

Artigo Metodológico

Proposta de um Modelo *Hesitant Fuzzy Linguistic* TOPSIS para Segmentação de Fornecedores



A Hesitant Fuzzy Linguistic TOPSIS Model to Support Supplier Segmentation

William Viana Borges*¹ 
Francisco Rodrigues Lima Junior¹ 
Jurandir Peinado¹ 
Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti² 

RESUMO

Objetivo: este estudo propõe um modelo *hesitant fuzzy linguistic* TOPSIS para segmentação de fornecedores baseado em critérios econômicos, ambientais e sociais. **Proposta:** o modelo classifica os fornecedores em uma matriz de segmentação considerando suas capacidades e a disposição para colaborar. Foi implementado usando Microsoft Excel® e aplicado em uma usina hidrelétrica. Dois funcionários da empresa escolheram um conjunto de critérios de segmentação, atribuíram pesos a estes critérios e avaliaram o desempenho de alguns fornecedores. A aplicação-piloto permitiu analisar o desempenho de seis fornecedores e classificá-los de acordo com 28 critérios. Os resultados da classificação foram endossados pelos decisores envolvidos. **Conclusão:** o modelo apresenta resultados consistentes e pode auxiliar gestores na elaboração de programas de desenvolvimento visando a melhorar o desempenho econômico, ambiental e social dos fornecedores. Também é capaz de apoiar decisões em grupo sob incerteza e hesitação, habilita o uso de expressões linguísticas e não limita a quantidade de critérios e alternativas.

Palavras-chave: segmentação de fornecedores; *hesitant fuzzy linguistic* TOPSIS; decisão multicritério.

ABSTRACT

Objective: this study proposes a hesitant fuzzy linguistic TOPSIS model for supplier segmentation based on economic, environmental, and social criteria. **Proposal:** the model classifies suppliers in a segmentation matrix considering their capabilities and willingness to collaborate. It was implemented using Microsoft Excel® and applied to a hydropower plant. Two employees of the company chose a set of segmentation criteria, assigned weights to these criteria, and evaluated the performance of suppliers. In the pilot application, the performance of six suppliers was analyzed and ranked according to 28 criteria. The classification results were endorsed by the decision-makers involved. **Conclusion:** the model provides consistent results and can assist managers in designing development programs aimed at improving the economic, environmental, and social performance of suppliers. Additionally, it can support group decisions under uncertainty and hesitation, allows the use of linguistic expressions, and does not limit the amounts of criteria or alternatives.

Keywords: supplier segmentation, hesitant fuzzy linguistic TOPSIS, multicriteria decision-making.

* Autor Correspondente.

1. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Administração, Curitiba, PR, Brasil.
2. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Produção, São Carlos, SP, Brasil.

Como citar: Borges, W. V., Lima, F. R., Junior, Peinado, J., & Carpinetti, L. C. R. (2022). Proposta de um modelo hesitant fuzzy linguistic TOPSIS para segmentação de fornecedores. *Revista de Administração Contemporânea*, 26(6), e210133. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2022210133.por>

Publicado em Early Access: 10 de Dezembro, 2021.

Designado a essa edição: 06 de Junho, 2022.

de revisores convidados até a decisão:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1ª rodada									
2ª rodada									

Classificação JEL: C6, Q0.

Editor-chefe: Marcelo de Souza Bispo (Universidade Federal do Paraíba, PPGA, Brasil) 

Editor Associado: Fernando Luiz Emerenciano Viana (Universidade de Fortaleza, Brasil) 

Pareceristas: Nadya Regina Galo (Universidade Federal de Goiás, Brasil) 

Luciano Ferreira da Silva (Universidade Nove de Julho, Brasil) 

Relatório de Revisão por Pares: O Relatório de Revisão por Pares está disponível neste [link externo](#).

Recebido: 05/05/2021

Última versão recebida em: 09/09/2021

Aceite em: 13/09/2021

INTRODUÇÃO

Demandas por parte da sociedade, de agentes econômicos e das próprias organizações cada vez mais estimulam práticas sustentáveis de eficiência energética e hídrica, além do controle de emissões de carbono (Jharkharia & Das, 2019). Nesse contexto, surgiu o conceito de gestão de cadeias de suprimentos sustentáveis (*sustainable supply chain management* – SSCM), o qual considera que as organizações precisam se envolver em atividades que impactam não somente o desenvolvimento econômico, mas também o meio ambiente e a sociedade (Osiro, Lima, & Carpinetti, 2018).

Segundo Seuring e Muller (2008), o conceito de SSCM se refere ao “gerenciamento dos fluxos de material e informação, bem como a cooperação entre as organizações ao longo da cadeia de suprimentos, integrando os fatores de seleção ‘triple bottom line’ que incluem todas as três dimensões do desenvolvimento sustentável em consideração” (Seuring & Muller, 2008, p. 346). O termo *triple bottom line* (TBL) foi desenvolvido por Elkington (2000) como um método para a medição do desempenho da sustentabilidade. O TBL pode ser caracterizado como uma abordagem para gestão e avaliação de desempenho, que enfatiza a importância do desempenho econômico, ambiental e social.

Um dos principais processos da SSCM consiste na gestão de relacionamento com fornecedores, que define como uma empresa interage com os seus fornecedores (Lambert & Schwieterman, 2012). Bemelmans, Voordijk, Vos e Buter (2012) explicam que a SSCM requer que os fornecedores sejam classificados em categorias para concentrar a atenção naqueles mais importantes, definir as prioridades corretas e gerenciá-las de acordo com sua importância para os negócios.

Nesse contexto, uma prática que vêm sendo amplamente adotada pelas empresas é a segmentação de fornecedores. Essa prática é fundamental para o sucesso de programas de desenvolvimento de fornecedores, pois com o agrupamento dos fornecedores de acordo com suas características, podem ser criadas ações coordenadas visando a ganhos de eficiência (Lambert & Schwieterman, 2012). Day, Magnan e Moeller (2010) definem a segmentação de fornecedores como “um processo que envolve a divisão de fornecedores em grupos distintos, com diferentes necessidades, características ou comportamento, exigindo diferentes tipos de estruturas de relacionamento entre empresas, a fim de obter valor de troca” (Day, Magnan, & Moeller, 2010, p. 626). Uma ferramenta frequentemente utilizada nesse processo é chamada matriz de segmentação, composta por eixos que representam uma dimensão de desempenho considerada importante para o comprador (Santos, Osiro, & Lima, 2017). Para classificar

os fornecedores em cada dimensão, é necessário adotar um método de decisão que considere a contribuição de múltiplos critérios de desempenho e de seus pesos (Akman, 2015).

Nos últimos anos pôde ser observado um aumento expressivo na quantidade de aplicações de métodos de decisão multicritério nos processos de segmentação, seleção e desenvolvimento de fornecedores, conforme indicam diversos estudos de revisão sistemática sobre esses temas (Borges & Lima, 2020; Guarnieri, 2015; Pedroso, Tate, Silva, & Carpinetti, 2021; Rashidi, Noorizadeh, Kannan, & Cullinane, 2020). Guarnieri (2015) analisou 39 artigos que apresentam modelos de decisão para seleção de fornecedores e constatou que a lógica *fuzzy* é adotada em 48% destes. Rashidi, Noorizadeh, Kannan e Cullinane (2020) revisaram 66 estudos de revisão sistemática sobre seleção de fornecedores sustentáveis e concluíram que as técnicas baseadas em lógica *fuzzy* são mais usadas, com destaque para *fuzzy-TOPSIS* (*technique for order preference by similarity to ideal solution*) e *fuzzy-AHP* (*analytic hierarchy process*). Em um estudo de revisão sistemática, Pedroso, Tate, Silva e Carpinetti (2021) mapearam 88 artigos e verificaram um amplo crescimento no número de publicações sobre práticas de desenvolvimento de fornecedores sustentáveis a partir de 2015. Também identificaram a predominância da lógica *fuzzy* entre os estudos que propõem modelos de decisão multicritério e de inteligência artificial.

Borges e Lima (2020) realizaram uma revisão sistemática que mapeou 26 modelos de decisão para segmentação de fornecedores e observaram que o tema vem ganhando maior atenção nos últimos anos, já que 53,85% das publicações ocorreram a partir de 2017. Esses autores constataram que apenas o modelo proposto por Torres-Ruiz e Ravindran, baseado na técnica AHP, realiza a segmentação baseada em critérios econômicos, ambientais e sociais. Contudo, uma das limitações dessa técnica diz respeito ao limite da quantidade de variáveis de entrada, já que esta fica limitada pela habilidade humana em realizar as comparações pareadas de forma consistente (Lima, Osiro, & Carpinetti, 2014).

Com base no levantamento realizado, verificou-se também que não há na literatura um modelo de segmentação de fornecedores que suporte decisões em grupo em situações de incerteza e hesitação. Segundo Pelissari, Oliveira, Abackerli, Ben-Amor, e Assumpção (2018), a incerteza pode resultar da dificuldade do decisor em expressar seu conhecimento sobre o problema, impactando a qualidade dos dados resultantes de suas observações ou medições. O ambiente também é fonte de incerteza, nos casos em que os dados são difíceis de obter ou de verificar. Embora os modelos baseados em lógica *fuzzy* sejam adequados para lidar com incertezas, por permitirem aos decisores o uso de

termos linguísticos (como ‘baixo’ ou ‘alto’) para expressar suas avaliações, a lógica *fuzzy* possibilita ao decisor a escolha de apenas um termo linguístico para cada pontuação de alternativa ou peso de critério avaliado (Osiro et al., 2018). Nos casos em que o decisor hesita entre um termo e outro, e não se sente confortável em escolher um único termo devido ao alto nível de incerteza, a lógica *fuzzy* tradicional se mostra inadequada, sendo mais apropriado utilizar técnicas baseadas em *hesitant fuzzy linguistic term sets*, que é uma extensão da lógica *fuzzy* proposta por Rodríguez, Martínez e Herrera (2012) para lidar com decisões sob hesitação.

Uma dessas técnicas é o *hesitant fuzzy linguistic* TOPSIS (HFL-TOPSIS), que lida com decisões em grupo sob hesitação por permitir o uso de mais de um termo linguístico simultaneamente e de expressões linguísticas (como ‘entre baixo e médio’), trazendo maior flexibilidade aos decisores (Beg & Rashid, 2013). Apesar de seu potencial de contornar as limitações dos modelos prévios quanto ao suporte em situações de hesitação e ao número máximo de alternativas e fornecedores, não foram encontrados estudos que apliquem essa técnica na segmentação de fornecedores.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é propor um modelo HFL-TOPSIS para segmentação de fornecedores baseado em critérios econômicos, ambientais e sociais. Uma aplicação do modelo foi feita com base em dados reais fornecidos por funcionários de uma usina hidrelétrica. Essa aplicação envolveu a avaliação de seis fornecedores considerando critérios econômicos, ambientais e sociais. O restante do artigo está organizado como segue: a segunda seção discute a literatura sobre modelos para segmentação de fornecedores; a terceira descreve os procedimentos metodológicos; a quarta apresenta e discute os resultados da aplicação; a quinta traz os resultados da análise de sensibilidade; e a sexta foca na conclusão.

REFERENCIAL TEÓRICO

Modelos de decisão para segmentação de fornecedores

A segmentação de fornecedores teve como base teórica os fundamentos estabelecidos da prática de segmentação de mercado. Da perspectiva do fornecedor, a abordagem mais popular para a categorização de fornecedores é chamada matriz de portfólio. Essas matrizes são compostas por dimensões de segmentação, que estão diretamente relacionadas a um conjunto de critérios em que os fornecedores serão avaliados (Osiro, Lima, & Carpinetti, 2014; Park, Shin, Chang, & Park, 2010).

Na literatura há diferentes tipos de modelos de apoio à tomada de decisão para segmentação de fornecedores, tais como aqueles baseados em técnicas MCDM (*multicriteria decision-making*) e de inteligência artificial. As finalidades de uso desses modelos incluem a definição do tipo de relacionamento a ser desenvolvido, a identificação dos fornecedores que requerem programas de desenvolvimento e a análise de similaridades e inconsistências dentro de cada grupo de fornecedores (Bianchini, Benci, Pellgrini, & Rossi, 2019; Rezaei, Kadzinski, Vana, & Tavasszy, 2017).

Por meio do levantamento bibliográfico realizado neste estudo, identificaram-se diversos modelos de segmentação de fornecedores e dois estudos de revisão sistemática, o que reforça a relevância desse tema. Day et al. (2010) revisaram dezenas de abordagens de apoio à segmentação, classificando-as e criando uma taxonomia sobre o tema em questão. Enquanto Day et al. (2010) analisaram principalmente modelos conceituais e focaram no mapeamento de elementos estruturais dos estudos, a revisão realizada por Borges e Lima (2020) apresentou um mapeamento de 26 modelos quantitativos para segmentação de fornecedores.

A Tabela 1 apresenta uma listagem de modelos para segmentação de fornecedores. Essa tabela foi construída pelos autores deste estudo a partir de informações apresentadas em Borges e Lima (2020). O modelo de Kaur e Sing (2021), que foi identificado durante o levantamento realizado pelos autores do presente estudo, também foi incluído. Na Tabela 1 são destacados os métodos de decisão e as dimensões utilizadas nas matrizes de segmentação. O método mais utilizado foi AHP, com oito aplicações, seguido por *fuzzy c-means*, com quatro aplicações. Embora haja uma ampla variedade de dimensões de segmentação que podem ser adotadas, as mais utilizadas são ‘capacidades dos fornecedores’ e ‘disposição para colaborar’. Constatou-se que apenas o modelo proposto por Torres-Ruiz e Ravindran (2018) realiza a segmentação de fornecedores considerando critérios associados às três dimensões do TBL. Enquanto a maioria dos modelos contempla apenas critérios econômicos, como preço e situação financeira do fornecedor, seis modelos focam em critérios ambientais (Akman, 2015; Bai, Rezaei, & Sarkis, 2017; Demir, Akpinar, Araz, & Ilgin, 2018; Jharkharia & Das, 2019; Rezaei et al., 2017), como o descarte adequado de resíduos e o nível de eficiência energética. Nesse sentido, nota-se que os critérios sociais, como trabalho infantil e programas de saúde para os funcionários, têm sido negligenciados pelos modelos prévios.

Tabela 1. Métodos e dimensões utilizados nos modelos de segmentação de fornecedores.

	Autor(es)	
Método(s)	AHP	Bianchini, Benci, Pellgrini e Rossi (2019), Park, Shin, Chang e Park (2010), Torres-Ruiz e Ravindran (2018)
	AHP e <i>fuzzy 2-tuple</i>	Santos, Osiro e Lima (2017)
	AHP e <i>fuzzy relations</i>	Rezaei e Ortt (2013b)
	AHP, <i>fuzzy c-means</i> e VIKOR	Akman (2015)
	AHP, <i>K-means</i> e <i>simulated annealing algorithm</i>	Che (2011)
	AHP, PROMETHÉE e MAUT	Segura e Maroto (2017)
	<i>Best-worst method</i>	Rezaei e Lajimi (2019), Rezaei, Wang, e Tavasszy (2015)
	DEA	Restrepo e Villegas (2019)
	DEMATEL	Parkouhi, Ghadikolaei, e Lajimi (2019)
	ELECTRE TRI	Rezaei et al. (2017)
	<i>Fuzzy-AHP</i>	Lo e Sudjarmika (2015)
	<i>Fuzzy-AHP</i> e <i>fuzzy c-means</i>	Haghighi, Morad e Salahi (2014)
	<i>Fuzzy c-means</i> e <i>fuzzy formal concept analysis</i>	Jharkharia e Das (2019)
	<i>Fuzzy-TOPSIS</i>	Lima e Carpinetti (2016), Medeiros e Ferreira (2018)
	Inferência <i>fuzzy</i>	Aloini, Dulmin, Mininno e Zerbino (2019), Osiro, Lima e Carpinetti (2014), Rezaei e Ortt (2013a)
	PROMETHÉE	Boujelben (2017)
	RST, VIKOR e <i>fuzzy c-means</i>	Bai, Rezaei e Sarkis (2017)
VIKORSORT	Demir, Akpinar, Araz e Ilgin (2018)	
Dimensões de segmentação	Atratividade do fornecedor e força do relacionamento	Aloini et al. (2019)
	Capacidades dos fornecedores e disposição para colaborar	Bai et al. (2017), Boujelben (2017), Haghighi et al. (2014), Lo e Sudjarmika (2015), Rezaei e Ortt (2013a), Rezaei e Ortt (2013b), Rezaei, Kadzinski, Vana e Tavasszy (2017), Rezaei et al. (2015), Santos et al. (2017)
	Custo e desempenho de entrega	Lima e Carpinetti (2016)
	Decisões de investimento e decisões de colaboração do fornecedor	Jharkharia e Das (2019)
	Desempenho crítico de fornecedores e desempenho estratégico de fornecedores	Segura e Maroto (2017)
	Eficiência da diversidade e eficiência cruzada	Restrepo e Villegas (2019)
	Importância estratégica e atratividade do relacionamento	Park, Shin, Chang e Park (2010)
	Intensificador de resiliência e redutor de resiliência	Parkouhi et al. (2019)
	País; desempenho do negócio do fornecedor; equipamento e suprimento do fornecedor	Torres-Ruiz e Ravindran (2018)
	Potencial de parceria e desempenho de entrega	Osiro et al. (2014)
	Risco de fornecimento e impacto no lucro	Bianchini et al. (2019), Medeiros e Ferreira (2018)
Risco de fornecimento e impacto no lucro; Capacidades e disposição para colaborar	Rezaei e Lajimi (2019)	

Nota. Adaptado de Borges e Lima (2020).

Embora os modelos apresentados na Tabela 1 tenham provido diversas contribuições teóricas e práticas na área de segmentação de fornecedores, eles também apresentam certas limitações decorrentes das características das técnicas de decisão adotadas. Ainda que a maioria seja adequada para cenários de incerteza, e alguns dos modelos *fuzzy* permitam o uso de termos linguísticos pelos decisores, nenhum dos

modelos encontrados é adequado para situações de hesitação, quando os decisores não possuem certeza na escolha dos termos e por isso preferem exprimir suas avaliações na forma de expressões linguísticas. O método HFL-TOPSIS, que até então ainda não havia sido aplicado à segmentação de fornecedores, pode ajudar a contornar essas limitações.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo pode ser caracterizado como uma pesquisa quantitativa axiomática descritiva baseada em modelagem e simulação, pelo fato de propor um modelo quantitativo para segmentação de fornecedores. A pesquisa axiomática normativa tem como característica a obtenção de soluções dentro do modelo definido e garantir que essas soluções forneçam insights sobre a estrutura do problema (Bertrand & Fransoo, 2002).

Quanto às etapas da pesquisa, estas se dividem em pesquisa bibliográfica, modelagem, aplicação e análise de sensibilidade. A pesquisa bibliográfica envolveu a coleta de artigos nas principais bases de dados sobre o tema (Science Direct; Springer; Scopus; Emerald Insight; IEEE Xplore®; Taylor & Francis; e Wiley), utilizando combinações entre os termos ‘*supplier segmentation*’, ‘*decision models*’, ‘*multicriteria decision-making*’, ‘*supplier relationship management*’, ‘*sustainable supply chain management*’, entre outros. Esse levantamento subsidiou o delineamento da lacuna de pesquisa e a elaboração do modelo proposto.

A etapa de modelagem foi iniciada pelo desenvolvimento de um modelo conceitual para segmentação de fornecedores, baseado na matriz de segmentação proposta por Rezaei e Ortt (2013a) e no método HFL-TOPSIS (Beg & Rashid, 2013; Magalhães, 2020). O método HFL-TOPSIS foi desenvolvido por Beg e Rashid (2013) e utiliza *hesitant fuzzy linguistic term sets* (HFLTS) em combinação com princípios do TOPSIS. Os passos do HFL-TOPSIS são detalhados a seguir.

Seja $\tilde{X}^l = [H_{Sij}^l]_{m \times n}$ uma matriz de decisão *fuzzy*; $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ é o conjunto de decisores envolvidos; $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ é o conjunto das alternativas; e $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ é o conjunto dos critérios utilizado para avaliar as alternativas. O desempenho da alternativa A_i em relação ao critério C_j é denotado como x_{ij} . A matriz de decisão agregada $X = [x_{ij}]$, com $X_{ij} = [S_{pij}, S_{qij}]$, é calculada considerando as diversas opiniões dos decisores ($\tilde{X}^1, \tilde{X}^2, \dots, \tilde{X}^k$), de acordo com as equações 1 e 2 (Beg & Rashid, 2013).

$$s_{pij} = \min \left\{ \min_{l=1}^k (\max H_{Sij}^l), \max_{l=1}^k (\min H_{Sij}^l) \right\} \quad (1)$$

$$s_{qij} = \max \left\{ \min_{l=1}^k (\max H_{Sij}^l), \max_{l=1}^k (\min H_{Sij}^l) \right\} \quad (2)$$

Seja Ω_b uma coleção de critérios de benefício (ou seja, quanto maior for o desempenho em C_j , maior será a pontuação final) e Ω_c seja uma coleção de critérios de custo (quanto menor for o desempenho em C_j , maior será a pontuação final). A solução ideal positiva (SIP) é representada como $\tilde{A}^+ = (\tilde{V}_1^+, \tilde{V}_2^+, \dots, \tilde{V}_n^+)$ e a solução ideal negativa (SIN) como $\tilde{A}^- = (\tilde{V}_1^-, \tilde{V}_2^-, \dots, \tilde{V}_n^-)$. As equações 3 e 4 orientam a composição das SIPs e SINs para critérios de benefício e de custo. Nessas equações, $\tilde{V}_j^+ = [v_{pj}, v_{qj}]$ com $(j = 1, 2, \dots, n)$ e $(i = 1, 2, \dots, m)$ (Beg & Rashid, 2013).

$$\tilde{A}^+ = \left[\left(\left(\min_{l=1}^k (\max_i H_{Sij}^l) \right) \mid j \in \Omega_b, \left(\max_{l=1}^k (\min_i H_{Sij}^l) \right) \mid j \in \Omega_c \right), \left(\left(\max_{l=1}^k (\max_i H_{Sij}^l) \right) \mid j \in \Omega_b, \left(\min_{l=1}^k (\min_i H_{Sij}^l) \right) \mid j \in \Omega_c \right) \right] \quad (3)$$

$$\tilde{A}^- = \left[\left(\left(\max_{l=1}^k (\min_i H_{Sij}^l) \right) \mid j \in \Omega_b, \left(\min_{l=1}^k (\max_i H_{Sij}^l) \right) \mid j \in \Omega_c \right), \left(\left(\min_{l=1}^k (\min_i H_{Sij}^l) \right) \mid j \in \Omega_b, \left(\max_{l=1}^k (\max_i H_{Sij}^l) \right) \mid j \in \Omega_c \right) \right] \quad (4)$$

Após a agregação das matrizes e a obtenção das soluções ideais, deve-se construir uma matriz de separação ideal positiva (D^+) e uma matriz de separação ideal negativa (D^-) conforme as equações 5 e 6. Cada elemento dessas matrizes é calculado por meio da expressão 7, na qual p e q são os limites do envoltório do conjunto H_S^1 , e p' e q' são os limites do envoltório de H_S^2 (Beg & Rashid, 2013).

$$D^+ = \begin{pmatrix} d(x_{11}, \tilde{V}_1^+) + d(x_{12}, \tilde{V}_2^+) + \dots + d(x_{1n}, \tilde{V}_n^+) \\ d(x_{21}, \tilde{V}_1^+) + d(x_{22}, \tilde{V}_2^+) + \dots + d(x_{2n}, \tilde{V}_n^+) \\ \vdots \\ d(x_{m1}, \tilde{V}_1^+) + d(x_{m2}, \tilde{V}_2^+) + \dots + d(x_{mn}, \tilde{V}_n^+) \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$D^- = \begin{pmatrix} d(x_{11}, \tilde{V}_1^-) + d(x_{12}, \tilde{V}_2^-) + \dots + d(x_{1n}, \tilde{V}_n^-) \\ d(x_{21}, \tilde{V}_1^-) + d(x_{22}, \tilde{V}_2^-) + \dots + d(x_{2n}, \tilde{V}_n^-) \\ \vdots \\ d(x_{m1}, \tilde{V}_1^-) + d(x_{m2}, \tilde{V}_2^-) + \dots + d(x_{mn}, \tilde{V}_n^-) \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$d(H_S^1, H_S^2) = |q' - q| + |p' - p| \quad (7)$$

Por último, calcula-se a proximidade relativa (*relative closeness* – RC) de cada alternativa usando a equação 8, na qual $D_i^- = \sum_{j=1}^n d(x_{ij}, \tilde{V}_j^-)$ e $D_i^+ = \sum_{j=1}^n d(x_{ij}, \tilde{V}_j^+)$.

Quanto maior for o valor de $RC(A_i)$, melhor será o desempenho final da alternativa A_i (Beg & Rashid, 2013).

$$RC(A_i) = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \tag{8}$$

O método HFL-TOPSIS foi escolhido por não restringir a quantidade de variáveis de entrada, e por oferecer suporte a decisões em grupo e sob hesitação. Também foi escolhido por ser um método compensatório, já que o foco da segmentação é avaliar o desempenho global considerando a contribuição de todos os critérios, ao invés de eliminar os fornecedores que não atendem a determinados critérios, como ocorre na etapa de seleção. Contudo, a versão original dessa técnica não possibilita ao decisor atribuir pesos aos critérios, o que é essencial na segmentação para incorporar ao modelo as intenções estratégicas do comprador e gerar resultados que reflitam essas preferências. Por exemplo, por meio da atribuição de pesos distintos aos critérios, é possível definir se o comprador deseja priorizar a redução de custos ou a melhoria da confiabilidade e da agilidade das entregas do fornecedor, bem como distinguir quais critérios impactam mais fortemente o desempenho global do fornecedor.

Para possibilitar a atribuição de pesos aos critérios, optou-se por utilizar uma versão adaptada do HFL-TOPSIS, que foi proposta por Magalhães (2020) e aplica o algoritmo de Beg e Rashid (2013) com pequenas mudanças. Ao aplicar essa abordagem para avaliação dos pesos, cada linha da matriz passa a representar um critério e cada coluna indica um decisor. Na etapa de avaliação das alternativas, os valores normalizados dos pesos (CNi) são utilizados para ponderar as pontuações das alternativas durante o cálculo das distâncias (Onar, Oztaysi, & Kahraman, 2014), o que é feito usando as equações 9, 10 e 11, em que h_j^* e h_j^- representam os elementos das SIPs e SINs. A equação 11 calcula a distância entre dois conjuntos *hesitant fuzzy*, considerando cada um dos termos linguísticos $h_{\sigma(j)}$ que compõem tais conjuntos, sendo que l indica o número de elementos presentes no conjunto com maior quantidade de termos (Magalhães, 2020).

$$D_i^+ = \sum_{j=1}^n w_j ||h_{ij} - h_j^+|| \tag{9}$$

$$D_i^- = \sum_{j=1}^n w_j ||h_{ij} - h_j^-|| \tag{10}$$

$$||h_{ij} - h_j|| = \frac{1}{l} \sum_{j=1}^l |h_{1\sigma(j)} - h_{2\sigma(j)}| \tag{11}$$

Um modelo computacional baseado nas equações 1 a 11 foi implementado usando o software MS Excel©. A escolha dessa ferramenta se deu pelo fato de ela ser amplamente utilizada no meio empresarial, além de propiciar uma implementação mais simples e transparente. A aplicação do modelo foi realizada com base nos julgamentos linguísticos fornecidos por dois funcionários da área de compras de uma usina hidrelétrica (decisor 1 e decisor 2). Essa empresa possui uma base ampla de suprimentos e os decisores entrevistados possuem conhecimento sobre o desempenho dos fornecedores analisados. Os decisores escolheram os critérios, atribuíram seus pesos, avaliaram os fornecedores e analisaram os resultados. A coleta de dados foi feita utilizando um formulário simples, que continha o objetivo da pesquisa, os possíveis critérios e um espaço reservado para avaliação dos critérios e das alternativas. A coleta foi feita por meio de uma videoconferência e os dados foram tabulados em uma planilha eletrônica. A escolha dos critérios foi feita a partir de uma listagem extraída de Rezaei e Ortt (2013a), Osiro et al. (2018) e Torres-Ruiz e Ravindran (2018).

Quanto à definição das escalas linguísticas para realização das avaliações, os decisores optaram pela escala proposta por Rodríguez et al. (2012), que é apresentada na Figura 1. Essa figura mostra o rótulo de cada termo linguístico (S_j) e os vértices dos conjuntos *fuzzy* triangulares correspondentes. Essa escala foi escolhida por conter sete termos e propiciar uma avaliação mais minuciosa do que uma escala com menos termos. Os decisores selecionaram uma única escala para avaliação dos critérios e alternativas por considerarem que a escala da Figura 1 seria adequada para tal propósito, além de simplificar a aplicação.

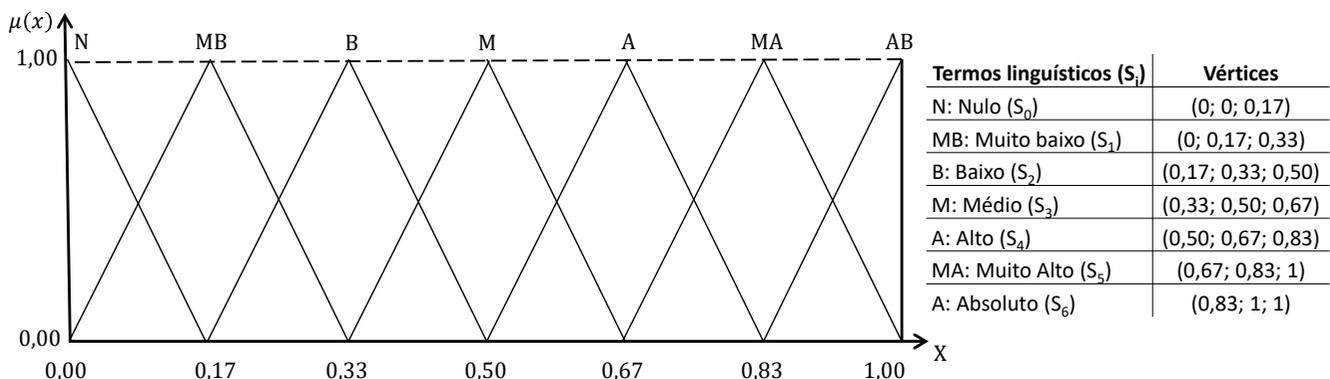


Figura 1. Escala linguística definida para avaliação dos critérios e das alternativas.

A conversão dos termos linguísticos e das expressões linguísticas para o formato de HFLTS foi feita seguindo [Rodríguez et al. \(2012\)](#). Já a conversão dos termos linguísticos para HFLTS foi feita com base nos índices ($i = 0, \dots, 6$) de cada termo linguístico mostrado na Figura 1, sendo $S_0 = N$, $S_1 = MB$, $S_2 = B$, $S_3 = M$, $S_4 = H$, $S_5 = VH$, e $S_6 = AB$. Por exemplo, ao converter o peso de C_2 ('entre baixo e médio') dado pelo decisor 1, obtém-se [B, M], que resulta no envoltório [2, 3]. Na abordagem HFLTS, somente os valores dos limites do envoltório são usados nos cálculos, ao contrário das técnicas *fuzzy* tradicionais, que utilizam os valores dos graus de pertinência ou vértices dos números *fuzzy*.

Após a aplicação, uma análise de sensibilidade foi conduzida para testar o efeito da variação dos pesos dos critérios na categorização dos fornecedores considerando três cenários distintos, os quais são detalhados na seção de resultados e discussões.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo proposto possui três etapas e foi desenvolvido com base em [Rodríguez et al. \(2012\)](#), [Beg e Rashid \(2013\)](#), [Rezaei e Ortt \(2013a\)](#) e [Osiro, Lima e Carpinetti \(2018\)](#). Esse modelo objetiva auxiliar gestores no processo de segmentação de fornecedores com base em critérios do TBL, os quais são associados às dimensões de segmentação denominadas 'capacidades dos fornecedores'

e 'disposição dos fornecedores para colaborar', que foram propostas por [Rezaei e Ortt \(2013a\)](#). Escolheu-se essa abordagem de segmentação por conta da sua fácil adaptabilidade em relacionar os critérios de sustentabilidade com as dimensões de segmentação. Vale ressaltar que essa abordagem de segmentação é a mais usada em aplicações que visem à elaboração de programas de desenvolvimento de fornecedores. Por meio dela, os fornecedores são agrupados de acordo com o seu desempenho perante os critérios avaliados, diferentemente de outras abordagens, nas quais agrupam os fornecedores conforme o item que eles fornecem ([Medeiros & Ferreira, 2018](#); [Park et al., 2010](#)).

Na Figura 2, são detalhados os passos de cada etapa do modelo proposto. A etapa 1 consiste na definição e avaliação dos pesos dos critérios. Essa etapa inicia-se com a montagem da equipe responsável pela tomada de decisão. Sugere-se escolher os profissionais que estejam envolvidos com o processo de compras da empresa, bem como outras áreas envolvidas com a gestão de suprimentos, como gestão da qualidade, ambiental e logística. Uma vez definidos os decisores, estes deverão escolher os critérios do TBL associados à avaliação dos fornecedores relativos às dimensões 'capacidades' e 'disposição para colaborar'. Em seguida, devem definir uma escala linguística para avaliar a importância desses critérios e realizar as avaliações. Então, é feito o cálculo dos pesos dos critérios por meio da aplicação da técnica HFL-TOPSIS ([Beg & Rashid, 2013](#); [Magalhães, 2020](#)).

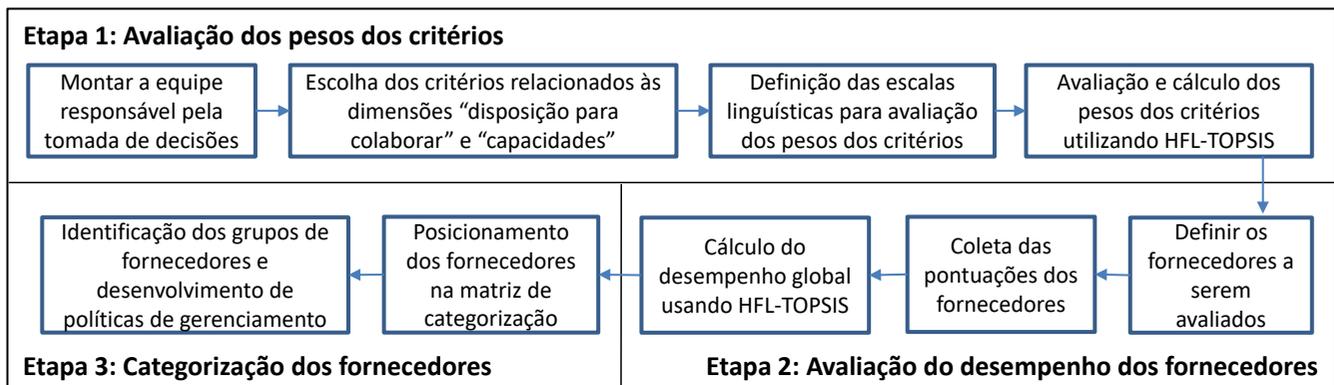


Figura 2. Modelo proposto para segmentação de fornecedores. Proposto pelos autores.

A etapa 2 começa a partir da definição dos fornecedores a serem avaliados pela equipe de decisores. Posteriormente, define-se a escala linguística para a avaliação das pontuações dos fornecedores e coletam-se as pontuações destes para os critérios de ambas as dimensões. As equações de [Beg e Rashid \(2013\)](#) são aplicadas para calcular o desempenho global dos fornecedores em cada dimensão.

Por último, a etapa 3 consiste na categorização dos fornecedores. A partir do desempenho global de cada fornecedor para cada dimensão de segmentação, posicionam-se os fornecedores na matriz de categorização. Com o intuito de melhorar a disposição dos valores graficamente e permitir uma melhor visualização dos dados, a equação 12 é aplicada para realizar uma normalização sigmoideal com base em

Osiro et al. (2018). Nessa equação, v_n é o valor normalizado, v é o valor original, \bar{v} corresponde à média e σ_v representa o desvio-padrão referente aos valores originais.

$$v_n = \frac{1}{1 + e^{-\frac{v - \bar{v}}{\sigma_v}}} \tag{12}$$

Uma vez montada a matriz de segmentação, torna-se possível identificar o grupo a que os fornecedores pertencem de acordo com o quadrante no qual estão posicionados. Esse posicionamento dos fornecedores na matriz é importante, pois é a partir dele que poderão ser elaborados programas de desenvolvimento de fornecedores. Os programas formulados deverão proporcionar o deslocamento dos fornecedores para o quadrante localizado na parte superior e à direita da matriz (Rezaei & Ortt, 2013a). Na seção a seguir é apresentada uma aplicação real do modelo proposto com o intuito de testá-lo e facilitar o entendimento de seu uso.

Aplicação

A aplicação foi feita em uma usina hidrelétrica localizada no Rio Grande no estado de São Paulo. A usina possui uma capacidade instalada de 210 MW, formada por cinco unidades geradoras do tipo bulbo. O seu reservatório

possui uma extensão de 36,5 km² e abrange municípios localizados nos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Etapa 1: definição e avaliação dos pesos dos critérios

A etapa 1 iniciou com a montagem da equipe de decisores, composta por dois funcionários responsáveis por compras. Os decisores escolheram os critérios conjuntamente com base em uma listagem extraída da literatura, abrangendo as três dimensões do TBL. A escolha se baseou nos princípios da empresa, que são ‘segurança da barragem, tecnologia e inovação’. Os critérios escolhidos para a dimensão “disposição para colaborar” estão dispostos na Tabela 2. Dentre eles, C_7 e C_9 estão relacionados à segurança, assim como C_{11} , C_{14} e C_{15} da dimensão ‘capacidades’ (Tabela 4). C_2 , C_4 e C_5 estão relacionados a tecnologia e inovação, bem como C_3 , C_6 , C_7 e C_{18} da dimensão “capacidades”. Já C_1 , C_2 e C_3 estão alinhados aos programas de gestão de resíduos sólidos e de educação ambiental desenvolvidos pela usina. Quanto aos demais critérios, a maioria está relacionada às práticas de gestão da qualidade e de operações da empresa. Todos os escolhidos são critérios de benefício, ou seja, quanto maior for o desempenho do fornecedor em cada critério, maior será seu desempenho global.

Tabela 2. Julgamentos linguísticos para os pesos dos critérios da dimensão ‘disposição para colaborar.

Critérios escolhidos	Decisor 1		Decisor 2	
	Julgamentos	Conversão	Julgamentos	Conversão
C_1 : Esforço para reduzir desperdício de materiais	Entre muito baixo e baixo	[MB,B]	Entre médio e alto	[M,A]
C_2 : Habilidade para trabalho em equipe	Entre baixo e médio	[B,M]	Entre médio e alto	[M,A]
C_3 : Comprometimento com a qualidade	Entre médio e alto	[M,A]	Entre médio e alto	[M,A]
C_4 : Disposição para compartilhar informações, ideias, tecnologia e economia de custos	Entre muito baixo e baixo	[MB,B]	Entre médio e alto	[M,A]
C_5 : Relacionamento de longo prazo	Entre baixo e médio	[B,M]	Entre médio e alto	[M,A]
C_6 : Honestidade	Entre médio e alto	[M,A]	Entre alto e muito alto	[A,MA]
C_7 : Auditoria de segurança	Entre médio e alto	[M,A]	Absoluto	[AB]
C_8 : Facilidade de comunicação	Entre muito baixo e baixo	[MB,B]	Entre médio e alto	[M,A]
C_9 : Conformidade de procedimentos de <i>compliance</i>	Entre médio e alto	[M,A]	Absoluto	[AB]

Nota. Proposto pelos autores.

Na sequência, os decisores avaliaram individualmente os pesos dos critérios seguindo a escala da Figura 1. Na Tabela 2 são apresentados os termos e expressões linguísticas atribuídos por cada decisor, assim como o resultado da conversão destes julgamentos para o formato de HFLTS. Utilizando os envoltórios desses conjuntos, definidos com base nos índices i dos termos linguísticos, realizou-se a sequência de cálculos do modelo computacional. Primeiramente, calcularam-se os pesos dos critérios da dimensão ‘disposição para

colaborar’. Os valores dos envoltórios de HFLTS referentes aos julgamentos agregados dos decisores são apresentados na Tabela 3, os quais foram produzidos usando as equações 1 e 2. Os valores são representados por S_p e S_q , onde: p é o índice do limite inferior do envoltório e q é o índice do limite superior, os quais podem variar de zero a seis. O valor zero corresponde ao julgamento ‘nulo’, um equivale a ‘muito baixo’ e assim por diante.

Tabela 3. Cálculo dos pesos dos critérios da dimensão ‘disposição para colaborar’.

Critérios	S_p	S_q	$d(H_S^1, H_S^2)$		D^+	$d(H_S^1, H_S^2)$		D^-	CC_i	CC_i normalizado
C_1	2	3	3	4	7	1	1	2	0,222	0,057
C_2	3	3	3	3	6	1	2	3	0,333	0,086
C_3	3	4	2	3	5	2	2	4	0,444	0,114
C_4	2	3	3	4	7	1	1	2	0,222	0,057
C_5	3	3	3	3	6	1	2	3	0,333	0,086
C_6	4	4	2	2	4	2	3	5	0,556	0,143
C_7	4	6	0	2	2	4	3	7	0,778	0,200
C_8	2	3	3	4	7	1	1	2	0,222	0,057
C_9	4	6	0	2	2	4	3	7	0,778	0,200

Nota. Proposto pelos autores.

A SIN foi obtida pela equação 4, equivalendo a $\tilde{A}^- = [1, 2]$. Já a SIP definida pela equação 3 retornou o resultado $\tilde{A}^+ = [6, 6]$. As distâncias entre as pontuações de cada alternativa em relação a cada valor da SIN e da SIP foram obtidas por meio das equações 5, 6 e 7, resultando em D^- e D^+ . Os coeficientes das proximidades relativas (CC_i) foram calculados usando a equação 8. Posteriormente, foram normalizados com objetivo de garantir que a soma dos pesos fosse igual a um, dividindo todos os valores pelo maior deles

(0,778), para atender a uma premissa das equações 9 e 10. Os resultados constam na Tabela 3.

Na Tabela 4 constam os critérios selecionados pelos decisores para a dimensão ‘capacidades’, juntamente com os julgamentos atribuídos aos pesos e a conversão destes em HFLTS. A mesma sequência de cálculos aplicada anteriormente (equações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) foi replicada para esses julgamentos. Os valores de CC_i e CC_i normalizado para os pesos dos critérios da dimensão ‘capacidades’ são apresentados na Tabela 5.

Tabela 4. Julgamentos linguísticos para os critérios da dimensão ‘capacidades’.

Critérios	Decisor 1		Decisor 2	
	Julgamentos	Conversão	Julgamentos	Conversão
C_1 : Certificações ambientais	Entre alto e muito alto	[A,MA]	Entre médio e alto	[M,A]
C_2 : Descarte adequado de resíduos	Entre médio e alto	[M,A]	Entre médio e alto	[M,A]
C_3 : Descarte de materiais perigosos	Entre médio e alto	[M,A]	Entre médio e alto	[M,A]
C_4 : Entrega sem atrasos	Entre médio e alto	[M,A]	Entre alto e muito alto	[A,MA]
C_5 : Capacidade técnica	Entre alto e muito alto	[A,MA]	Entre alto e muito alto	[A,MA]
C_6 : Velocidade na resolução de problemas	Entre médio e alto	[M,A]	Entre alto e muito alto	[A,MA]
C_7 : Conhecimento técnico	Absoluto	[AB]	Entre alto e muito alto	[A,MA]
C_8 : Produtividade e eficiência	Entre médio e alto	[M,A]	Entre alto e muito alto	[A,MA]
C_9 : Qualidade	Entre médio e alto	[M,A]	Entre alto e muito alto	[A,MA]
C_{10} : Tempo médio de treinamento por empregado	Entre muito baixo e baixo	[MB,B]	Entre baixo e médio	[B,M]
C_{11} : Programas de saúde para os funcionários	Entre baixo e médio	[B,M]	Entre médio e alto	[M,A]
C_{12} : Trabalho infantil	Entre médio e alto	[M,A]	Entre muito baixo e baixo	[MB,B]
C_{13} : Condições de trabalho	Entre médio e alto	[M,A]	Entre médio e alto	[M,A]
C_{14} : Treinamento de segurança	Entre alto e muito alto	[A,MA]	Absoluto	[AB]
C_{15} : Número de acidentes	Absoluto	[AB]	Entre alto e muito alto	[A,MA]
C_{16} : Satisfação dos funcionários	Entre médio e alto	[M,A]	Entre médio e alto	[M,A]
C_{17} : Reputação da empresa	Entre alto e muito alto	[A,MA]	Entre médio e alto	[M,A]
C_{18} : Estrutura técnica	Entre médio e alto	[M,A]	Entre médio e alto	[M,A]
C_{19} : Situação financeira	Entre médio e alto	[M,A]	Entre baixo e médio	[B,M]

Nota. Proposto pelos autores.

Tabela 5. Pesos dos critérios normalizados da dimensão “capacidades”.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
CC _i	0,556	0,444	0,444	0,556	0,667	0,556	0,889	0,556	0,556	0,111
CC _i normalizado	0,056	0,045	0,045	0,056	0,067	0,056	0,09	0,056	0,056	0,011
	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	
CC _i	0,333	0,222	0,444	0,889	0,889	0,444	0,556	0,444	0,333	
CC _i normalizado	0,034	0,022	0,045	0,09	0,09	0,045	0,056	0,045	0,034	

Nota. Proposto pelos autores.

Etapa 2: avaliação do desempenho dos fornecedores

Essa etapa iniciou com a escolha de seis fornecedores para serem avaliados pelos decisores, a partir da base de fornecimento da empresa compradora. Visando a manter o sigilo a respeito de suas identidades, esses fornecedores

foram nomeados como F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 e F_6 . A avaliação do desempenho deles em relação aos 28 critérios se baseou na escala linguística empregada na etapa anterior, apresentada na Figura 1. Inicialmente, os decisores atribuíram julgamentos para o desempenho dos fornecedores quanto aos critérios da dimensão ‘disposição para colaborar’, utilizando termos e expressões linguísticas. Na Tabela 6 é possível visualizar esses julgamentos já convertidos para o formato de HFLTS.

Tabela 6. Avaliação dos fornecedores quanto aos critérios da dimensão “disposição para colaborar”.

C _i	Decisor 1						Decisor 2					
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
C ₁	[M,A]	[A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[B,M]	[B]	[A,MA]	[B]	[B,M,A]	[M,A]	[M,A]
C ₂	[M,A]	[A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[B,M]	[A,MA]	[M]	[M,A]	[A,MA]	[M,A]
C ₃	[M,A]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[B,M]	[B]	[A,MA]	[B,M]	[M,A]	[M,A]	[M,A]
C ₄	[B]	[B,M]	[MB,B]	[B,M]	[B,M]	[MB,B]	[M,A]	[M,A]	[B]	[M,A]	[M,A]	[A,MA]
C ₅	[B,M]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[A,MA]	[M,A]	[B,M]	[AB]	[B,M]	[A,MA]	[A,MA]	[AB]
C ₆	[B,M]	[A,MA]	[B,M]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[A]	[AB]	[A,MA]	[A,MA]	[AB]	[AB]
C ₇	[M]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[AB]	[AB]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[AB]
C ₈	[B,M]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[B,M]	[B,M]	[AB]	[B,M]	[A,MA]	[A,MA]	[B,M]
C ₉	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[AB]	[AB]	[AB]	[AB]	[AB]	[AB]

Nota. Proposto pelos autores.

A partir dos dados mostrados na Tabela 6, montou-se uma tabela contendo os envoltórios dos HFLTSs $[S_p, S_q]$ referentes aos valores dos julgamentos. Esses valores foram agregados seguindo as equações 1 e 2 e os resultados são apresentados na Tabela 7. Na sequência, definiram-se SIP e SIN realizando a aplicação das equações 3 e 4, respectivamente. Essas equações retornaram os seguintes resultados: $A^+ = ([4,5]; [4,5]; [4,5]; [4,5]; [6,6]; [6,6]; [6,6]; [6,6]; [6,6])$ e $A^- = ([2,2]; [2,3]; [2,2]; [1,2]; [2,3]; [2,3]; [3,3]; [2,3]; [3,4])$. As distâncias entre os valores agregados dos julgamentos e as soluções ideais foram calculadas. Para isso, aplicaram-se as equações 9, 10 e 11, que permitiram realizar as ponderações das pontuações de acordo com os pesos calculados na etapa anterior (CN_i). Os resultados dos cálculos das distâncias constam na Tabela 8.

O cálculo das proximidades relativas (RC_i) foi feito usando a equação 8, seguido pela aplicação da equação 12 para normalização sigmoial. Os resultados estão dispostos na Tabela 9. Nessa tabela, quanto maior for a pontuação, melhor será o desempenho global do fornecedor.

Quanto à dimensão ‘capacidades’, foram realizados os mesmos procedimentos utilizados no cálculo das pontuações dos fornecedores na dimensão ‘disposição para colaborar’. A Tabela 10 apresenta os julgamentos coletados dos decisores com base na escala exposta na Figura 1, já convertidos para o formato de HFLTS. Em seguida, as equações 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11 e 12 foram aplicadas, obtendo-se assim os valores do desempenho global dos fornecedores (RC_i) na dimensão ‘capacidades’. O resultado final é apresentado na Tabela 11.

Tabela 7. Valores agregados das avaliações para a dimensão ‘disposição para colaborar’.

C_i	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
C_1	[2, 3]	[4, 4]	[2, 3]	[3, 4]	[3, 4]	[3, 3]
C_2	[3, 3]	[4, 4]	[3, 3]	[3, 4]	[4, 4]	[3, 4]
C_3	[2, 3]	[4, 5]	[3, 3]	[3, 4]	[3, 4]	[3, 3]
C_4	[2, 3]	[3, 3]	[2, 2]	[3, 3]	[3, 3]	[2, 4]
C_5	[2, 3]	[5, 6]	[3, 3]	[4, 4]	[4, 5]	[4, 6]
C_6	[3, 4]	[5, 6]	[3, 4]	[4, 4]	[4, 6]	[4, 6]
C_7	[3, 6]	[5, 6]	[4, 4]	[3, 4]	[3, 4]	[4, 6]
C_8	[2, 3]	[4, 6]	[3, 3]	[4, 4]	[4, 4]	[2, 3]
C_9	[4, 6]	[5, 6]	[4, 6]	[4, 6]	[4, 6]	[4, 6]

Nota. Proposto pelos autores.

Tabela 8. Distâncias dos valores das alternativas em relação às soluções ideais.

C_i	Distância em relação à SIP $ h_{ij} - h_j^+ $						C_i	Distância em relação à SIN $ h_{ij} - h_j^- $					
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6		F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
C_1	0,114	0,029	0,114	0,057	0,057	0,086	C_1	0,029	0,114	0,029	0,086	0,086	0,057
C_2	0,129	0,043	0,129	0,086	0,043	0,086	C_2	0,043	0,129	0,043	0,086	0,129	0,086
C_3	0,229	0,000	0,171	0,114	0,114	0,171	C_3	0,057	0,286	0,114	0,171	0,171	0,114
C_4	0,114	0,086	0,143	0,086	0,086	0,086	C_4	0,057	0,086	0,029	0,086	0,086	0,086
C_5	0,300	0,043	0,257	0,171	0,129	0,086	C_5	0,000	0,257	0,043	0,129	0,171	0,214
C_6	0,357	0,071	0,357	0,286	0,143	0,143	C_6	0,143	0,429	0,143	0,214	0,357	0,357
C_7	0,300	0,100	0,400	0,500	0,500	0,200	C_7	0,300	0,500	0,200	0,100	0,100	0,400
C_8	0,200	0,057	0,171	0,114	0,114	0,200	C_8	0,000	0,143	0,029	0,086	0,086	0,000
C_9	0,200	0,100	0,200	0,200	0,200	0,200	C_9	0,300	0,400	0,300	0,300	0,300	0,300
D^+	1,943	0,529	1,943	1,614	1,386	1,257	D^-	0,929	2,343	0,929	1,257	1,486	1,614

Nota. Proposto pelos autores.

Tabela 9. Resultado do cálculo de RC.

Fornecedor	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
RC_i	0,323	0,816	0,323	0,438	0,517	0,562
RC_i normalizado	0,281	0,849	0,281	0,421	0,528	0,588
Ranking	6º	1º	5º	4º	3º	2º

Nota. Proposto pelos autores.

Tabela 10. Avaliação dos fornecedores quanto aos critérios da dimensão ‘capacidades’.

C _i	Decisor 1						Decisor 2					
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
C ₁	[MB]	[MB]	[MB]	[MB]	[MB]	[MB]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[AB]
C ₂	[B,M]	[B,M]	[B,M]	[B,M]	[B,M]	[MB]	[B,M]	[AB]	[M,A]	[B,M]	[B,M]	[MB,B,M]
C ₃	[M,A]	[M,A]	[B,M]	[M,A]	[M,A]	[MB,B]	[M,A]	[AB]	[M,A]	[M,A]	[A,MA]	[M,A,MA]
C ₄	[B,M]	[M,A]	[A,MA]	[A,MA]	[A,MA]	[M,A]	[B,M]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[B,M]	[B,M]
C ₅	[MB,B]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[B,M,A]	[B,M,A]	[B,M]	[B,M]	[B,M,A]	[A,MA]
C ₆	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[A,MA]	[M,A]	[A,MA]	[B,M]	[B,M]	[MB,B]	[B,M]	[B,M]	[B,M]
C ₇	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[A,MA]	[M,A]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[B,M]	[M,A]	[M,A]	[A,MA]
C ₈	[B,M]	[AB]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[B,M]	[A,MA]	[B,M]	[M,A]	[M,A]	[M,A]
C ₉	[B,M]	[AB]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[B,M]	[M,A]	[B,M]	[M,A]	[M,A]	[M,A]
C ₁₀	[B,M]	[M,A]	[B,M]	[MB,B]	[MB,B]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[MB,B]	[B,M]	[B,M]	[A,MA]
C ₁₁	[M,A]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[A,MA]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[AB]
C ₁₂	[AB]											
C ₁₃	[B,M]	[A,MA]	[B,M]	[M,A]	[M,A]	[AB]	[B,M]	[M,A]	[B,M]	[B,M]	[B,M]	[M,A]
C ₁₄	[B,M]	[A,MA]	[B,M]	[B,M]	[B,M]	[AB]	[AB]	[AB]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[AB]
C ₁₅	[MA]	[MA]	[MA]	[MA]	[MA]	[MA]	[AB]	[AB]	[AB]	[AB]	[AB]	[AB]
C ₁₆	[MB]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[A,MA]	[MB,B]	[M,A]	[B,M]	[B,M]	[M,A]	[A,MA]
C ₁₇	[M,A]	[A,MA]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[A,MA]	[B,M]	[A,MA]	[B,M]	[M,A]	[M,A]	[A,MA]
C ₁₈	[M,A]	[A,MA]	[M,A]	[B,M]	[B,M]	[AB]	[M,A]	[B,M]	[MB,B]	[B,M]	[B,M]	[A,MA]
C ₁₉	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[M,A]	[AB]	[B,M]	[B,M]	[B,M]	[B,M]	[B,M]	[A,MA]

Nota. Proposto pelos autores.

Tabela 11. Resultado do cálculo de RC normalizado para a dimensão ‘capacidades’.

Fornecedor	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
RC _i normalizado	0,285	0,776	0,311	0,406	0,395	0,783
Ranking	6º	2º	5º	3º	4º	1º

Nota. Proposto pelos autores.

Etapa 3: categorização dos fornecedores

A etapa 3 iniciou com o posicionamento dos fornecedores na matriz de segmentação. Esse posicionamento se deu com base nos valores normalizados de RC_i para as dimensões ‘disposição para colaborar’ e ‘capacidades’, apresentados nas Tabela 9 e 11. Conforme definido por Rezaei e Ortt (2013a), o eixo y da matriz corresponde à dimensão ‘disposição para colaborar’ e o eixo

x à dimensão ‘capacidades’. Na Figura 3 é possível visualizar o posicionamento dos fornecedores. O último passo da aplicação consiste na identificação dos grupos em que cada fornecedor foi classificado. Essa identificação é importante porque é a partir dela que programas e políticas para desenvolvimento de fornecedores poderão ser desenvolvidos e implantados. Na Figura 3, pode-se observar que F₁, F₃ e F₄ estão posicionados no grupo 1, F₅ no grupo 2 e F₂ e F₆ no grupo 4. Nenhum fornecedor ficou posicionado no grupo 3.

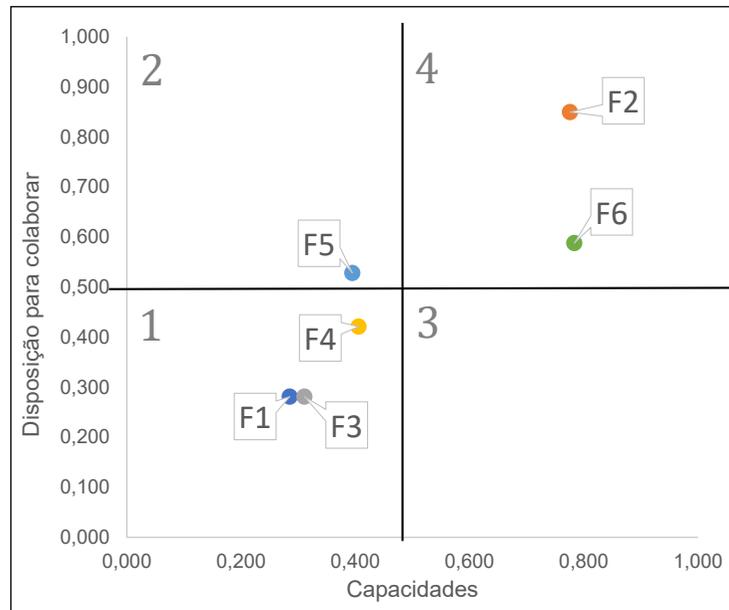


Figura 3. Posicionamento dos fornecedores na matriz de segmentação. Proposto pelos autores.

A matriz de segmentação utilizada serve como ferramenta no desenvolvimento de fornecedores. Algumas ações poderão ser formuladas pelos gestores da empresa compradora visando à mobilidade dos fornecedores para o grupo 4, o qual possui como característica fornecedores com um alto grau de capacidades e disposição para colaborar. Essas ações devem ser focadas na melhoria dos critérios em que esses fornecedores apresentaram desempenho insuficiente. Para os fornecedores que estão localizados no grupo 1, políticas e ações focadas no aumento de suas capacidades e disposição para colaborar deverão ser implementadas. Já no caso dos fornecedores do grupo 2, as ações focadas na melhoria de suas capacidades poderiam auxiliá-los na sua transferência para o grupo 4. Outra questão que deve ser levada em consideração é o desenvolvimento de ações que visem à manutenção de fornecedores que já pertencem ao grupo 4, tendo em vista que existe a possibilidade de ocorrer um ‘relaxamento’ de seus desempenhos e estes regredirem para outro grupo.

Por último, esses resultados foram apresentados aos decisores, que afirmaram que os pesos dos critérios e a classificação dos fornecedores refletiam suas preferências. Na dimensão ‘disposição para colaborar’, os critérios com maior peso foram auditoria de segurança (C_7) e conformidade de procedimentos de *compliance* (C_9), enquanto na dimensão ‘capacidades’ foram conhecimento técnico (C_7), treinamento de segurança (C_{14}) e número de acidentes (C_{15}). Esses critérios influenciaram diretamente os resultados da segmentação, pois os fornecedores melhor posicionados (F_2 e F_6) alcançaram alto desempenho nos critérios de maior peso. Já F_1 e F_3 tiveram um desempenho baixo em alguns

desses critérios, e também não alcançaram alta pontuação em diversos outros, o que levou à classificação no grupo 4. Ao endossar os resultados, os decisores afirmaram que a ponderação dos critérios reflete o enfoque da usina hidrelétrica na gestão de segurança do trabalho e aspectos sociais, já que acidentes nesse contexto podem gerar alto impacto negativo nos âmbitos econômico, ambiental e social. Também refletem a necessidade de atender aos procedimentos de *compliance*, uma vez que a empresa faz parte de um consórcio de usinas e deve atender a diversas regulamentações e demandas de vários *stakeholders*.

Análise de sensibilidade

Este estudo aplicou uma variação da técnica HFL-TOPSIS, proposta por Magalhães (2020) com base em Beg e Rashid (2013). Nessa abordagem, é possível atribuir pesos aos critérios, algo que não é possível na versão original proposta por Beg e Rashid (2013). Visando a analisar a consistência dos resultados fornecidos por essa versão da técnica, optou-se pela realização de testes de análise de sensibilidade. Esse procedimento permite analisar o impacto da variação de parâmetros de entrada sobre os resultados de saída do modelo (Saltelli et al., 2019).

A análise de sensibilidade foi conduzida para três cenários, sendo que as variações dos parâmetros ocorreram apenas nos pesos dos critérios, de modo a preservar as pontuações dos fornecedores dadas pelos decisores. O cenário 1 contempla a maximização dos pesos dos critérios ambientais, ou seja, foi atribuído um nível de importância maior aos pesos desses critérios em relação aos demais. Essa

maximização ocorreu a partir da atribuição do julgamento linguístico 'AB' (absoluto) para os critérios ambientais, enquanto para os outros critérios (econômicos e sociais) foi atribuído o julgamento 'M' (médio). Essa maximização foi realizada simultaneamente para as dimensões 'disposição para colaborar' e 'capacidades'. No cenário 2, a

maximização dos pesos ocorreu nos critérios econômicos e seguiu a mesma lógica do cenário 1. Já o cenário 3 realiza a maximização dos pesos dos critérios sociais. Nas Tabelas 12 e 13 são apresentados os julgamentos atribuídos aos pesos nos cenários 1, 2 e 3.

Tabela 12. Julgamentos dos pesos dos critérios da dimensão 'disposição para colaborar'.

Critérios	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 1	Decisor 2
C ₁ : Esforço para reduzir desperdício de materiais	[AB]	[AB]	[M]	[M]	[M]	[M]
C ₂ : Habilidade para trabalho em equipe	[M]	[M]	[AB]	[AB]	[M]	[M]
C ₃ : Comprometimento com a qualidade	[M]	[M]	[AB]	[AB]	[M]	[M]
C ₄ : Disposição para compartilhar informações, ideias, tecnologia e economia de custos	[M]	[M]	[AB]	[AB]	[M]	[M]
C ₅ : Relacionamento de longo prazo	[M]	[M]	[AB]	[AB]	[M]	[M]
C ₆ : Honestidade	[M]	[M]	[M]	[M]	[AB]	[AB]
C ₇ : Auditoria de segurança	[M]	[M]	[M]	[M]	[AB]	[AB]
C ₈ : Facilidade de comunicação	[M]	[M]	[M]	[M]	[AB]	[AB]
C ₉ : Conformidade de procedimentos de <i>compliance</i>	[M]	[M]	[M]	[M]	[AB]	[AB]

Nota. Proposto pelos autores.

Tabela 13. Julgamento dos pesos dos critérios da dimensão 'capacidades'.

Critério	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 1	Decisor 2
C ₁ : Certificações ambientais	[AB]	[AB]	[M]	[M]	[M]	[M]
C ₂ : Descarte adequado de resíduos	[AB]	[AB]	[M]	[M]	[M]	[M]
C ₃ : Descarte de materiais perigosos	[AB]	[AB]	[M]	[M]	[M]	[M]
C ₄ : Entrega sem atrasos	[M]	[M]	[AB]	[AB]	[M]	[M]
C ₅ : Capacidade técnica	[M]	[M]	[AB]	[AB]	[M]	[M]
C ₆ : Velocidade na resolução de problemas	[M]	[M]	[AB]	[AB]	[M]	[M]
C ₇ : Conhecimento técnico	[M]	[M]	[AB]	[AB]	[M]	[M]
C ₈ : Produtividade e eficiência	[M]	[M]	[AB]	[AB]	[M]	[M]
C ₉ : Qualidade	[M]	[M]	[AB]	[AB]	[M]	[M]
C ₁₀ : Tempo médio de treinamento por empregado	[M]	[M]	[M]	[M]	[AB]	[AB]
C ₁₁ : Programas de saúde para os funcionários	[M]	[M]	[M]	[M]	[AB]	[AB]
C ₁₂ : Trabalho infantil	[M]	[M]	[M]	[M]	[AB]	[AB]
C ₁₃ : Condições de trabalho	[M]	[M]	[M]	[M]	[AB]	[AB]
C ₁₄ : Treinamento de segurança	[M]	[M]	[M]	[M]	[AB]	[AB]
C ₁₅ : Número de acidentes	[M]	[M]	[M]	[M]	[AB]	[AB]
C ₁₆ : Satisfação dos funcionários	[M]	[M]	[M]	[M]	[AB]	[AB]
C ₁₇ : Reputação da empresa	[M]	[M]	[M]	[M]	[AB]	[AB]
C ₁₈ : Estrutura técnica	[M]	[M]	[AB]	[AB]	[M]	[M]
C ₁₉ : Situação financeira	[M]	[M]	[AB]	[AB]	[M]	[M]

Nota. Proposto pelos autores.

Após a definição dos cenários, aplicou-se novamente a sequência de cálculo apresentada nas etapas 1 e 2 do modelo, mantendo-se inalterados os julgamentos linguísticos referentes à avaliação dos fornecedores (Tabelas 6 e 10).

A Tabela 14 mostra os resultados dos testes, destacando os valores normalizados de RC_i para as duas dimensões de segmentação nos três cenários.

Tabela 14. Valores normalizados de RC para os três cenários testados.

F_i	Modelo proposto		Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Disp. para colaborar	Capacidades						
F_1	0,242	0,284	0,250	0,420	0,218	0,233	0,309	0,348
F_2	0,821	0,793	0,798	0,874	0,793	0,734	0,834	0,715
F_3	0,277	0,354	0,250	0,420	0,255	0,376	0,309	0,326
F_4	0,449	0,363	0,634	0,420	0,534	0,409	0,309	0,348
F_5	0,651	0,388	0,634	0,500	0,631	0,409	0,656	0,370
F_6	0,539	0,769	0,432	0,275	0,583	0,806	0,540	0,832

Nota. Proposto pelos autores.

Os grupos em que os fornecedores foram classificados no caso de aplicação e nos três cenários da análise de sensibilidade estão indicados na Tabela 15. Os valores destacados em negrito indicam os fornecedores que mudaram de grupo em relação ao caso de aplicação. F_1 ,

F_2 , F_3 e F_5 tiveram suas pontuações alteradas em ambas as dimensões de segmentação nos três cenários, mas o agrupamento destes permaneceu o mesmo, demonstrando certa estabilidade nos resultados do modelo.

Tabela 15. Agrupamento dos fornecedores para os três cenários.

Fornecedor	Aplicação	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
F_1	1	1	1	1
F_2	4	4	4	4
F_3	1	1	1	1
F_4	1	2	2	1
F_5	2	2	2	2
F_6	4	1	4	4

Nota. Proposto pelos autores.

Com exceção do cenário 3, o qual prioriza os critérios sociais, podem ser constatadas variações nos agrupamentos de F_4 e F_6 . Ou seja, a variação dos pesos dos critérios ambientais e econômicos impactou com maior intensidade a categorização dos fornecedores. Embora os decisores tenham escolhido uma quantidade relativamente menor de critérios ambientais, a variação mais significativa foi evidenciada no cenário 1, em que F_6 deslocou-se do grupo 4 para o grupo 1. Ainda que o uso de quantidade menor de critérios ambientais no caso de aplicação possa implicar uma avaliação menos minuciosa do desempenho ambiental dos fornecedores, os resultados reforçam o alto impacto destes critérios ambientais sobre o agrupamento de fornecedores. Também evidenciam a sensibilidade do modelo às variações nos valores dos pesos e demonstram a importância de

considerá-los na segmentação de fornecedores, já que podem afetar diretamente os resultados do agrupamento.

Além da análise de sensibilidade, para fins de comparação, foi realizada uma aplicação do modelo considerando apenas os critérios econômicos e mantendo as mesmas pontuações de entrada. Isso causou mudanças nas pontuações dos fornecedores (RC_i) e alterações na categorização, como ocorreu com F_4 , que foi movido do grupo 1 para o grupo 4. Esses resultados evidenciam que o uso de critérios ambientais e sociais podem impactar a categorização, de modo que os fornecedores que apresentam melhor desempenho socioambiental acabam sendo melhor posicionados na matriz de segmentação. Assim, a empresa compradora passa a fortalecer o relacionamento com os fornecedores que atendem de forma mais balanceada aos

critérios econômicos, ambientais e sociais, em detrimento daqueles que enfocam alto desempenho econômico e baixo desempenho ambiental e social (por exemplo, F_d).

CONCLUSÃO

Neste estudo foi proposto um modelo HFL-TOPSIS para segmentação de fornecedores com base em critérios do TBL, a fim de apoiar decisões em grupo em cenários de incerteza e hesitação. A aplicação-piloto realizada em uma usina hidrelétrica permitiu analisar o desempenho de seis fornecedores e classificá-los de acordo com 28 critérios relacionados ao TBL, sendo que os resultados da classificação foram endossados pelos decisores envolvidos. Os resultados dos testes de análise de sensibilidade reforçam a consistência dos resultados obtidos. O modelo pode subsidiar a elaboração de programas de desenvolvimento de fornecedores voltados para a sustentabilidade das operações. Também pode ser aplicado em situações em que o objetivo não seja a melhoria da sustentabilidade da cadeia de suprimentos. Nesses casos, é possível recorrer à literatura em busca de critérios relacionados a objetivos mais específicos para o contexto em questão.

Quando comparado com os modelos prévios mostrados na Tabela 1, o modelo proposto tem a vantagem de utilizar critérios econômicos, ambientais e sociais no processo de segmentação e de apoiar decisões sob hesitação. Também há algumas vantagens em relação ao modelo de Torres-Ruiz e Ravindran (2018), que é o único modelo prévio para segmentação de fornecedores que considera critérios econômicos, ambientais e sociais. Diferentemente de Torres-Ruiz e Ravindran (2018), o modelo proposto permite a atribuição de termos e expressões linguísticas, não

possui limitação quanto ao número de alternativas e critérios, e requer uma menor quantidade de julgamentos por não necessitar da realização de comparações pareadas entre os critérios e alternativas. Portanto, algumas das principais limitações existentes na técnica AHP, que é aplicada por Torres-Ruiz e Ravindran (2018) e diversos outros autores (Akman, 2015; Bianchini et al., 2019; Che, 2011; Park et al., 2010; Rezaei & Ortt, 2013a; Santos et al., 2017; Segura & Maroto, 2017), podem ser contornadas por meio do uso do modelo proposto. Isso também é válido para os modelos baseados em *fuzzy*-AHP (Haghighi, Morad, & Salahi, 2014; Lo & Sudjatkamika, 2015).

Como sugestão para a elaboração de estudos futuros, o modelo proposto pode ser replicado em outras empresas de diferentes setores da economia, pois assim seria possível comparar a importância que os decisores dão para determinados critérios, conforme o setor em que a empresa está situada. O conjunto e a quantidade de critérios escolhidos dependerão das necessidades da empresa compradora, de modo que uma quantidade menor de critérios poderá ser utilizada. Embora no caso apresentado predomine o uso de critérios econômicos e sociais, dadas as necessidades da empresa em questão, aplicações futuras poderão considerar critérios ambientais, sociais e econômicos de forma balanceada. Outra sugestão para o desenvolvimento de estudos futuros seria a realização de estudos comparativos entre os modelos de segmentação existentes na literatura. Além disso, a técnica HFL-TOPSIS pode ser testada em outros problemas da área de gestão de cadeias de suprimentos sustentáveis, como a seleção de fornecedores usando critérios do TBL e avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores e de cadeias de suprimentos sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- Akman, G. (2015). Evaluating suppliers to include green supplier development programs via fuzzy c-means and VIKOR methods. *Computers & Industrial Engineering*, 86(1), 69-82. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.10.013>
- Aloini, D., Dulmin, R., Mininno, V., & Zerbino, P. (2019). Leveraging procurement-related knowledge through a fuzzy-based DSS. *Journal of Knowledge Management*, 23(1), 1077-1104. <https://doi.org/10.1108/JKM-10-2018-0614>
- Bai, C., Rezaei, J., & Sarkis, J. (2017). Multicriteria green supplier segmentation. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 64(4), 515-528. <https://doi.org/10.1109/TEM.2017.2723639>
- Beg, I., & Rashid, T. (2013). TOPSIS for hesitant fuzzy linguistic term sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 28(1), 1162-1171. <https://doi.org/10.1002/int.21623>
- Bemelmans, J., Voordijk, H., Vos, B., & Buter, J. (2012). Assessing buyer-supplier relationship management: Multiple case-study in the Dutch Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(1), 163-176. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000418](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000418)
- Bertrand, J. W. M., & Fransoo, J. (2002). Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(2), 241-264. <https://doi.org/10.1108/01443570210414338>
- Bianchini, A., Benci, A., Pellgrini, M.P., & Rossi, J. (2019). Supply chain redesign for lead-time reduction through Kraljic purchasing portfolio and AHP integration. *Benchmarking: An International Journal*, 26(1), 1194-1209. <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2018-0222>

- Borges, W. V., & Lima, F. R. Junior (2020). Modelos de suporte à decisão para segmentação de fornecedores: Uma revisão sistemática da literatura. *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção (CONBREPRO)*, Ponta Grossa, PR, Brasil, 10. Retrieved from https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/09252020_140959_5f6e2af7ae0a7.pdf
- Boujelben, M. A. (2017). A unicriterion analysis based on the PROMETHEE principles for multicriteria ordered clustering. *Omega*, 69(1), 126-140. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.08.007>
- Che, Z. H. (2011). Clustering and selecting suppliers based on simulated annealing algorithms. *Computers & Mathematics with Applications*, 63(1), 228-238. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2011.11.014>
- Day, M., Magnan, G. M., & Moeller, M. M. (2010). Evaluating the bases of supplier segmentation: A review and taxonomy. *Industrial Marketing Management*, 39(4), 625-639. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2009.06.001>
- Demir, L., Akpınar, M. E., Araz, C., & Ilgin, M. A. (2018). A green supplier evaluation system based on a new multi-criteria sorting method: VIKORSORT. *Expert Systems with Applications*, 114(1), 479-487. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.07.071>
- Elkington, J. (2000). Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st Century Business. *Journal of Business Ethics*, 23, 229-231. <https://doi.org/10.1023/A:1006129603978>
- Guarnieri, P. (2015). Síntese dos principais critérios, métodos e subproblemas da seleção de fornecedores multicritério. *Revista de Administração Contemporânea*, 19(1), 1-25. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac20151109>
- Haghighi, P. S., Morad, M., & Salahi, M. (2014). Supplier segmentation using fuzzy linguistic preference relations and fuzzy clustering. *I. J. Intelligent Systems and Applications*, 5(1), 76-82. <https://doi.org/10.5815/IJISA.2014.05.08>
- Jharkharia, S., & Das, C. (2019). Low carbon supplier development: A fuzzy c-means and fuzzy formal concept analysis based analytical model. *Benchmarking: An International Journal*, 26(1), 73-96. <https://doi.org/10.1108/BIJ-03-2018-0074>
- Kaur, H., & Singh, S. P. (2021). Multi-stage hybrid model for supplier selection and order allocation considering disruption risks and disruptive technologies. *International Journal of Production Economics* 231. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107830>
- Lambert, D., & Schwieterman, M. (2012). Supplier relationship management as a macro business process. *Supply Chain Management*, 17(3), 337-352. <https://doi.org/10.1108/13598541211227153>
- Lima, F. R. Junior, & Carpinetti, L. C. R. (2016). Combining SCOR model and fuzzy TOPSIS for supplier evaluation and management. *International Journal of Production Economics*, 174(1), 128-141. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.01.023>
- Lima, F.R., Junior, Osiro, L., & Carpinetti, L. C. (2014). A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft Computing*, 21(1), 194-209. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.03.014>
- Lo, S., & Sudjatkika, F. V. (2015). Solving multi-criteria supplier segmentation based on the modified FAHP for supply chain management: A case study. *Soft Computing*, 20(12), 4981-4990. <https://doi.org/10.1007/s00500-015-1787-1>
- Magalhães, W.R. (2020). *Proposição e aplicação de um modelo para priorização de risco baseado em FMEA e Hesitant Fuzzy-TOPSIS* (Dissertation). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.
- Medeiros, M., & Ferreira, L. (2018). Development of a purchasing portfolio model: An empirical study in a Brazilian hospital. *Journal Production Planning & Control*, 29(7), 571-585. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1434912>
- Onar, S. C., Oztaysi, B., Kahraman, C. (2014). Strategic decision selection using hesitant fuzzy TOPSIS and interval type-2 fuzzy AHP: A case study. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 7(5), 1002-1021. <https://doi.org/10.1080/18756891.2014.964011>
- Osiro, L., Lima, F. R. Junior, & Carpinetti, L. C. R. (2014). A fuzzy logic approach to supplier evaluation for development. *International Journal of Production Economics*, 153(1), 95-112. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.02.009>
- Osiro, L., Lima, F. R. Junior, & Carpinetti, L. C. R. (2018). A group decision model based on quality function deployment and hesitant fuzzy for selecting supply chain sustainability metrics. *Journal of Cleaner Production*, 183(1), 964-978. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.197>
- Park, J., Shin, K., Chang, T., & Park, J. (2010). An integrative framework for supplier relationship management. *Industrial Management & Data Systems*, 110(4), 495-515. <https://doi.org/10.1108/02635571011038990>
- Parkouhi, S. V., Ghadikolaei, A. S., & Lajimi, H. F. (2019). Resilient supplier selection and segmentation in grey environment. *Journal of Cleaner Production*, 207(1), 1123-1137. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.007>
- Pedroso, C. B., Tate, W. L., Silva, A. L. da, & Carpinetti, L. C. R. (2021). Supplier development adoption: A conceptual model for triple bottom line (TBL) outcomes. *Journal of Cleaner Production* 314. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127886>
- Pelissari, R., Oliveira, M. C., Abackerli, A. J., Ben-Amor, S., & Assumpção, M. R. P. (2018). Techniques to model uncertain input data of multi-criteria decision-making problems: A literature review. *Intl. Trans. in Op. Res* 00, 1-37. <https://doi.org/10.1111/itor.12598>
- Rashidi, K., Noorizadeh, A., Kannan, D., & Cullinane, K. (2020). Applying the triple bottom line in sustainable supplier selection: A meta-review of the state-of-the-art. *Journal of Cleaner Production* 269. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122001>
- Restrepo, R., & Villegas, J. G. (2019). Supplier evaluation and classification in a Colombian motorcycle assembly company using data envelopment analysis. *Academia Revista Latinoamericana de Administración*, 32(2), 159-180. <https://doi.org/10.1108/ARLA-04-2017-0107>

- Rezaei, J., & Lajimi, H. F. (2019). Segmenting supplies and suppliers: Bringing together the purchasing portfolio matrix and the supplier potential matrix. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 22(4), 419-436. <https://doi.org/10.1080/13675567.2018.1535649>
- Rezaei, J., & Ortt, R. (2013a). Multi-criteria supplier segmentation using a fuzzy preference relations based AHP. *European Journal of Operational Research*, 225(1), 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.09.037>
- Rezaei, J., & Ortt, R. (2013b). Supplier segmentation using fuzzy logic. *Industrial Marketing Management*, 42(4), 507-517. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2013.03.003>
- Rezaei, J., Kadzinski, M., Vana, C., & Tavasszy, L. A. (2017). Embedding carbon impact assessment in multi-criteria supplier segmentation using ELECTRE TRI-rC. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2454-y>
- Rezaei, J., Wang, J., & Tavasszy, L. (2015). Linking supplier development to supplier segmentation using Best Worst Method. *Expert Systems with Applications*, 42(23), 9152-9164. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.07.073>
- Rodríguez, R. M., Martínez, L., & Herrera, F. (2012). Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 20(1), 109-119. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2011.2170076>
- Saltelli, A., Aleksankina, K., Becker, W., Fennell, P., Ferretti, F., Holst, N., & Wu, Q. (2019). Why so many published sensitivity analyses are false: A systematic review of sensitivity analysis practices. *Environmental Modelling & Software*, 114(1), 29-39. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.01.012>
- Santos, L. F. O. M., Osiro, L., & Lima, R. H. P. (2017). 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*, 79(1), 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.02.032>
- Segura, M., & Maroto, C. (2017). A multiple criteria supplier segmentation using outranking and value function methods. *Expert Systems with Applications*, 69(1), 87-100. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.10.031>
- Seuring, S., & Muller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699-1710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
- Torres-Ruiz, A., & Ravindran, R. (2018). Multiple criteria framework for the sustainability risk assessment of a supplier portfolio. *Journal of Cleaner Production*, 172(1), 4478-4493. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.304>

Autoria

William Viana Borges*

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Administração

Av. Sete de Setembro, n. 3165, Rebouças, 80230-010, Curitiba, PR, Brasil

E-mail: williamvianaborges@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5166-2846>

Francisco Rodrigues Lima Junior

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Administração

Av. Sete de Setembro, n. 3165, Rebouças, 80230-010, Curitiba, PR, Brasil

E-mail: frjunior@utfpr.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0001-7053-5519>

Jurandir Peinado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Administração

Av. Sete de Setembro, n. 3165, Rebouças, 80230-010, Curitiba, PR, Brasil

E-mail: jurandirpeinado@utfpr.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-4777-6984>

Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Produção

Av. Trabalhador São-Carlense, n. 400, Parque Arnold Schimidt, 13566-590, São Carlos, SP, Brasil

E-mail: carpinet@sc.usp.br

 <https://orcid.org/0000-0002-8357-2607>

* Autor Correspondente

Financiamento

Os autores relataram que não houve suporte financeiro para a pesquisa deste artigo.

Verificação de Plágio

A RAC mantém a prática de submeter todos os documentos aprovados para publicação à verificação de plágio, mediante o emprego de ferramentas específicas, e.g.: iThenticate.

Contribuições dos Autores

1º autor: conceituação (liderança); análise formal (liderança); investigação (liderança); metodologia (liderança); validação (liderança); visualização (liderança); escrita - rascunho original (liderança).

2º autor: conceituação (igual); metodologia (igual); administração de projeto (liderança); supervisão (igual); validação (liderança); escrita - rascunho original (suporte).

3º autor: conceituação (suporte); supervisão (liderança); validação (igual); escrita - revisão e edição (igual).

4º autor: conceituação (igual); supervisão (igual); validação (suporte); escrita - revisão e edição (liderança).

Direitos Autorais

A RAC detém os direitos autorais deste conteúdo.

Conflito de Interesses

Os autores informaram que não há conflito de interesses.

Método de Revisão por Pares

Este conteúdo foi avaliado utilizando o processo de revisão por pares duplo-cego (*double-blind peer-review*). A divulgação das informações dos pareceristas constantes na primeira página e do Relatório de Revisão por Pares (Peer Review Report) é feita somente após a conclusão do processo avaliativo, e com o consentimento voluntário dos respectivos pareceristas e autores.

Disponibilidade dos Dados

Os autores afirmam que todos os dados utilizados na pesquisa foram disponibilizados publicamente, e podem ser acessados por meio da plataforma Harvard Dataverse:



Borges, William Viana; Lima Junior, Francisco Rodrigues; Peinado, Jurandir; Carpinetti, Luiz Cesar Ribeiro, 2021, "Replication Data for: "A Hesitant Fuzzy Linguistic TOPSIS model to support Supplier Segmentation" published by RAC - Revista de Administração Contemporânea", Harvard Dataverse, V1.

<https://doi.org/10.7910/DVN/B33ARK>

A RAC incentiva o compartilhamento de dados mas, por observância a ditames éticos, não demanda a divulgação de qualquer meio de identificação de sujeitos de pesquisa, preservando a privacidade dos sujeitos de pesquisa. A prática de *open data* é viabilizar a reproducibilidade de resultados, e assegurar a irrestrita transparência dos resultados da pesquisa publicada, sem que seja demandada a identidade de sujeitos de pesquisa.

A RAC é membro e subscreve os princípios do COPE - Comitê de Ética em Publicações

