, L.; LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. A group decision model based on quality function deployment and hesitant fuzzy for selecting supply chain sustainability metrics. **Journal of Cleaner Production**, v. 183, p. 964–978, 2018.

PAGELL, M.; WU, Z.; WASSERMAN, M. E. Thinking Differently About Purchasing Portfolios: An Assessment Of Sustainable Sourcing. **Journal of Supply Chain Management**, v. 46, n. 1, p. 57–73, 2010.

PAKSOY, T.; PEHLIVAN, N. Y.; KAHRAMAN, C. Organizational strategy development in distribution channel management using fuzzy AHP and hierarchical fuzzy TOPSIS. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 3, p. 2822–2841, 2012.

PARASURAMAN, A. Vendor Segmentation: An Additional Level of Market Segmentation. **Industrial Marketing Management**, v. 9, p. 59–62, 1980.

PAULRAJ, A.; LADO, A. A.; CHEN, I. J. Inter-organizational communication as a relational competency : Antecedents and performance outcomes in collaborative buyer – supplier relationships. **Journal of Operations Management**, v. 26, p. 45–64, 2008.

REZAEI, J. et al. Embedding carbon impact assessment in multi-criteria supplier segmentation using ELECTRE TRI-rC. **Annals of Operations Research**, p. 1–23, 2017.

REZAEI, J.; ORTT, R. A multi-variable approach to supplier segmentation. **Internacional Journal of Production Research**, v. 50, n. 16, p. 37–41, 2012.

REZAEI, J.; ORTT, R. Multi-criteria supplier segmentation using a fuzzy preference relations based AHP. **European Journal of Operational Research**, v. 225, n. 1, p. 75–84, 2013a.

REZAEI, J.; ORTT, R. Supplier segmentation using fuzzy logic. **Industrial Marketing Management**, v. 42, n. 4, p. 507–517, 2013b.

REZAEI, J.; WANG, J.; TAVASSZY, L. Linking supplier development to supplier segmentation using Best Worst Method. **Expert Systems With Applications**, v. 42, n. 23, p. 9152–9164, 2015.

SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. 1 ed. McGrawHill: New York, 1980.

SAATY, T. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9–26, 1990.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **Int. J. Services Sciences**, v. 1, n. 1, 2008.

SANCHA, C.; LONGONI, A.; GIMÉNEZ, C. Sustainable supplier development practices: Drivers and enablers in a global context. **Journal of Purchasing and Supply Management**, p. 1–8, 2014.

SANTOS, L. F. DE O. M.; OSIRO, L.; LIMA, R. H. P. A model based on 2-tuple fuzzy linguistic representation and Analytic Hierarchy Process for supplier segmentation using qualitative and quantitative criteria. **Expert Systems With Applications**, v. 79, p. 53–64, 2017.

SARKIS, J.; DHAVALÉ, D. G. Supplier selection for sustainable operations: A triple-bottom-line approach using a Bayesian framework. **Intern. Journal of Production Economics**, v. 166, p. 177–191, 2015.

SEGURA, M.; MAROTO, C. A multiple criteria supplier segmentation using outranking and value function methods. **Expert Systems With Applications**, v. 69, p. 87–100, 2017.

SILVESTRE, B. Sustainable supply chain management: current debate and future directions. **Gestão & Produção**, 2016.

SIRISAWAT, P.; KIATCHAROENPOL, T. Fuzzy AHP-TOPSIS approaches to prioritizing solutions for reverse logistics barriers. **Computers and Industrial Engineering**, v. 117, n. September 2017, p. 303–318, 2018.

SUN, C. A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods. **Expert Systems With Applications**, v. 37, n. 12, p. 7745–7754, 2010.

VAN LAARHOVEN, P. J. M.; PEDRYCZ, W. Delft University. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 11, n. 1, p. 229–241, 1983.

WANG, J.-W.; CHENG, C.-H.; KUN-CHENG, H. Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection. **Applied Soft Computing**, v. 9, p. 377–386, 2009.

WANG, Y.; LUO, Y.; HUA, Z. On the extent analysis method for fuzzy AHP and its applications. **European Journal of Operational Research**, v. 186, p. 735–747, 2008.

WEBER, C. A.; CURRENT, J. R.; BENTON, W. C. Vendor selection criteria and methods. **European Journal of Operational Research**, v. 50, p. 2–18, 1991.

YANG, C.-C.; CHEN, B.-S. KEY QUALITY PERFORMANCE EVALUATION USING FUZZY AHP. **Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers**, v. 21, n. 6, p. 543–550, 2004.

YILDIZ, A.; YAYLA, A. Y. Multi-criteria decision-making methods for supplier selection: A literature review. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 26, n. 2, p. 158–177, 2015.

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

ZHÜ, K. Fuzzy analytic hierarchy process : Fallacy of the popular methods. **European Journal of Operational Research**, v. 236, p. 209–217, 2014.

ZIMMERMANN, H.-J. **Fuzzy Set Theory - and Its Applications**. 4. ed. New York: Kluwer Academic Publishers, 2001.

ZOUGGARI, A.; BENYOUCEF, L. Simulation based fuzzy TOPSIS approach for group multi-criteria supplier selection problem. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 25, n. 3, p. 507–519, 2012.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO DE COLETA DE DADOS

Apresentação da Pesquisa

Este questionário tem por objetivo a coleta de dados para a pesquisa **“Análise comparativa de abordagens *fuzzy* AHP para segmentação de fornecedores sustentáveis com o *fuzzy* TOPSIS”**, que tem como autor Cléubio Ignácio de Almeida, mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro, e está sob a orientação do Prof. Dr. Lauro Osiro.

O objetivo desta pesquisa é realizar uma análise comparativa de duas abordagens do método *fuzzy* AHP, combinado com *fuzzy* TOPSIS, aplicados no método de segmentação de fornecedores sustentáveis. Para a aplicação dos métodos de segmentação, utiliza-se a matriz de segmentação proposta por Rezaei e Ortt (2012), que leva em consideração duas dimensões de critérios de segmentação, “competências do fornecedor” e “disposição em cooperar”. Competências do fornecedor pode ser definido como o “conjunto de habilidades e conhecimentos acumulados, exercidos por meio de processos organizacionais que permitem às empresas coordenar atividades e usar seus ativos em diferentes funções de negócios que são importantes para o comprador”; no caso desta pesquisa, esses critérios serão direcionados pelo conceito do *triple bottom line* (“Tripé da Sustentabilidade”), que consiste na análise de critérios econômicos, ambientais e sociais. Já a dimensão “disposição em cooperar do fornecedor” é definida como “a confiança, o compromisso e a motivação para se envolver em um relacionamento a longo prazo com o comprador”.

Como ferramentas utilizadas no processo de tomada de decisão, serão utilizadas duas abordagens baseadas em lógica *fuzzy*, “*fuzzy* AHP” e “*fuzzy* TOPSIS”, permitindo que as avaliações, e posterior segmentação, sejam realizadas utilizando

juízos linguísticos. Sendo assim, a avaliação do desempenho dos fornecedores deve ser realizada utilizando somente a experiência e a percepção dos tomadores de decisão entrevistados e por isso não requerem dados quantitativos.

O entrevistado deve avaliar a importância dos critérios de segmentação (Etapa 1), o desempenho de 10 fornecedores da empresa nesses critérios (Etapa 2).

ETAPA 1: AVALIAÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS DE SEGMENTAÇÃO

Por meio da abordagem *fuzzy* AHP, serão avaliados os pesos de cada um dos critérios de avaliação de fornecedores, que foram previamente selecionados por meio de uma reunião entre os especialistas e o pesquisador. Nesta abordagem, as avaliações devem ser feitas de forma comparativa por meio das matrizes de comparação pareadas.

Na avaliação dos pesos dos critérios, deve-se avaliar o quanto cada critério é mais importante comparado aos demais. Para isso, as siglas dos valores linguísticos ("A", "MF", "F", "M", "I", "1/M", "1/F", "1/MF", "1/A") mostrados na tabela abaixo devem ser utilizadas para preencher a tabela de avaliação dos pesos dos critérios. A avaliação deve ser feita utilizando o seguinte raciocínio: "na sua percepção de especialista o critério custo é moderadamente mais importante que o critério forma de pagamento, no momento em que se seleciona ou se avalia um fornecedor" (preencher a área branca, intersecção dos critérios custo e forma de pagamento, com a letra M). Se o inverso for válido, ou seja, se o critério "forma de pagamento" for moderadamente mais importante que o critério "custo", por exemplo deve se preencher a matriz com o inverso da sigla, neste caso, o valor seria "1/M".

Variáveis linguísticas	Siglas
Absolutamente mais importante	A
Muito fortemente mais importante	MF
Fortemente mais importante	F
Moderadamente mais importante	M
Igualmente importante	I
Moderadamente menos importante	1/M
Fortemente menos importante	1/F
Muito fortemente menos importante	1/MF
Absolutamente menos importante	1/A

Critérios Econômicos	Custo	Forma de pagamento	Prazo de entrega	Qualidade
Custo				
Forma de pagamento				
Prazo de entrega				
Qualidade				

Critérios Ambientais	Produção de Poluição/Poluentes	Sistema de gerenciamento ambiental	Uso de materiais sustentáveis	Logística reversa
Produção de Poluição/Poluentes				
Sistema de gerenciamento ambiental				
Uso de materiais sustentáveis				
Logística reversa				

Critérios Sociais	Práticas empregatícias (Gestão de RH)	Saúde e Segurança	Influência na comunidade local	Influência contratual dos stakeholders
Práticas empregatícias (Gestão de RH)				
Saúde e Segurança				
Influência na comunidade local				
Influência contratual dos stakeholders				

Disposição em Cooperar	Abertura a comunicação frequente e honesta	Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos	Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos	Disposição para compromisso a longo prazo	Disposição para a realização de treinamentos	Disposição em compartilhar informações
Abertura a comunicação frequente e honesta						
Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos						
Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos						
Disposição para compromisso a longo prazo						
Disposição para a realização de treinamentos						
Disposição em compartilhar informações						

ETAPA 2: AVALIAÇÃO DOS FORNECEDORES NO FUZZY TOPSIS

Nesta etapa, os 10 fornecedores, assim como os critérios de avaliação, foram selecionados anteriormente, por meio de uma reunião. Na avaliação do desempenho desses fornecedores, o entrevistado deve preencher os quadros abaixo, escolhendo um único valor de importância para o desempenho do fornecedor em cada um dos critérios de avaliação selecionados. A avaliação de desempenho deve ser feita utilizando o seguinte raciocínio: “na sua percepção de especialista o fornecedor F1 tem um desempenho muito alto no critério custo” (marcar com um “X” o termo “Muito Alto” na linha do critério “custo”). A seguir, cada quadro é referente a avaliação de um fornecedor.

Critérios de Avaliação de fornecedores		Desempenho do fornecedor F1				
Competências sustentáveis do fornecedor	Custo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Forma de pagamento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Prazo de entrega	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Qualidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Produção de Poluição	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Sistema de gerenciamento ambiental	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Uso de materiais sustentáveis	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Logística reversa	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Práticas empregaticias	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Saúde e Segurança	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência na comunidade local	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência contratual dos stakeholders	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição em cooperar do fornecedor	Abertura a comunicação frequente e honesta	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto
Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Disposição para compromisso à longo prazo		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Disposição para a realização de treinamentos		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Disposição em compartilhar informações		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto

Critérios de Avaliação de fornecedores		Desempenho do fornecedor F2				
Competências sustentáveis do fornecedor	Custo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Forma de pagamento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Prazo de entrega	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Qualidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Produção de Poluição	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Sistema de gerenciamento ambiental	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Uso de materiais sustentáveis	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Logística reversa	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Práticas empregatícias	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Saúde e Segurança	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência na comunidade local	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência contratual dos stakeholders	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Disposição em cooperar do fornecedor	Abertura a comunicação frequente e honesta	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição para compromisso à longo prazo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição para a realização de treinamentos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição em compartilhar informações	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto

Critérios de Avaliação de fornecedores		Desempenho do fornecedor F3				
Competências sustentáveis do fornecedor	Custo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Forma de pagamento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Prazo de entrega	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Qualidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Produção de Poluição	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Sistema de gerenciamento ambiental	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Uso de materiais sustentáveis	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Logística reversa	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Práticas empregatícias	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Saúde e Segurança	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência na comunidade local	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência contratual dos stakeholders	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Disposição em cooperar do fornecedor	Abertura a comunicação frequente e honesta	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição para compromisso à longo prazo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição para a realização de treinamentos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição em compartilhar informações	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto

Critérios de Avaliação de fornecedores		Desempenho do fornecedor F4				
Competências sustentáveis do fornecedor	Custo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Forma de pagamento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Prazo de entrega	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Qualidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Produção de Poluição	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Sistema de gerenciamento ambiental	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Uso de materiais sustentáveis	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Logística reversa	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Práticas empregatícias	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Saúde e Segurança	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência na comunidade local	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência contratual dos stakeholders	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Disposição em cooperar do fornecedor	Abertura a comunicação frequente e honesta	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição para compromisso à longo prazo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição para a realização de treinamentos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição em compartilhar informações	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto

Critérios de Avaliação de fornecedores		Desempenho do fornecedor F5					
Competências sustentáveis do fornecedor	Custo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Forma de pagamento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Prazo de entrega	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Qualidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Produção de Poluição	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Sistema de gerenciamento ambiental	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Uso de materiais sustentáveis	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Logística reversa	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Práticas empregatícias	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Saúde e Segurança	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Influência na comunidade local	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Influência contratual dos stakeholders	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Disposição em cooperar do fornecedor	Abertura a comunicação frequente e honesta	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Disposição para compromisso à longo prazo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Disposição para a realização de treinamentos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Disposição em compartilhar informações	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	

Critérios de Avaliação de fornecedores		Desempenho do fornecedor F6					
Competências sustentáveis do fornecedor	Custo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Forma de pagamento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Prazo de entrega	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Qualidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Produção de Poluição	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Sistema de gerenciamento ambiental	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Uso de materiais sustentáveis	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Logística reversa	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Práticas empregatícias	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Saúde e Segurança	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Influência na comunidade local	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Influência contratual dos stakeholders	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Disposição em cooperar do fornecedor	Abertura a comunicação frequente e honesta	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Disposição para compromisso à longo prazo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Disposição para a realização de treinamentos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Disposição em compartilhar informações	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	

Critérios de Avaliação de fornecedores		Desempenho do fornecedor F7					
Competências sustentáveis do fornecedor	Custo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Forma de pagamento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Prazo de entrega	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Qualidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Produção de Poluição	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Sistema de gerenciamento ambiental	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Uso de materiais sustentáveis	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Logística reversa	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Práticas empregatícias	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Saúde e Segurança	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Influência na comunidade local	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Influência contratual dos stakeholders	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Disposição em cooperar do fornecedor	Abertura a comunicação frequente e honesta	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Disposição para compromisso à longo prazo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Disposição para a realização de treinamentos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Disposição em compartilhar informações	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	

Critérios de Avaliação de fornecedores		Desempenho do fornecedor F8				
Competências sustentáveis do fornecedor	Custo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Forma de pagamento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Prazo de entrega	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Qualidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Produção de Poluição	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Sistema de gerenciamento ambiental	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Uso de materiais sustentáveis	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Logística reversa	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Práticas empregatícias	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Saúde e Segurança	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência na comunidade local	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência contratual dos stakeholders	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Disposição em cooperar do fornecedor	Abertura a comunicação frequente e honesta	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição para compromisso à longo prazo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição para a realização de treinamentos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição em compartilhar informações	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto

Critérios de Avaliação de fornecedores		Desempenho do fornecedor F9				
Competências sustentáveis do fornecedor	Custo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Forma de pagamento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Prazo de entrega	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Qualidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Produção de Poluição	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Sistema de gerenciamento ambiental	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Uso de materiais sustentáveis	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Logística reversa	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Práticas empregatícias	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Saúde e Segurança	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência na comunidade local	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência contratual dos stakeholders	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Disposição em cooperar do fornecedor	Abertura a comunicação frequente e honesta	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição para compromisso à longo prazo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição para a realização de treinamentos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição em compartilhar informações	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto

Critérios de Avaliação de fornecedores		Desempenho do fornecedor F10				
Competências sustentáveis do fornecedor	Custo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Forma de pagamento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Prazo de entrega	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Qualidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Produção de Poluição	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Sistema de gerenciamento ambiental	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Uso de materiais sustentáveis	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Logística reversa	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Práticas empregatícias	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Saúde e Segurança	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência na comunidade local	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Influência contratual dos stakeholders	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Disposição em cooperar do fornecedor	Abertura a comunicação frequente e honesta	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição de co-design e participação no desenvolvimento de novos produtos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição para compromisso à longo prazo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição para a realização de treinamentos	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	Disposição em compartilhar informações	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto

APÊNDICE B – PASSOS PARA O CÁLCULO DA RAZÃO DE CONSISTÊNCIA CR

Para calcular a razão de consistência de uma matriz de comparação composta por números *fuzzy*, basta calcular a razão de consistência de sua matriz defuzzificada (CSUTORA; BUCKLEY, 2001). Saaty (1990) desenvolveu o método para calcular o índice de consistência *CI* e a razão de consistência *CR*. No caso de uma matriz de comparação *fuzzy*, utiliza-se os seguintes procedimentos de cálculo, também utilizado por Lima Junior (2013):

1. Defuzzificar a matriz utilizando a seguinte abordagem de integração média gradual (KUTLU; EKMEKÇIOĞLU, 2012):

$$M_i = \frac{4 * m + l + u}{6}$$

2. Calcular vetor prioridade dos pesos da matriz de comparação defuzzificada utilizando o média geométrica. Sendo a primeira etapa o cálculo o produto P_i de todos os elementos A_{ij} :

$$P_i = \prod_{j=1}^n A_{ij}$$

3. Calcular a raiz n-ésima do resultado de cada linha:

$$R_i = \sqrt[n]{P_i}$$

4. Normalizar os resultados em uma escala de 0 a 1:

$$w_i = \frac{R_i}{\sum R_i}$$

5. Calcular os autovalores dos critérios:

$$\vartheta_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_j a_{ij}}{w_i}$$

6. Calcular o autovalor principal:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \vartheta_i}{n}$$

7. Calcular o índice de consistência:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)}$$

8. Calcular a razão de consistência:

$$CR = \frac{CI}{RI_n}$$

em que o valor de RI_n é obtido pela Tabela A1:

Tabela A1 – Matriz de comparação agregada dos subcritérios econômicos

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI_n	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Adaptado Lima Junior, 2013

Para exemplificar o procedimento de cálculos de CR , abaixo é mostrado a matriz de comparação pareada agregada dos subcritérios econômicos.

Tabela A2 – Matriz de comparação agregada dos subcritérios econômicos

	C_1	C_2	C_3	C_4
C1	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,17, 1,67, 2,17)	(1,17, 1,50, 2,00)	(1,00, 1,00, 1,00)
C2	(0,46, 0,60, 0,86)	(1,00, 1,00, 1,00)	(0,58, 0,83, 0,89)	(0,47, 0,61, 0,89)
C3	(0,50, 0,67, 0,86)	(1,13, 1,20, 1,73)	(1,00, 1,00, 1,00)	(0,58, 0,83, 0,89)
C4	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,13, 1,64, 2,14)	(1,13, 1,20, 1,73)	(1,00, 1,00, 1,00)

Fonte: Do autor, 2019

O primeiro termo da matriz é defuzzificado para exemplificar:

$$M_i = \frac{4 * 1,00 + 1,00 + 1,00}{6} = 1,00$$

Para facilitar os cálculos de P_i , R_i , W_i e ϑ_i , monta-se a Tabela A3:

Tabela A3 – Auxílio no cálculo de *CR*

	C₁	C₂	C₃	C₄	P_i	R_i	W_i	mult	ϑ_i
C₁	1,00	1,67	1,53	1,00	2,55	1,26	0,31	1,24	4,04
C₂	0,62	1,00	0,80	0,63	0,31	0,75	0,18	0,73	4,03
C₃	0,67	1,28	1,00	0,80	0,68	0,91	0,22	0,89	4,04
C₄	1,00	1,64	1,28	1,00	2,09	1,20	0,29	1,18	4,04

Fonte: Do autor, 2019

O valor do autovalor principal é calculado:

$$\lambda_{max} = \frac{(4,04 + 4,03 + 4,04 + 4,04)}{4} = 4,04$$

O índice de consistência é calculado:

$$CI = \frac{(4,04 - 4)}{(4 - 1)} = 0,01$$

Por fim, o valor da razão de consistência é obtida:

$$CR = \frac{0,01}{0,90} = 0,01$$

APÊNDICE C – CORRELAÇÃO LINEAR DE POSTOS

Segundo Costa Neto (2002), quando se têm elementos organizados segundo suas classificações ordinais, ou seja, através de seus postos, e é desejado estudar a correlação entre essas classificações, utiliza-se o coeficiente de correlação entre os postos (r_s), também conhecido como *coeficiente de correlação de Spearman*, mostrado na equação a seguir:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

em que d_i representa a diferença a diferença entre os postos de cada elemento segundo cada classificação e n é o tamanho da amostra.

O cálculo do coeficiente de correlação com base nos postos pode ser utilizado como alternativa ao cálculo com base nos valores de duas variáveis quantitativas por uma questão de facilidade. O valor de r_s está entre +1 e -1, fornecendo uma ideia do grau e do sinal da correlação, se esse valor for zero, não existe correlação entre os dados.

A seguir são mostradas as tabelas utilizadas para os cálculos dos coeficientes de correlação de *Spearman*: da ordenação dos pesos dos subcritérios das “competências sustentáveis do fornecedor” (Tabela A4), da ordenação dos critérios da “disposição em cooperar do fornecedor” (Tabela A5) e do *ranking* dos fornecedores (Tabela A6).

Tabela A4 – Cálculo do coeficiente de *Spearman* da ordenação dos pesos dos subcritérios das “competências sustentáveis do fornecedor”

Critérios	Postos da média geométrica	Postos do <i>extent analysis</i>	d_i	d_i^2
C1	3	2	1,0	1,0
C2	12	11	1,0	1,0
C3	8	7	1,0	1,0
C4	5	5	0,0	0,0
C5	1	1	0,0	0,0
C6	7	9	-2,0	4,0
C7	11	12	-1,0	1,0
C8	6	4	2,0	4,0
C9	4	6	-2,0	4,0
C10	2	3	-1,0	1,0
C11	10	10	0,0	0,0
C12	9	8	1,0	1,0
			0,0	18,0

Fonte: Do autor, 2019

$$r_s = 1 - \frac{6 * 18}{12(12^2 - 1)} = 0,94$$

Tabela A5 – Cálculo do coeficiente de *Spearman* da ordenação dos pesos dos critérios da “disposição em cooperar do fornecedor”

Critérios	Postos da média geométrica	Postos do <i>extent analysis</i>	d_i	d_i^2
D1	3	3	0,0	0,0
D2	1	1	0,0	0,0
D3	4	5	-1,0	1,0
D4	2	2	0,0	0,0
D5	5	4	1,0	1,0
D6	6	6	0,0	0,0
			0,0	2,0

Fonte: Do autor, 2019

$$r_s = 1 - \frac{6 * 2,0}{6(6^2 - 1)} = 0,94$$

Tabela A6 – Cálculo do coeficiente de *Spearman* do *ranking* de ordenação dos fornecedores

Critérios	Postos da média geométrica	Postos do <i>extent</i> <i>analysis</i>	d_i	d_i^2
F1	1	1	0,0	0,0
F2	3	3	0,0	0,0
F3	2	2	0,0	0,0
F4	4	5	-1,0	1,0
F5	5	4	1,0	1,0
F6	8	8	0,0	0,0
F7	6	6	0,0	0,0
F8	9	10	-1,0	1,0
F9	7	7	0,0	0,0
F10	10	9	1,0	1,0
			0,0	4,0

Fonte: Do autor, 2019

$$r_s = 1 - \frac{6 * 4,0}{10(10^2 - 1)} = 0,98$$

O valor do coeficiente de correlação linear de assume valores entre -1 e 1. Se for igual a 1, significa uma correlação perfeita positiva entre duas variáveis. Se for igual a -1, significa correlação negativa perfeita. E se for igual a zero, significa que não existe dependência linear entre as variáveis. Os valores intermediários podem ser interpretados da seguinte maneira: 0,9 (negativo ou positivo) significa correlação muito forte; 0,7 a 0,9 significa correlação forte; 0,5 a 0,7 significa correlação moderada; 0,3 a 0,5, correlação fraca; 0 a 0,3, correlação desprezível.

APÊNDICE D – ADICIONANDO CRITÉRIOS FUZZY AHP, MÉTODO DA MÉDIA GEOMÉTRICA

Tabela A7 – Teste da adição de critério nas “competências sustentáveis do fornecedor”

FUZZY AHP		Teste 1		Teste 2		Teste 3		Teste 4	
Método da média geométrica		C1 adicionado		C2 adicionado		C3 adicionado		C4 adicionado	
Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos
C5	0,1055	C5	0,1055	C5	0,1055	C5	0,1055	C5	0,1055
C10	0,1030	C10	0,1030	C10	0,1030	C10	0,1030	C10	0,1030
C1	0,1016	C9	0,0989	C9	0,0989	C9	0,0989	C9	0,0989
C9	0,0989	C8	0,0901	C8	0,0901	C8	0,0901	C8	0,0901
C4	0,0975	C13	0,0776	C1	0,0856	C1	0,0850	C1	0,0778
C8	0,0901	C1	0,0776	C4	0,0826	C4	0,0799	C6	0,0766
C6	0,0766	C6	0,0766	C6	0,0766	C6	0,0766	C4	0,0753
C3	0,0736	C4	0,0751	C12	0,0690	C12	0,0690	C13	0,0753
C12	0,0690	C12	0,0690	C3	0,0634	C11	0,0624	C12	0,0690
C11	0,0624	C11	0,0624	C11	0,0624	C7	0,0612	C11	0,0624
C7	0,0612	C7	0,0612	C7	0,0612	C3	0,0598	C7	0,0612
C2	0,0607	C3	0,0557	C2	0,0509	C13	0,0598	C3	0,0572
		C2	0,0473	C13	0,0509	C2	0,0489	C2	0,0476
FUZZY AHP		Teste 5		Teste 6		Teste 7		Teste 8	
Método da média geométrica		C5 adicionado		C6 adicionado		C7 adicionado		C8 adicionado	
Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos
C5	0,1055	C10	0,1030	C10	0,1030	C10	0,1030	C10	0,1030
C10	0,1030	C1	0,1016	C1	0,1016	C1	0,1016	C1	0,1016
C1	0,1016	C9	0,0989	C9	0,0989	C9	0,0989	C9	0,0989
C9	0,0989	C4	0,0975	C4	0,0975	C4	0,0975	C4	0,0975
C4	0,0975	C5	0,0798	C5	0,0875	C5	0,0899	C5	0,0813
C8	0,0901	C13	0,0798	C3	0,0736	C8	0,0783	C3	0,0736
C6	0,0766	C3	0,0736	C8	0,0703	C3	0,0736	C8	0,0708
C3	0,0736	C8	0,0698	C12	0,0690	C12	0,0690	C13	0,0708
C12	0,0690	C12	0,0690	C11	0,0624	C6	0,0628	C12	0,0690
C11	0,0624	C11	0,0624	C6	0,0622	C11	0,0624	C6	0,0630
C7	0,0612	C2	0,0607	C13	0,0622	C2	0,0607	C11	0,0624
C2	0,0607	C6	0,0576	C2	0,0607	C7	0,0512	C2	0,0607
		C7	0,0464	C7	0,0512	C13	0,0512	C7	0,0474
FUZZY AHP		Teste 9		Teste 10		Teste 11		Teste 12	
Método da média geométrica		C9 adicionado		C10 adicionado		C11 adicionado		C12 adicionado	
Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos
C5	0,1055	C5	0,1055	C5	0,1055	C5	0,1055	C5	0,1055
C10	0,1030	C1	0,1016	C1	0,1016	C1	0,1016	C1	0,1016
C1	0,1016	C4	0,0975	C4	0,0975	C4	0,0975	C4	0,0975
C9	0,0989	C8	0,0901	C8	0,0901	C8	0,0901	C10	0,0902
C4	0,0975	C10	0,0788	C10	0,0780	C9	0,0848	C8	0,0901
C8	0,0901	C6	0,0766	C13	0,0780	C10	0,0840	C9	0,0798
C6	0,0766	C9	0,0758	C9	0,0771	C6	0,0766	C6	0,0766
C3	0,0736	C13	0,0758	C6	0,0766	C3	0,0736	C3	0,0736
C12	0,0690	C3	0,0736	C3	0,0736	C7	0,0612	C7	0,0612
C11	0,0624	C7	0,0612	C7	0,0612	C2	0,0607	C2	0,0607
C7	0,0612	C2	0,0607	C2	0,0607	C12	0,0601	C12	0,0565
C2	0,0607	C12	0,0551	C12	0,0501	C11	0,0522	C13	0,0565
		C11	0,0478	C11	0,0500	C13	0,0522	C11	0,0503

Fonte: Do autor, 2019

Tabela A8 – Teste da adição de critério na “disposição em cooperar do fornecedor”

<i>FUZZY AHP</i> Método da média geométrica		Teste 1		Teste 2		Teste 3		Teste 4		Teste 5		Teste 6	
		D1 adicionado		D2 adicionado		D3 adicionado		D4 adicionado		D5 adicionado		D6 adicionado	
Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos
D2	0,20	D2	0,1656	D2	0,1681	D1	0,1750	D2	0,1683	D2	0,1861	D2	0,1860
D4	0,19	D4	0,1636	D7	0,1681	D2	0,1738	D4	0,1622	D4	0,1696	D1	0,1691
D1	0,19	D1	0,1622	D1	0,1663	D4	0,1720	D7	0,1622	D1	0,1626	D4	0,1686
D3	0,15	D7	0,1622	D4	0,1626	D3	0,1284	D1	0,1613	D3	0,1380	D5	0,1367
D5	0,14	D5	0,1236	D3	0,1255	D7	0,1284	D3	0,1236	D5	0,1234	D3	0,1280
D6	0,12	D3	0,1205	D5	0,1125	D5	0,1165	D5	0,1192	D7	0,1234	D6	0,1058
		D6	0,1024	D6	0,0969	D6	0,1061	D6	0,1033	D6	0,0969	D7	0,1058

Fonte: Do autor, 2019

APÊNDICE E – ADICIONANDO CRITÉRIOS *FUZZY AHP*, *EXTENT ANALYSIS METHOD*

Tabela A9 – Teste da adição de critério nas “competências sustentáveis do fornecedor”

<i>FUZZY AHP</i> <i>Extent analysis method</i>		Teste 1		Teste 2		Teste 3		Teste 4	
		C1 adicionado		C2 adicionado		C3 adicionado		C4 adicionado	
Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos
C5	0,1452	C5	0,1452	C5	0,1452	C5	0,1452	C5	0,1452
C1	0,1247	C10	0,1207	C10	0,1207	C10	0,1207	C10	0,1207
C10	0,1207	C8	0,1138	C8	0,1138	C8	0,1138	C8	0,1138
C8	0,1138	C9	0,1077	C1	0,1100	C1	0,1104	C9	0,1077
C4	0,1133	C1	0,0921	C9	0,1077	C9	0,1077	C1	0,0939
C9	0,1077	C13	0,0921	C4	0,1026	C4	0,0961	C4	0,0856
C3	0,0659	C4	0,0841	C3	0,0651	C12	0,0630	C13	0,0856
C12	0,0630	C12	0,0630	C12	0,0630	C6	0,0593	C12	0,0630
C6	0,0593	C6	0,0593	C6	0,0593	C3	0,0526	C6	0,0593
C11	0,0419	C3	0,0446	C11	0,0419	C13	0,0526	C3	0,0476
C2	0,0295	C11	0,0419	C2	0,0278	C11	0,0419	C11	0,0419
C7	0,0151	C2	0,0203	C13	0,0278	C2	0,0217	C2	0,0206
		C7	0,0151	C7	0,0151	C7	0,0151	C7	0,0151
<i>FUZZY AHP</i> <i>Extent analysis method</i>		Teste 5		Teste 6		Teste 7		Teste 8	
		C5 adicionado		C6 adicionado		C7 adicionado		C8 adicionado	
Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos
C5	0,1452	C1	0,1247	C5	0,1374	C5	0,1360	C1	0,1247
C1	0,1247	C10	0,1207	C1	0,1247	C1	0,1247	C10	0,1207
C10	0,1207	C4	0,1133	C10	0,1207	C10	0,1207	C4	0,1133
C8	0,1138	C9	0,1077	C4	0,1133	C8	0,1145	C9	0,1077
C4	0,1133	C13	0,1022	C9	0,1077	C4	0,1133	C5	0,1061
C9	0,1077	C5	0,1022	C8	0,0907	C9	0,1077	C8	0,0843
C3	0,0659	C8	0,0819	C3	0,0659	C3	0,0659	C13	0,0843
C12	0,0630	C3	0,0659	C12	0,0630	C12	0,0630	C3	0,0659
C6	0,0593	C12	0,0630	C6	0,0469	C6	0,0541	C12	0,0630
C11	0,0419	C11	0,0419	C13	0,0469	C11	0,0419	C6	0,0502
C2	0,0295	C6	0,0391	C11	0,0419	C2	0,0295	C11	0,0419
C7	0,0151	C2	0,0295	C2	0,0295	C7	0,0144	C2	0,0295
		C7	0,0080	C7	0,0114	C13	0,0144	C7	0,0086
<i>FUZZY AHP</i> <i>Extent analysis method</i>		Teste 9		Teste 10		Teste 11		Teste 12	
		C9 adicionado		C10 adicionado		C11 adicionado		C12 adicionado	
Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos
C5	0,1452	C5	0,1452	C5	0,1452	C5	0,1452	C5	0,1452
C1	0,1247	C1	0,1247	C1	0,1247	C1	0,1247	C1	0,1247
C10	0,1207	C8	0,1138	C8	0,1138	C8	0,1138	C10	0,1189
C8	0,1138	C4	0,1133	C4	0,1133	C4	0,1133	C8	0,1138
C4	0,1133	C10	0,0896	C10	0,0892	C10	0,1003	C4	0,1133
C9	0,1077	C9	0,0809	C13	0,0892	C9	0,0976	C9	0,0932
C3	0,0659	C13	0,0809	C9	0,0810	C3	0,0659	C3	0,0659
C12	0,0630	C3	0,0659	C3	0,0659	C12	0,0644	C6	0,0593
C6	0,0593	C6	0,0593	C6	0,0593	C6	0,0593	C12	0,0459
C11	0,0419	C12	0,0507	C12	0,0398	C11	0,0355	C13	0,0459
C2	0,0295	C11	0,0313	C11	0,0342	C13	0,0355	C2	0,0295
C7	0,0151	C2	0,0295	C2	0,0295	C2	0,0295	C11	0,0295
		C7	0,0151	C7	0,0151	C7	0,0151	C7	0,0151

Tabela A10 – Teste da adição de critério na “disposição em cooperar do fornecedor”

<i>FUZZY AHP</i> <i>Extent analysis</i> <i>method</i>		Teste 1		Teste 2		Teste 3		Teste 4		Teste 5		Teste 6	
		D1 adicionado		D2 adicionado		D3 adicionado		D4 adicionado		D5 adicionado		D6 adicionado	
Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos	Ordem	Pesos
D2	0,2678	D2	0,2087	D2	0,2131	D2	0,2230	D2	0,2145	D2	0,2682	D2	0,2759
D4	0,2231	D4	0,1819	D7	0,2131	D1	0,2102	D4	0,1809	D4	0,2032	D4	0,2107
D1	0,2222	D1	0,1806	D1	0,1873	D4	0,2045	D7	0,1809	D1	0,1843	D1	0,2097
D5	0,1337	D7	0,1806	D4	0,1800	D3	0,1134	D1	0,1803	D3	0,1449	D5	0,1753
D3	0,1310	D5	0,1175	D3	0,1069	D7	0,1134	D5	0,1055	D5	0,0997	D3	0,1058
D6	0,0222	D3	0,1001	D5	0,0900	D5	0,1017	D3	0,1055	D7	0,0997	D6	0,0113
		D6	0,0306	D6	0,0097	D6	0,0339	D6	0,0324	D6	0,0000	D7	0,0113

Fonte: Do autor, 2019

APÊNDICE F – PROBLEMA DO PESO NULO NO *FUZZY AHP, EXTENT ANALYSIS METHOD*

A Tabela A11 abaixo mostra a matriz de comparação pareada agregada da adição do critério (D_7) aos 6 critérios da dimensão “disposição em cooperar do fornecedor”.

Tabela A11 – Matriz de comparação pareada agregada da adição de um critério (D_7)”

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
D_1	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,17, 1,50)	(1,33, 1,67, 2,17)	(0,89, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,17)
D_2	(0,67, 0,86, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,17, 1,50)	(0,89, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,67)	(1,00, 1,67, 2,00)	(1,67, 2,00, 2,33)
D_3	(0,46, 0,60, 0,75)	(0,67, 0,86, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(0,50, 0,67, 1,00)	(0,67, 1,00, 1,22)	(1,00, 1,22, 1,67)	(1,22, 1,67, 2,00)
D_4	(1,00, 1,00, 1,13)	(1,00, 1,00, 1,13)	(1,00, 1,50, 2,00)	(1,00, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,17)	(1,00, 1,17, 1,33)	(1,17, 1,33, 1,67)
D_5	(0,86, 1,00, 1,00)	(0,43, 0,50, 0,60)	(0,50, 0,60, 0,82)	(0,60, 0,75, 0,86)	(0,75, 0,86, 1,00)	(0,86, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)
D_6	(0,60, 0,75, 0,86)	(0,40, 0,50, 0,67)	(1,00, 1,00, 1,00)	(0,60, 0,75, 1,00)	(0,75, 1,00, 0,40)	(1,00, 0,40, 0,50)	(0,40, 0,50, 0,67)
D_7	(0,86, 1,00, 1,00)	(0,43, 0,50, 0,60)	(0,50, 0,60, 0,82)	(0,60, 0,75, 0,86)	(0,75, 0,86, 1,00)	(0,86, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00)

Fonte: Do Autor, 2019

Os valores das medidas sintéticas da matriz de comparação são:

$$\tilde{S}_{D_1} = (7,39, 8,17, 9,67) \otimes \left(\frac{1}{61,74}, \frac{1}{52,85}, \frac{1}{45,36} \right) = (0,12, 0,15, 0,21)$$

$$\tilde{S}_{D_2} = (8,39, 10,02, 11,67) \otimes \left(\frac{1}{61,74}, \frac{1}{52,85}, \frac{1}{45,36} \right) = (0,14, 0,19, 0,26)$$

$$\tilde{S}_{D_3} = (6,07, 7,46, 8,75) \otimes \left(\frac{1}{61,74}, \frac{1}{52,85}, \frac{1}{45,36} \right) = (0,10, 0,14, 0,19)$$

$$\tilde{S}_{D_4} = (7,33, 8,50, 10,25) \otimes \left(\frac{1}{61,74}, \frac{1}{52,85}, \frac{1}{45,36} \right) = (0,12, 0,16, 0,23)$$

$$\tilde{S}_{D_5} = (5,89, 6,85, 7,78) \otimes \left(\frac{1}{61,74}, \frac{1}{52,85}, \frac{1}{45,36} \right) = (0,10, 0,13, 0,17)$$

$$\tilde{S}_{D_6} = (4,40, 5,00, 5,86) \otimes \left(\frac{1}{61,74}, \frac{1}{52,85}, \frac{1}{45,36} \right) = (0,07, 0,09, 0,13)$$

$$S_{D_7} = (5,89, 6,85, 7,78) \otimes \left(\frac{1}{61,74}, \frac{1}{52,85}, \frac{1}{45,36} \right) = (0,10, 0,13, 0,17)$$

Os graus de possibilidades dos critérios são dados por:

$$V(\tilde{S}_{D_1} \geq \tilde{S}_{D_2}) = 0,69$$

$$V(\tilde{S}_{D_1} \geq \tilde{S}_{D_3}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_1} \geq \tilde{S}_{D_4}) = 0,94$$

$$V(\tilde{S}_{D_1} \geq \tilde{S}_{D_5}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_1} \geq \tilde{S}_{D_6}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_1} \geq \tilde{S}_{D_7}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_2} \geq \tilde{S}_{D_1}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_2} \geq \tilde{S}_{D_3}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_2} \geq \tilde{S}_{D_4}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_2} \geq \tilde{S}_{D_5}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_2} \geq \tilde{S}_{D_6}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_2} \geq \tilde{S}_{D_7}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_3} \geq \tilde{S}_{D_1}) = 0,85$$

$$V(\tilde{S}_{D_3} \geq \tilde{S}_{D_2}) = 0,54$$

$$V(\tilde{S}_{D_3} \geq \tilde{S}_{D_4}) = 0,79$$

$$V(\tilde{S}_{D_3} \geq \tilde{S}_{D_5}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_3} \geq \tilde{S}_{D_6}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_3} \geq \tilde{S}_{D_7}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_4} \geq \tilde{S}_{D_1}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_4} \geq \tilde{S}_{D_2}) = 0,76$$

$$V(\tilde{S}_{D_4} \geq \tilde{S}_{D_3}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_4} \geq \tilde{S}_{D_5}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_4} \geq \tilde{S}_{D_6}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_4} \geq \tilde{S}_{D_7}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_5} \geq \tilde{S}_{D_1}) = 0,68$$

$$V(\tilde{S}_{D_5} \geq \tilde{S}_{D_2}) = 0,37$$

$$V(\tilde{S}_{D_5} \geq \tilde{S}_{D_3}) = 0,86$$

$$V(\tilde{S}_{D_5} \geq \tilde{S}_{D_4}) = 0,63$$

$$V(\tilde{S}_{D_5} \geq \tilde{S}_{D_6}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_5} \geq \tilde{S}_{D_7}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_6} \geq \tilde{S}_{D_1}) = 0,14$$

$$V(\tilde{S}_{D_6} \geq \tilde{S}_{D_2}) = 0,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_6} \geq \tilde{S}_{D_3}) = 0,40$$

$$V(\tilde{S}_{D_6} \geq \tilde{S}_{D_4}) = 0,14$$

$$V(\tilde{S}_{D_6} \geq \tilde{S}_{D_5}) = 0,49$$

$$V(\tilde{S}_{D_6} \geq \tilde{S}_{D_7}) = 0,49$$

$$V(\tilde{S}_{D_7} \geq \tilde{S}_{D_1}) = 0,68$$

$$V(\tilde{S}_{D_7} \geq \tilde{S}_{D_2}) = 0,37$$

$$V(\tilde{S}_{D_7} \geq \tilde{S}_{D_3}) = 0,86$$

$$V(\tilde{S}_{D_7} \geq \tilde{S}_{D_4}) = 0,63$$

$$V(\tilde{S}_{D_7} \geq \tilde{S}_{D_5}) = 1,00$$

$$V(\tilde{S}_{D_7} \geq \tilde{S}_{D_6}) = 1,00$$

Sendo assim, o vetor peso W' é dado por:

$$d'(D_1) = \text{MIN } V(\tilde{S}_{D_1} \geq \tilde{S}_{D_2}, \tilde{S}_{D_3}, \tilde{S}_{D_4}, \tilde{S}_{D_5}, \tilde{S}_{D_6}, \tilde{S}_{D_7}) = \min(0,69, 1,00, 0,94, 1,00, 1,00, 1,00) \\ = 0,69$$

$$d'(D_2) = 1,00$$

$$d'(D_3) = 0,54$$

$$d'(D_4) = 0,76$$

$$d'(D_5) = 0,37$$

$$d'(D_6) = 0,00$$

$$d'(D_7) = 0,37$$

$$W' = (0,69; 1,00; 0,54; 0,76; 0,37; 0,00; 0,37)$$

Após a normalização, peso é:

$$W = (0,18; 0,27; 0,14; 0,20; 0,10; 0,00; 0,10)$$

Esse vetor mostra que o critério D_6 teve peso nulo, o que não corresponde ao julgamento comparativo, sendo assim um efeito indesejável do *extent analysis method*.

APÊNDICE G – EXCLUINDO CRITÉRIOS NA ABORDAGEM FUZZY AHP, MÉTODO DA MÉDIA GEOMÉTRICA

Tabela A12 – Teste da exclusão de critério nas “competências sustentáveis do fornecedor”

Resultado (método da média geométrica)		Teste 1			Teste 2			Teste 3		
Critérios de Segmentação		C1 ausente			C2 ausente			C3 ausente		
Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	
C5	0,1055	C4	0,1398	C1	0,1258	C1	0,1267	C1	0,1267	
C10	0,1030	C3	0,1083	C4	0,1200	C4	0,1259	C4	0,1259	
C1	0,1016	C5	0,1055	C5	0,1055	C5	0,1055	C5	0,1055	
C9	0,0989	C10	0,1030	C10	0,1030	C10	0,1030	C10	0,1030	
C4	0,0975	C9	0,0989	C9	0,0989	C9	0,0989	C9	0,0989	
C8	0,0901	C8	0,0901	C8	0,0901	C8	0,0901	C8	0,0901	
C6	0,0766	C2	0,0853	C3	0,0876	C2	0,0807	C2	0,0807	
C3	0,0736	C6	0,0766	C6	0,0766	C6	0,0766	C6	0,0766	
C12	0,0690	C12	0,0690	C12	0,0690	C12	0,0690	C12	0,0690	
C11	0,0624	C11	0,0624	C11	0,0624	C11	0,0624	C11	0,0624	
C7	0,0612	C7	0,0612	C7	0,0612	C7	0,0612	C7	0,0612	
C2	0,0607	C1	0,0000	C2	0,0000	C3	0,0000	C3	0,0000	
Desempenho dos Fornecedores										
Ranking		Ranking			Ranking			Ranking		
F1	0,0822	F1	0,0918	F1	0,0884	F1	0,0881	F1	0,0881	
F3	0,0805	F3	0,0884	F3	0,0860	F3	0,0871	F3	0,0871	
F2	0,0758	F2	0,0847	F7	0,0811	F7	0,0818	F7	0,0818	
F7	0,0756	F7	0,0825	F2	0,0806	F2	0,0812	F2	0,0812	
F5	0,0701	F5	0,0782	F5	0,0747	F5	0,0759	F5	0,0759	
F8	0,0697	F8	0,0771	F8	0,0736	F9	0,0748	F9	0,0748	
F9	0,0695	F9	0,0759	F9	0,0733	F8	0,0743	F8	0,0743	
F4	0,0669	F4	0,0753	F6	0,0705	F4	0,0728	F4	0,0728	
F6	0,0663	F10	0,0750	F4	0,0704	F6	0,0708	F6	0,0708	
F10	0,0663	F6	0,0740	F10	0,0693	F10	0,0702	F10	0,0702	
Matriz de Segmentação de Fornecedores										
Segmentos		Segmentos			Segmentos			Segmentos		
tipo 1	5	tipo 1	5	tipo 1	5	tipo 1	5	tipo 1	5	
tipo 2	1	tipo 2	1	tipo 2	1	tipo 2	1	tipo 2	1	
tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	
tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	

Continua

Teste 4		Teste 5		Teste 6		Teste 7		Teste 8	
C4 ausente		C5 ausente		C6 ausente		C7 ausente		C8 ausente	
Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso
C1	0,1464	C8	0,1284	C5	0,1324	C5	0,1281	C5	0,1497
C5	0,1055	C6	0,1148	C8	0,1253	C8	0,1063	C10	0,1030
C3	0,1031	C10	0,1030	C10	0,1030	C10	0,1030	C1	0,1016
C10	0,1030	C1	0,1016	C1	0,1016	C1	0,1016	C9	0,0989
C9	0,0989	C9	0,0989	C9	0,0989	C6	0,0989	C6	0,0976
C8	0,0901	C4	0,0975	C4	0,0975	C9	0,0989	C4	0,0975
C2	0,0838	C7	0,0902	C7	0,0757	C4	0,0975	C7	0,0860
C6	0,0766	C3	0,0736	C3	0,0736	C3	0,0736	C3	0,0736
C12	0,0690	C12	0,0690	C12	0,0690	C12	0,0690	C12	0,0690
C11	0,0624	C11	0,0624	C11	0,0624	C11	0,0624	C11	0,0624
C7	0,0612	C2	0,0607	C2	0,0607	C2	0,0607	C2	0,0607
C4	0,0000	C5	0,0000	C6	0,0000	C7	0,0000	C8	0,0000

Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC
F1	0,0886	F1	0,0890	F1	0,0897	F1	0,0886	F1	0,0898
F3	0,0875	F3	0,0871	F3	0,0876	F3	0,0872	F3	0,0872
F2	0,0823	F2	0,0816	F7	0,0834	F7	0,0823	F2	0,0840
F7	0,0821	F7	0,0806	F2	0,0826	F2	0,0807	F7	0,0814
F8	0,0774	F5	0,0771	F5	0,0755	F5	0,0749	F8	0,0769
F9	0,0774	F8	0,0762	F8	0,0755	F8	0,0747	F5	0,0767
F5	0,0750	F9	0,0757	F9	0,0747	F9	0,0739	F9	0,0764
F10	0,0730	F10	0,0731	F6	0,0722	F4	0,0720	F4	0,0740
F6	0,0721	F4	0,0722	F10	0,0719	F6	0,0709	F6	0,0733
F4	0,0715	F6	0,0715	F4	0,0718	F10	0,0707	F10	0,0718

Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade
tipo 1	5	tipo 1	5	tipo 1	5	tipo 1	5	tipo 1	5
tipo 2	1	tipo 2	1	tipo 2	1	tipo 2	1	tipo 2	1
tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1
tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3

Teste 9		Teste 10		Teste 11		Teste 12	
C9 ausente		C10 ausente		C11 ausente		C12 ausente	
Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso
C10	0,1495	C9	0,1395	C10	0,1343	C9	0,1311
C5	0,1055	C12	0,1096	C9	0,1185	C10	0,1193
C1	0,1016	C5	0,1055	C5	0,1055	C5	0,1055
C4	0,0975	C1	0,1016	C1	0,1016	C1	0,1016
C12	0,0934	C4	0,0975	C4	0,0975	C4	0,0975
C11	0,0904	C8	0,0901	C8	0,0901	C8	0,0901
C8	0,0901	C11	0,0843	C12	0,0805	C11	0,0829
C6	0,0766	C6	0,0766	C6	0,0766	C6	0,0766
C3	0,0736	C3	0,0736	C3	0,0736	C3	0,0736
C7	0,0612	C7	0,0612	C7	0,0612	C7	0,0612
C2	0,0607	C2	0,0607	C2	0,0607	C2	0,0607
C9	0,0000	C10	0,0000	C11	0,0000	C12	0,0000

Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC
F1	0,0889	F1	0,0885	F1	0,0890	F1	0,0890
F3	0,0868	F3	0,0862	F3	0,0872	F3	0,0874
F2	0,0828	F7	0,0808	F7	0,0833	F2	0,0817
F7	0,0803	F2	0,0803	F2	0,0823	F7	0,0816
F5	0,0751	F5	0,0742	F5	0,0770	F8	0,0762
F8	0,0742	F8	0,0740	F9	0,0763	F5	0,0757
F9	0,0740	F9	0,0739	F8	0,0760	F9	0,0753
F4	0,0721	F6	0,0728	F4	0,0726	F10	0,0741
F6	0,0705	F4	0,0717	F10	0,0714	F4	0,0722
F10	0,0704	F10	0,0693	F6	0,0713	F6	0,0714

Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade
tipo 1	5	tipo 1	5	tipo 1	5	tipo 1	5
tipo 2	1	tipo 2	1	tipo 2	1	tipo 2	1
tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1
tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3

Fonte: Do autor, 2019

Tabela A13 – Teste da exclusão de critério na “disposição em cooperar fornecedor”

Resultado (método da média geométrica)		Teste 1		Teste 2		Teste 3	
Critérios de Segmentação		D1 ausente		D2 ausente		D3 ausente	
Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso
D2	0,2034	D2	0,2622	D4	0,2414	D2	0,2454
D4	0,1940	D4	0,2382	D1	0,2325	D4	0,2226
D1	0,1936	D3	0,1917	D5	0,1910	D1	0,2160
D3	0,1483	D5	0,1666	D3	0,1820	D5	0,1814
D5	0,1420	D6	0,1412	D6	0,1532	D6	0,1346
D6	0,1187	D1	0,0000	D2	0,0000	D3	0,0000
Desempenho dos Fornecedores		Ranking		Ranking		Ranking	
Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC
F1	0,1606	F3	0,1936	F1	0,1889	F3	0,1905
F3	0,1598	F1	0,1930	F3	0,1879	F1	0,1900
F2	0,1402	F2	0,1747	F2	0,1601	F2	0,1638
F4	0,1329	F4	0,1591	F4	0,1573	F4	0,1601
F5	0,1294	F5	0,1585	F5	0,1516	F5	0,1495
F7	0,1234	F7	0,1445	F9	0,1462	F7	0,1457
F9	0,1232	F9	0,1437	F6	0,1435	F9	0,1421
F6	0,1218	F6	0,1379	F7	0,1362	F6	0,1403
F8	0,1103	F8	0,1293	F8	0,1319	F8	0,1366
F10	0,1091	F10	0,1245	F10	0,1249	F10	0,1262
Matriz de Segmentação de Fornecedores		Segmentos		Segmentos		Segmentos	
Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade
tipo 1	5	tipo 1	4	tipo 1	5	tipo 1	5
tipo 2	1	tipo 2	2	tipo 2	1	tipo 2	1
tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1
tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3
Resultado (método da média geométrica)		Teste 4		Teste 5		Teste 6	
Critérios de Segmentação		D4 ausente		D5 ausente		D6 ausente	
Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso
D2	0,2034	D2	0,2569	D1	0,2391	D1	0,2264
D4	0,1940	D1	0,2420	D4	0,2265	D2	0,2233
D1	0,1936	D3	0,1856	D2	0,2229	D3	0,1766
D3	0,1483	D5	0,1756	D3	0,1588	D4	0,2287
D5	0,1420	D6	0,1398	D6	0,1527	D5	0,1450
D6	0,1187	D4	0,0000	D5	0,0000	D6	0,0000
Desempenho dos Fornecedores		Ranking		Ranking		Ranking	
Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC
F1	0,1606	F1	0,1895	F1	0,1902	F1	0,1943
F3	0,1598	F3	0,1883	F3	0,1894	F3	0,1908
F2	0,1402	F2	0,1612	F2	0,1709	F2	0,1683
F4	0,1329	F4	0,1536	F6	0,1577	F5	0,1591
F5	0,1294	F7	0,1466	F4	0,1572	F4	0,1584
F7	0,1234	F5	0,1453	F5	0,1568	F7	0,1511
F9	0,1232	F9	0,1419	F7	0,1541	F9	0,1510
F6	0,1218	F6	0,1374	F9	0,1516	F6	0,1492
F8	0,1103	F10	0,1306	F10	0,1372	F10	0,1318
F10	0,1091	F8	0,1241	F8	0,1321	F8	0,1303
Matriz de Segmentação de Fornecedores		Segmentos		Segmentos		Segmentos	
Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade
tipo 1	5	tipo 1	5	tipo 1	6	tipo 1	5
tipo 2	1	tipo 2	1	tipo 2	0	tipo 2	1
tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1
tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	6	tipo 4	3

Fonte: Do autor, 2019

APÊNDICE H – EXCLUINDO CRITÉRIOS NA ABORDAGEM FUZZY AHP, EXTENT ANALYSIS METHOD

Tabela A14 – Teste da exclusão de critério nas “competências sustentáveis do fornecedor”

Resultado (extent analysis method)		Teste 1			Teste 2			Teste 3		
		C1 ausente			C2 ausente			C3 ausente		
Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	
C5	0,1452	C4	0,1719	C1	0,1661	C1	0,1499	C1	0,1499	
C1	0,1247	C5	0,1452	C5	0,1452	C4	0,1478	C4	0,1478	
C10	0,1207	C10	0,1207	C4	0,1353	C5	0,1452	C5	0,1452	
C8	0,1138	C8	0,1138	C10	0,1207	C10	0,1207	C10	0,1207	
C4	0,1133	C3	0,1127	C8	0,1138	C8	0,1138	C8	0,1138	
C9	0,1077	C9	0,1077	C9	0,1077	C9	0,1077	C9	0,1077	
C3	0,0659	C12	0,0630	C12	0,0630	C12	0,0630	C12	0,0630	
C12	0,0630	C6	0,0593	C6	0,0593	C6	0,0593	C6	0,0593	
C6	0,0593	C2	0,0487	C11	0,0419	C11	0,0419	C11	0,0419	
C11	0,0419	C11	0,0419	C3	0,0319	C2	0,0356	C2	0,0356	
C2	0,0295	C7	0,0151	C7	0,0151	C7	0,0151	C7	0,0151	
C7	0,0151	C1	0,0000	C2	0,0000	C3	0,0000	C3	0,0000	
Desempenho dos Fornecedores										
Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	
F1	0,0727	F1	0,0821	F1	0,0789	F1	0,0787	F1	0,0787	
F3	0,0704	F3	0,0776	F3	0,0769	F3	0,0772	F3	0,0772	
F7	0,0667	F7	0,0730	F7	0,0733	F7	0,0732	F7	0,0732	
F2	0,0636	F2	0,0716	F2	0,0687	F2	0,0688	F2	0,0688	
F5	0,0586	F5	0,0661	F5	0,0639	F5	0,0645	F5	0,0645	
F9	0,0574	F8	0,0630	F9	0,0622	F9	0,0624	F9	0,0624	
F8	0,0569	F4	0,0628	F8	0,0612	F8	0,0612	F8	0,0612	
F4	0,0552	F9	0,0623	F4	0,0598	F4	0,0609	F4	0,0609	
F6	0,0541	F10	0,0611	F6	0,0587	F6	0,0586	F6	0,0586	
F10	0,0535	F6	0,0607	F10	0,0567	F10	0,0571	F10	0,0571	
Matriz de Segmentação de Fornecedores										
Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	
tipo 1	6	tipo 1	6	tipo 1	6	tipo 1	6	tipo 1	6	
tipo 2	0	tipo 2	0	tipo 2	0	tipo 2	0	tipo 2	0	
tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	
tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	

Continua

Continuação

Teste 4			Teste 5			Teste 6			Teste 7			Teste 8		
C4 ausente			C5 ausente			C6 ausente			C7 ausente			C8 ausente		
Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	
C1	0,1891	C8	0,1720	C5	0,1627	C5	0,1911	C5	0,1911	C5	0,2402	C5	0,2402	
C5	0,1452	C1	0,1247	C8	0,1552	C1	0,1247	C1	0,1247	C1	0,1247	C1	0,1247	
C10	0,1207	C10	0,1207	C1	0,1247	C10	0,1207	C10	0,1207	C10	0,1207	C10	0,1207	
C8	0,1138	C4	0,1133	C10	0,1207	C4	0,1133	C4	0,1133	C4	0,1133	C4	0,1133	
C9	0,1077	C6	0,1088	C4	0,1133	C9	0,1077	C9	0,1077	C9	0,1077	C9	0,1077	
C3	0,1014	C9	0,1077	C9	0,1077	C8	0,0810	C6	0,0707	C6	0,0707	C6	0,0707	
C12	0,0630	C3	0,0659	C3	0,0659	C3	0,0659	C3	0,0659	C3	0,0659	C3	0,0659	
C6	0,0593	C12	0,0630	C12	0,0630	C12	0,0630	C12	0,0630	C12	0,0630	C12	0,0630	
C2	0,0428	C7	0,0525	C11	0,0419	C6	0,0419	C6	0,0419	C11	0,0419	C11	0,0419	
C11	0,0419	C11	0,0419	C2	0,0295	C2	0,0295	C2	0,0295	C2	0,0295	C2	0,0295	
C7	0,0151	C2	0,0295	C7	0,0154	C2	0,0295	C2	0,0295	C7	0,0224	C7	0,0224	
C4	0,0000	C5	0,0000	C6	0,0000	C7	0,0000	C7	0,0000	C8	0,0000	C8	0,0000	

Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC
F1	0,0770	F1	0,0791	F1	0,0793	F1	0,0793	F1	0,0860
F3	0,0753	F3	0,0771	F3	0,0768	F3	0,0766	F3	0,0808
F7	0,0716	F7	0,0713	F7	0,0738	F7	0,0730	F2	0,0774
F2	0,0681	F2	0,0686	F2	0,0691	F2	0,0696	F7	0,0761
F9	0,0635	F5	0,0656	F5	0,0631	F5	0,0635	F8	0,0691
F8	0,0628	F9	0,0633	F9	0,0617	F9	0,0626	F5	0,0685
F5	0,0611	F8	0,0633	F8	0,0614	F8	0,0619	F9	0,0675
F10	0,0582	F10	0,0603	F4	0,0592	F4	0,0605	F4	0,0658
F6	0,0580	F4	0,0600	F6	0,0588	F6	0,0593	F6	0,0640
F4	0,0573	F6	0,0586	F10	0,0581	F10	0,0577	F10	0,0620

Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade
tipo 1	6	tipo 1	6	tipo 1	6	tipo 1	6,0000	tipo 1	6
tipo 2	0	tipo 2	0	tipo 2	0	tipo 2	0,0000	tipo 2	0
tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1,0000	tipo 3	1
tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3,0000	tipo 4	3

Continua

Continuação

Teste 9			Teste 10			Teste 11			Teste 12		
C9 ausente			C10 ausente			C11 ausente			C12 ausente		
Ordem	Peso	Ranking	Ordem	Peso	Ranking	Ordem	Peso	Ranking	Ordem	Peso	Ranking
C10	0,1957	F1	C9	0,1701	F1	C10	0,1709	F1	C9	0,1502	F1
C5	0,1452	F3	C5	0,1452	F3	C5	0,1452	F3	C5	0,1452	F3
C1	0,1247	F7	C1	0,1247	F7	C1	0,1247	F7	C10	0,1311	F7
C8	0,1138	F2	C12	0,1202	F2	C9	0,1230	F2	C1	0,1247	F2
C4	0,1133	F5	C8	0,1138	F5	C8	0,1138	F5	C8	0,1138	F5
C12	0,0801	F8	C4	0,1133	F8	C4	0,1133	F8	C4	0,1133	F8
C3	0,0659	F6	C3	0,0659	F6	C3	0,0659	F6	C3	0,0659	F6
C6	0,0593	F9	C6	0,0593	F9	C6	0,0593	F9	C6	0,0593	F9
C11	0,0575	F4	C11	0,0431	F4	C12	0,0395	F4	C11	0,0521	F4
C2	0,0295	F10	C2	0,0295	F10	C2	0,0295	F10	C2	0,0295	F10
C7	0,0151	F3	C7	0,0151	F3	C7	0,0151	F3	C7	0,0151	F3
C9	0,0000	F6	C10	0,0000	F6	C10	0,0000	F6	C12	0,0000	F6
Ranking	CC	Quantidade	Ranking	CC	Quantidade	Ranking	CC	Quantidade	Ranking	CC	Quantidade
Fornecedor 1	0,0792	6	F1	0,0793	6	F1	0,0795	6	F1	0,0792	6
Fornecedor 3	0,0764	0	F3	0,0762	0	F3	0,0773	0	F3	0,0772	0
Fornecedor 7	0,0713	1	F7	0,0731	1	F7	0,0741	1	F7	0,0732	1
Fornecedor 2	0,0706	3	F2	0,0678	3	F2	0,0700	3	F2	0,0690	3
Fornecedor 5	0,0638	0	F5	0,0632	0	F5	0,0651	0	F5	0,0639	0
Fornecedor 9	0,0617	1	F9	0,0624	1	F9	0,0637	1	F8	0,0630	1
Fornecedor 8	0,0611	3	F8	0,0615	3	F8	0,0631	3	F9	0,0630	3
Fornecedor 4	0,0600	0	F6	0,0611	0	F4	0,0604	0	F10	0,0605	0
Fornecedor 10	0,0576	1	F4	0,0601	1	F10	0,0595	1	F4	0,0601	1
Fornecedor 6	0,0575	3	F10	0,0563	3	F6	0,0585	3	F6	0,0590	3
Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade
tipo 1	6	tipo 1	6	tipo 1	6	tipo 1	6	tipo 1	6	tipo 1	6
tipo 2	0	tipo 2	0	tipo 2	0	tipo 2	0	tipo 2	0	tipo 2	0
tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1
tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3

Fonte: Do Autor, 2019

Tabela A15 – Teste da exclusão de critério na “disposição em cooperar do fornecedor”

Resultado (extent analysis method)		Teste 1		Teste 2		Teste 3		Teste 4		Teste 5		Teste 6	
Critérios de Segmentação		D1 ausente		D2 ausente		D3 ausente		D4 ausente		D5 ausente		D6 ausente	
Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso
D2	0,2678	D2	0,3714	D4	0,2746	D2	0,3503	D2	0,3602	D1	0,2955	D2	0,2706
D4	0,2231	D4	0,2912	D1	0,2628	D4	0,2402	D1	0,2927	D2	0,2838	D4	0,2566
D1	0,2222	D3	0,1828	D5	0,2189	D1	0,2207	D5	0,1780	D4	0,2689	D1	0,2562
D5	0,1337	D5	0,1545	D3	0,1774	D5	0,1888	D3	0,1692	D3	0,0877	D3	0,1715
D3	0,1310	D1	0,0000	D6	0,0663	D3	0,0000	D4	0,0000	D6	0,0642	D5	0,0451
D6	0,0222	D6	0,0000	D2	0,0000	D6	0,0000	D6	0,0000	D5	0,0000	D6	0,0000
Desempenho dos Fornecedores													
Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC	Ranking	CC
F1	0,1476	F1	0,1791	F1	0,1728	F1	0,1802	F1	0,1761	F1	0,1766	F1	0,1778
F3	0,1454	F3	0,1779	F3	0,1700	F3	0,1780	F3	0,1720	F3	0,1741	F3	0,1741
F2	0,1254	F2	0,1601	F2	0,1402	F2	0,1516	F2	0,1441	F2	0,1537	F2	0,1537
F5	0,1148	F4	0,1439	F4	0,1362	F4	0,1422	F7	0,1359	F6	0,1419	F5	0,1421
F4	0,1148	F4	0,1373	F5	0,1340	F5	0,1375	F4	0,1331	F7	0,1416	F7	0,1394
F7	0,1116	F7	0,1325	F9	0,1289	F9	0,1366	F5	0,1282	F5	0,1403	F6	0,1381
F9	0,1086	F9	0,1267	F6	0,1249	F9	0,1283	F9	0,1259	F4	0,1389	F4	0,1371
F6	0,1074	F6	0,1207	F7	0,1189	F7	0,1257	F6	0,1219	F9	0,1356	F9	0,1356
F10	0,0936	F8	0,1084	F8	0,1122	F8	0,1180	F10	0,1142	F10	0,1197	F10	0,1174
F8	0,0934	F10	0,1062	F10	0,1050	F10	0,1114	F8	0,1044	F8	0,1163	F8	0,1118
Matriz de Segmentação de Fornecedores													
Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade	Segmentos	Quantidade
tipo 1	6	tipo 1	5	tipo 1	5	tipo 1	5	tipo 1	6	tipo 1	6	tipo 1	6
tipo 2	0	tipo 2	1	tipo 2	1	tipo 2	1	tipo 2	0	tipo 2	0	tipo 2	0
tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	1	tipo 3	0	tipo 3	1	tipo 3	1
tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	3	tipo 4	4	tipo 4	2	tipo 4	3

Fonte: Do autor, 2019