



ConBRepro

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



01 a 03
de dezembro 2021

Revisão sistemática de literatura sobre o método *Hesitant Fuzzy* VIKOR e suas extensões

Mery Ellen Brandt de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Administração – UTFPR

Francisco Rodrigues Lima Junior (UTFPR)

Programa de Pós-Graduação em Administração – UTFPR

Resumo: Ao se deparar num ambiente de tomada de decisões com critérios conflitantes, ou em que as informações não são suficientes para fazer uma avaliação objetiva, os métodos baseados no *Hesitant Fuzzy* VIKOR (HFVIKOR) são adequados pois, obtêm ranqueamentos com compromisso a partir de um conjunto de termos linguísticos que são utilizados para lidar com a incerteza e a imprecisão. Este estudo realiza uma revisão sistemática de literatura no qual 57 artigos, selecionados em 6 bases de conhecimento e publicados entre 2013 e 2021, são analisados para mapear os estudos baseados no método HFVIKOR e suas extensões. Como resultado apresenta-se a sistematização das áreas de pesquisa, a quantidade de publicações realizadas por ano e por jornal; identificação dos parâmetros utilizados para comparações dos métodos nos artigos. Essas informações podem ser usadas por gestores e decisores para a escolha de um método mais adequado ao se tomar decisões sob incerteza ou imprecisão.

Palavras-chave: *Hesitant Fuzzy Linguistic Terms Set*, VIKOR, Revisão Sistemática de Literatura, MCDM

Systematic literature review on the *Hesitant Fuzzy* VIKOR method and its extensions

Abstract: When faced in a decision-making environment with conflicting criteria, or where information is not sufficient to make an objective assessment, hesitant Fuzzy VIKOR (HFVIKOR) based methods are appropriate because they obtain appointments with commitment from a set of linguistic terms that are used to deal with uncertainty and inaccuracy. This study conducts a systematic literature review in which 57 articles, selected in 6 knowledge bases and published between 2013 and 2021, are analyzed to map studies based on the HFVIKOR method and its extensions. As a result, the systematization of the research areas is presented, the number of publications made per year and per newspaper; identification of the parameters used for comparisons of the methods in the articles. This information can be used by managers and decision makers to choose a more appropriate method when making decisions under uncertainty or inaccuracy.

Keywords: *Hesitant Fuzzy Linguistic Terms Set*, VIKOR, Systematic Literature Review, MCDM

1. Introdução

Num ambiente de tomada de decisão, muitas vezes os critérios são conflitantes, os decisores nem sempre possuem informações para fazer uma avaliação objetiva, outras vezes não é possível decidir utilizando somente uma das opções apresentadas. Uma maneira de lidar com esses problemas é utilizar os métodos multicritério de tomada de decisão (MCDM). Nesse cenário o método *Hesitant Fuzzy VIKOR* (ZHANG e WEI, 2013) agrega o método VIKOR (em sérvio, *Vlsekriterijumska Optimizacija I KOmpromisno Resenje*, que significa Otimização Multicritério e Solução de Compromisso), proposto por Opricovic (1998), um MCDM que ranqueia as alternativas e determina a solução compromisso mais próxima da solução ideal num cenário em que os critérios de avaliação são conflitantes entre si e a abordagem *Hesitant Fuzzy*, proposta por Torra (2010) que permite a avaliação em situações de incerteza e hesitação.

A primeira proposta do método *Hesitant Fuzzy VIKOR* (HFVIKOR) foi realizada por Zhang e Wei (2013). Posteriormente outras versões foram propostas (LIAO e XU, 2013; ZHANG e WEI, 2013; WEI e ZHANG, 2014; AHMAD *et al.* 2015). Nas buscas, foram encontradas quatro revisões de literatura sobre o VIKOR (YAZDANI e GRAEML, 2014; MARDANI *et al.*, 2016; JAYANT e SHARMA, 2018; GUL *et al.*, 2016), porém nenhuma dessas evidenciou o estado da arte do método *Hesitant Fuzzy VIKOR* e de suas extensões.

Diante do exposto, este estudo realiza uma revisão sistemática de literatura com objetivo de mapear os estudos baseados no método *Hesitant Fuzzy VIKOR* e suas extensões, as áreas de pesquisa, a quantidade de publicações realizadas por ano, por jornal, identificar as técnicas que podem ser combinadas com o método, além de levantar quais são os meios de comparações utilizados nos artigos analisados a fim de evidenciar as características gerais do método e identificar as lacunas para futuras pesquisas. Quanto à estrutura, a seção 2 compreende os procedimentos metodológicos, seguido pela seção 3 na qual são apresentados os resultados e as discussões, por fim, a seção 4 com as conclusões, limitações e sugestões de futuras pesquisas.

2. Procedimentos metodológicos

A partir do mapeamento, foram selecionados 57 artigos, publicados entre 2013 e 2021. As buscas foram realizadas nas bases *Emerald* (www.emerald.com), *Taylor & Francis* (<https://www.tandfonline.com>), *Science Direct* (<https://www.sciencedirect.com>), *IEEEExplore* (<https://ieeexplore.ieee.org>), *Springer* (<https://www.springer.com>) e *Scopus* (<https://www.scopus.com>), além do buscador *Google Scholar* (<https://scholar.google.com>).

Para realizar a revisão sistemática de literatura, a busca em cada uma das bases seguiu o procedimento padronizado (GALVÃO e RICARTE, 2019) abaixo:

- a) inserir o termo “*Hesitant Fuzzy*” (entre aspas) AND “VIKOR” nos respectivos campos de busca de cada base de periódicos;
- b) excluir artigos que apareceram em mais de uma base. Para isso, foi compilado todos os resultados em uma planilha eletrônica, identificando de quais bases foram encontrados. A seguir, foram classificados os títulos em ordem alfabética, registrando duplicado em cada evento em que o título e o *Digital Object Identifier* (DOI) foram detectados como repetidos;
- c) refinar os resultados da pesquisa por ano de publicação a partir de 2013. As buscas se restringiram aos artigos publicados nos últimos 9 anos (2013 a 2021), tendo em vista que a primeira publicação do método HFVIKOR ocorreu em 2013.
- d) utilizar filtros para selecionar apenas artigos acadêmicos publicados em periódicos científicos e com acesso ao conteúdo completo;
- e) selecionar somente artigos escritos em Língua Portuguesa ou Inglesa;

f) selecionar artigos a partir da leitura dos títulos, dos resumos e das palavras-chave; foram excluídos os artigos que se referiam somente ao *Hesitant Fuzzy*, mas não ao VIKOR, ou vice-versa.

g) filtrar os artigos que, após a leitura completa, se encontraram fora do escopo de estudo. Foram excluídos, neste passo, os artigos que mencionavam *Hesitant Fuzzy* ou VIKOR, mas não os dois no mesmo artigo, e ainda os estudos que propunham outros métodos e utilizavam o método HFVIKOR somente para comparar resultados na validação do método proposto no respectivo artigo.

h) incluir referências cruzadas encontradas na leitura completa dos artigos.

A tabela 1 resume o número de artigos encontrados em cada uma dessas fases.

Tabela 1 - Resultado do procedimento de seleção de artigos a serem analisados

Base/fase	a	b	c	d	e	f	g	h
<i>Emerald</i>	77	25	25	25	25	2	1	1
<i>Taylor & Francis</i>	69	14	14	14	14	6	3	3
<i>Science Direct</i>	522	53	43	42	42	27	10	10
<i>IEEE Xplore</i>	7	7	7	7	7	6	5	5
<i>Google Scholar</i>	3766	439	421	387	301	44	1	1
<i>Springer</i>	413	229	229	227	227	39	5	5
<i>Scopus</i>	81	70	70	70	70	70	30	30
Referências cruzadas	0	0	0	0	0	0	0	2
Total	4935	837	809	772	686	194	55	57

Fonte: A autoria própria (2021)

Durante a busca no *Google Scholar*, muitos dos trabalhos eram duplicados, outros eram escritos em idiomas fora do escopo da pesquisa. Todos os artigos selecionados foram escritos em Língua Inglesa, pois não foram encontrados artigos em Língua Portuguesa.

Os artigos selecionados foram mapeados em uma planilha eletrônica. Para a escolha dos fatores a serem utilizados foram observadas revisões de literatura, estudos comparativos e artigos que propunham o método VIKOR. Após as leituras foram selecionados os seguintes tópicos:

- a) título do periódico (BEHZADIAN *et al.*, 2012; LIMA JUNIOR *et al.*, 2013);
- b) país de registro dos pesquisadores (BEHZADIAN *et al.*, 2012; LIMA JUNIOR *et al.*, 2013);
- c) ano de publicação (BEHZADIAN *et al.*, 2012);
- d) resumo (PELLISSARI *et al.*, 2021);
- e) palavras-chave (PELLISSARI *et al.*, 2021; YAZDANI *et al.*, 2014);
- f) número de técnicas utilizadas (LIMA JUNIOR *et al.*, 2013; PELLISSARI *et al.*, 2021; JAVANT *et al.*, 2018; GUARNIERI, 2015; KAHRAMAN *et al.*, 2015);
- g) áreas de aplicação dos métodos (BEHZADIAN *et al.*, 2012; LIMA JUNIOR *et al.*, 2013);
- h) forma de representação das avaliações das alternativas (KAHRAMAN *et al.*, 2015; GUL *et al.*, 2016);
- i) suporte à decisão em grupo, agregação das avaliações e atribuição de pesos aos decisores (BEHZADIAN *et al.*, 2012; KRISHANKUMAR *et al.*, 2018);
- j) forma de representação das avaliações dos critérios e atribuição de pesos aos critérios (LIMA JUNIOR *et al.*, 2013; KAHRAMAN *et al.*, 2015; GUL *et al.*, 2016);

- k) obtenção da solução ideal positiva (SIP) e da solução ideal negativa (SIN) (BEHZADIAN *et al.*, 2012; MARDANI *et al.*, 2016);
- l) tipo de distância utilizada (BEHZADIAN *et al.*, 2012; KAHRAMAN *et al.*, 2015);
- m) forma de calcular a utilidade de grupo (S), o arrependimento individual (R) e o ranqueamento final (Q) de acordo com a estratégia de decisão (MARDANI *et al.*, 2016);
- n) forma de calcular a solução de compromisso (MARDANI *et al.*, 2016); e
- o) forma de testar a robustez do método proposto e comparações realizadas com outro(s) método(s), (BEHZADIAN *et al.*, 2012; YAZDANI *et al.*, 2014; OPRICOVIC e TZENG, 2014; STANUJKIC *et al.*, 2012).

Este trabalho insere os itens k, m e n, que não foram considerados nas revisões anteriores, mas que podem ser importantes para se tomar uma decisão com mais clareza. Com a sistematização das características dos métodos analisados, foi possível identificar quais extensões foram propostas, quais as áreas de aplicação e ainda verificar quais estudos comparativos já foram realizados a partir do HFVIKOR e de suas extensões. Após análise dos dados, os resultados são apresentados e discutidos na Seção 3.

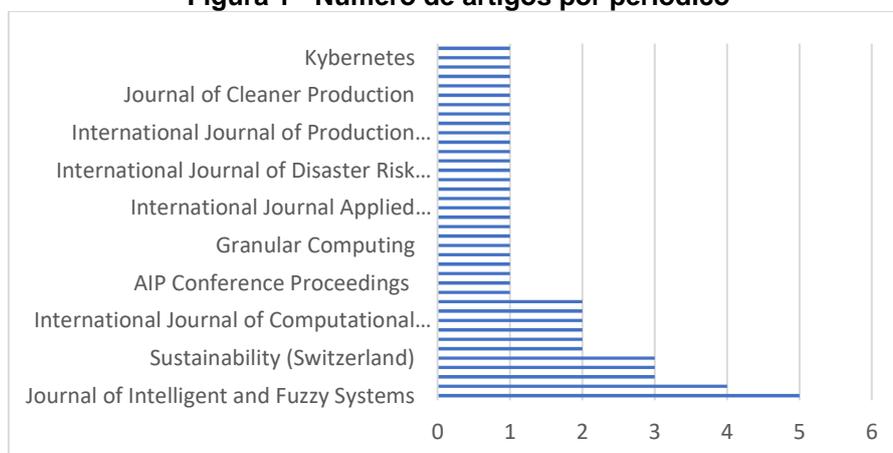
3. Resultados e discussões

Essa seção apresenta os resultados dos artigos analisados, e refinadas conforme descrito na seção 2, por se tratar de uma amostra colhida em 6 bases de conhecimento, muitos estudos podem ter sido deixados de fora. Foram evidenciados o número artigos publicados de 2013 a 2021, e classificados de acordo com a origem dos estudos e as características levantadas.

3.1. Origem dos Estudos

A figura 1 apresenta a distribuição dos artigos analisados por periódico. Nota-se que 53% (30 artigos) são oriundos dos periódicos *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems* com 5 artigos; *Soft Computing* com 4 artigos; *IEEE Access*; *Neural Computing and Applications*; *Sustainability (Switzerland)* com 3 artigos em cada; *Computers & Industrial Engineering*; *Expert Systems with Applications*; *Information Sciences*; *International Journal of Computational Intelligence Systems*; *Journal of the Operational Research Society*; *Mathematical Problems in Engineering* com dois artigos por revista. Os demais 47% (27 artigos) foram publicados apenas um artigo por periódico.

Figura 1 - Número de artigos por periódico

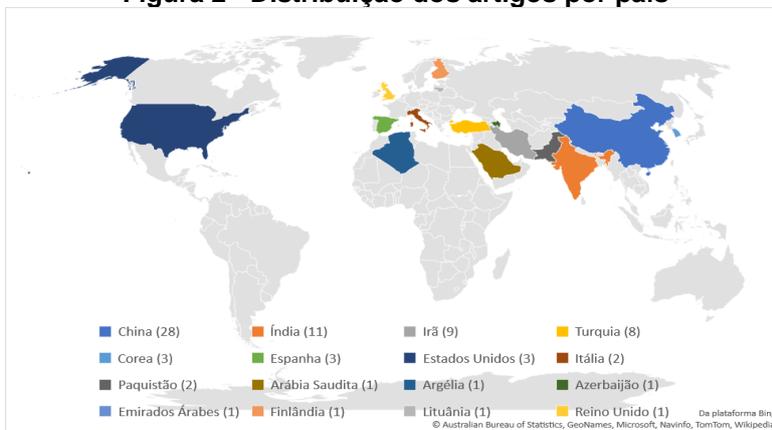


Fonte: Autoria própria (2021)

A figura 2, exibe a distribuição dos artigos por país de origem dos estudos. É possível verificar que a maioria dos artigos (28) foram escritos por pesquisadores da China (36,8%),

seguido de Índia (14,5%), Irã (11,8%), Turquia (10,5%), Coreia, Espanha e Estados Unidos (3,9% cada), Itália, Paquistão (2,6% cada), Arábia Saudita, Argélia, Azerbaijão, Emirados Árabes, Finlândia, Lituânia e Reino Unido (1,3%, ou seja, 1 artigo por país). Não foram identificados trabalhos realizados por pesquisadores no Brasil.

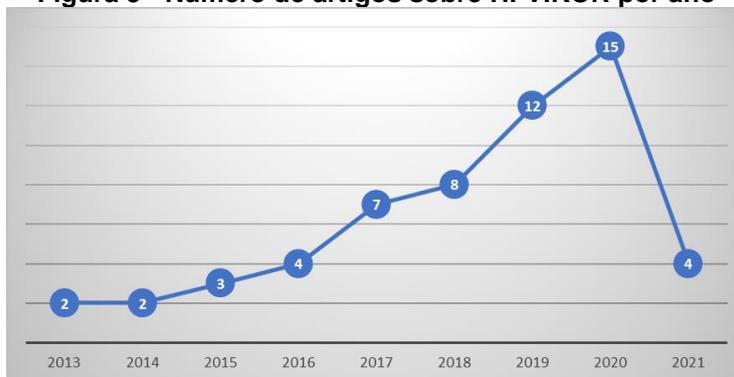
Figura 2 - Distribuição dos artigos por país



Fonte: Autoria própria (2021)

A figura 3 apresenta a evolução do número de artigos sobre HFVIKOR e suas extensões publicados por ano. A tendência crescente na quantidade de artigos encontrados reforça que o HFVIKOR e suas extensões vem recebendo cada vez mais atenção por parte dos pesquisadores e ressalta a importância de se estudar este método e suas extensões.

Figura 3 - Número de artigos sobre HFVIKOR por ano



Fonte: Autoria própria (2021)

3.2. Características dos Métodos

Os trabalhos de revisão sistemática sobre os métodos MCDM são unânimes em categorizar os métodos em isolados e combinados (número de métodos usados para a solução de um problema) (GUARNIERI, 2015; KAHRAMAN *et al.*, 2015). Na proposição de extensões para o método, há uma preocupação em propor adaptações que sejam capazes de captar as avaliações dos decisores de forma mais natural possível, seja pelo uso de intervalos numéricos, termos linguísticos ou expressões linguísticas. Pode-se observar também que há muitos trabalhos que combinam a abordagem Fuzzy a fim de viabilizar resolução de problemas em situações de hesitação e incerteza. Um desses métodos é o HFVIKOR, que possibilita ao decisor o uso de um conjunto de números Fuzzy para exprimir seu julgamento.

Nos 57 artigos analisados foram identificados 42 tipos de técnicas baseadas na abordagem *Hesitant Fuzzy* e suas extensões com o método VIKOR e com outras técnicas. O quadro 1 apresenta os 40 artigos em que foram propostos métodos isolados, isto é, utilizando a

abordagem *Hesitant Fuzzy* ou uma de suas extensões com o método VIKOR. Em 9 artigos, foi proposto o método *Hesitant Fuzzy-VIKOR* e essas propostas se diferenciam quanto à apresentação dos números fuzzy (triangulares e trapezoidais), à maneira de se calcular as medidas de distância (Euclidiana, *Hamming*) e à forma de agregação das avaliações.

Quadro 1 - Nome das técnicas isoladas propostas

Sigla	Técnica (número de artigos)
BD HFVIKOR	<i>Bidimensional Dual Hesitant Fuzzy -VIKOR</i> (1)
DHFLT-VIKOR	<i>Dual Hesitant Fuzzy Linguistic-VIKOR</i> (1)
DHHFL-VIKOR	<i>Double-Hierarchy Hesitant Fuzzy Linguistic -VIKOR</i> (1)
EHFL-VIKOR	<i>Extended Hesitant Fuzzy Linguistic -VIKOR</i> (1)
HFLT-VIKOR	<i>Hesitant Fuzzy Linguistic-VIKOR</i> (5)
HFVIKOR	<i>Hesitant Fuzzy-VIKOR</i> (9)
HF, CPT e VIKOR	<i>Hesitant Fuzzy-VIKOR based-Cumulative prospect theory</i> (1)
HFSDV-VIKOR	<i>Hesitant Fuzzy Standard Deviation-VIKOR</i> (1)
<i>Híbrid-VIKOR</i>	<i>Híbrid-VIKOR</i> (1)
HIVPF-VIKOR	<i>Hesitant interval-valued Pythagorean Fuzzy-VIKOR</i> (1)
HHFE-VIKOR	<i>Hybrid Hesitant Fuzzy Entropy-VIKOR</i> (1)
IFCHFLTS-VIKOR	<i>Intuitionistic Fuzzy Confidence-Based Hesitant Fuzzy Linguistic -VIKOR</i> (1)
IVD HFVIKOR	<i>Interval-Valued Dual Hesitant Fuzzy-VIKOR</i> (1)
IV HFVIKOR	<i>Interval-Valued Hesitant Fuzzy-VIKOR</i> (1)
IVI HFVIKOR	<i>Interval-Valued Intuitionistic Hesitant Fuzzy-VIKOR</i> (1)
IVP HFVIKOR	<i>Interval-Valued Probabilistic Hesitant Fuzzy-VIKOR</i> (1)
LHIF-VIKOR	<i>Linguistic Hesitant Intuitionistic Fuzzy-VIKOR</i> (1)
L HFVIKOR	<i>Linguistic Hesitant Fuzzy -VIKOR</i> (3)
MHFL-VIKOR	<i>Multi Hesitant Fuzzy Linguistic-VIKOR</i> (1)
N HFVIKOR	<i>Neutrosophic Hesitant Fuzzy-VIKOR</i> (1)
PDoHFL-VIKOR	<i>Probabilistic double hierarchy linguistic-VIKOR</i> (2)
PHFL-VIKOR	<i>Proportional hesitant fuzzy linguistic-VIKOR</i> (1)
Py HFVIKOR	<i>Pythagorean Hesitant Fuzzy-VIKOR</i> (1)
Pp HFVIKOR	<i>Proportional Hesitant Fuzzy-VIKOR</i> (1)
Pb HFVIKOR	<i>Probabilistic Hesitant Fuzzy-VIKOR</i> (1)
TW HFVIKOR	<i>Three Way Hesitant Fuzzy-VIKOR</i> (1)

Fonte: Autoria própria (2021)

O quadro 2 apresenta os 17 artigos em que foram propostos métodos combinados com algum outro método, isto é, utiliza a abordagem *Hesitant Fuzzy* ou uma de suas extensões, o método VIKOR e mais algum outro método tradicional (AHP, ANP, Delphi, DEMATEL, SWARA, QFD, SERVQUAL). Apenas o método HFL-AHP-VIKOR foi utilizado em mais de um artigo, mostrando que esse é um campo ainda vasto e carente de pesquisa.

Quadro 2 – métodos combinados com HFVIKOR e suas extensões

Sigla (número de artigos)	Método
Análise Fatorial- HFVIKOR (1)	<i>Factor analysis Hesitant Fuzzy VIKOR</i>
<i>Delphi</i> -AHP-HFL-VIKOR (1)	<i>Delphi AHP Hesitant Fuzzy Linguistic VIKOR</i>
<i>Delphi</i> -DEMATEL-EHFL-VIKOR (1)	<i>Delphi DEMATEL Extended Hesitant Fuzzy Linguistic VIKOR</i>
DEMATEL- HFVIKOR (1)	<i>DEMATEL Hesitant Fuzzy VIKOR</i>
FMEA-F-AHP- HFVIKOR (1)	<i>FMEA Fuzzy AHP Hesitant Fuzzy VIKOR</i>
HF-AHP-VIKOR (1)	<i>Hesitant Fuzzy AHP VIKOR</i>
HF-ANP-VIKOR (1)	<i>Hesitant Fuzzy ANP VIKOR</i>
HFL-AHP-DEMATEL-VIKOR (1)	<i>Hesitant Fuzzy Linguistic AHP DEMATEL VIKOR</i>
HFL-AHP-VIKOR (2)	<i>Hesitant Fuzzy Linguistic AHP VIKOR</i>
HF-SWARA-VIKOR (1)	<i>Hesitant Fuzzy SWARA VIKOR</i>
HHFE-VIKOR (1)	<i>Hybrid Hesitant Fuzzy Entropy VIKOR</i>
IHFL-DEMATEL-VIKOR (1)	<i>Interval Hesitant Fuzzy Linguistic DEMATEL VIKOR</i>
IVIHf-DEMATEL-VIKOR (1)	<i>Interval Valued Intuitionistic Hesitant Fuzzy DEMATEL VIKOR</i>
PDHF-AHP-VIKOR (1)	<i>Probabilistic Dual Hesitant Fuzzy AHP VIKOR</i>
QFD, DEMATEL, HFVIKOR (1)	<i>QFD DEMATEL Hesitant Fuzzy VIKOR</i>
SERVQUAL-DEMATEL- HFVIKOR (1)	<i>SERVQUAL DEMATEL Hesitant Fuzzy VIKOR</i>

Fonte: Autoria própria (2021)

Durante a análise, foi possível perceber que o método HFVIKOR e suas extensões são aplicados em diversos setores como: gestão da cadeia de suprimentos; gestão de projetos, gestão de infraestrutura, gestão de serviços, gestão de infraestrutura, gestão de sistemas, gestão de saúde, entre outros. Alguns artigos são teóricos, dedicados a demonstrações matemáticas, e não apresentam uma aplicação prática, mas contribuem ao realizar simulações de cenários para validação dos métodos.

A figura 4 mostra a porcentagem de artigos aplicados a cada uma das diversas áreas identificadas. Na figura 4(a), apresenta-se os métodos propostos isoladamente e a figura 4(b) foca nos métodos combinados. Pode-se perceber que a área de cadeia de suprimentos é a que se destaca na aplicação do método HFVIKOR isoladamente, com 10 trabalhos, seguidos pela área de gestão de projetos (7) e infraestrutura (5), estas áreas são responsáveis por mais de 50% dos artigos publicados. Quando a aplicação é combinada, a gestão de serviços ganha visibilidade com 6 trabalhos. Os métodos combinados, usam o HFVIKOR ou uma de suas extensões para ranquear as alternativas e os demais métodos são utilizados para gerar o peso dos critérios e/ou peso dos decisores ou para agregar ou chegar a um consenso na avaliação de alternativas por um grupo de decisores. O benefício de se combinar métodos é utilizar o método que é mais eficaz para cada situação. Porém, ao mesmo tempo a combinação dos métodos pode implicar em imposição de limitações ao método VIKOR que não existiam quando aplicado isoladamente.

Figura 4 - (a) Artigos por área de aplicação com o método HFVIKOR aplicado isoladamente (b) Artigos por área de aplicação com o método HFVIKOR aplicado combinado com outros métodos



Fonte: Autoria própria (2021)

É possível observar também que ao propor extensões os autores buscam ampliar as possibilidades dos decisores expressarem suas decisões, usando intervalos, números fuzzy com graus de pertencimento e não pertencimento, estatística, termos linguísticos, expressões linguísticas e aliando a teoria *Fuzzy* com outras teorias como *Rough Set* e *Cumulative prospect theory*.

Dentre os artigos analisados, quanto à representação das avaliações das alternativas, 19 estudos (33,3%) usam números *Fuzzy* triangulares ou trapezoidais. Em 13 artigos (22,8%), são utilizadas expressões linguísticas. As expressões linguísticas foram encontradas somente nas abordagens baseadas em HFLTS (*Hesitant Fuzzy Linguistic Terms Set*), HLTS (*Hesitant Linguistic Terms Set*), EHFLTS (*Extended Hesitant Fuzzy Linguistic Terms Set*), IHFLTS (*Interval Hesitant Fuzzy Linguistic Terms Set*). Essas expressões permitem atribuir avaliações que representam um ou mais termos linguísticos simultaneamente. Pode-se citar, como exemplo, a avaliação “pelo menos bom”, que considera bom e muito bom ou ainda “entre bom e médio”, que considera tanto bom quanto médio (GHADIKOLAEI *et al.*, 201). Em 12 artigos (19,3%), são utilizados termos linguísticos, por exemplo, “muito bom, bom, médio, ruim e muito ruim”. Em 6 artigos (10,5%), a entrada é expressa em termos

estatísticos, 5 utilizam-se de intervalos (8,8%) e 2 estudos (3,5%) utilizam números reais que são agregados em números *Hesitant Fuzzy*. Em um artigo (1,8%), a proposta é a utilização de diversas representações Fuzzy, uma para cada critério.

Em 12,3% dos artigos analisados, o método proposto não dá suporte à decisão em grupo. Esses foram escritos entre 2015 e 2018 e têm como característica a proposta de novas medidas de distância ou a introdução de uma nova representação *Fuzzy*. Nos 87,7% dos artigos em que são propostos métodos adequados para lidar com decisão em grupo, 14 artigos (24,6%), permitem a atribuição de pesos aos decisores. Esses pesos podem ser concedidos por algum responsável ou calculados utilizando algum método. A agregação das opiniões dos decisores é calculada pela média (aritmética, ponderada ou geométrica) entre as avaliações de cada decisor ou por meio da utilização de um operador de agregação dos números *Hesitant Fuzzy* e de suas extensões. Há ainda a situação em que a avaliação é dada por apenas um número entre 0 e 1 por decisor. Para não perder dados, consideram-se todas as opiniões, representando-as como um *Hesitant Fuzzy Set*.

Quanto ao formato, os critérios podem ser avaliados com medidas estatísticas, números reais (ou *crisp*), intervalos e termos linguísticos, para os que utilizaram mais de um tipo de formato foram classificados como híbridos. Os critérios qualidade, custo, prazo, serviço, confiabilidade estão presentes independente da área de aplicação. Em 40 artigos o tipo de entrada para os critérios foi apresentado no estudo como *crisp*.

Em 16 desses, o valor do peso do critério não é discutido no artigo, apenas apresentado. Nos demais, 24 artigos, são usados métodos AHP, ANP, DEMATEL, SWARA, FMEA ou baseado na literatura, calculado a partir da matriz de decisão ou ainda agregações, maximização das somas dos desvios padrão ou entropia das diversas representações Fuzzy para realizar o cálculo dos pesos dos critérios. Em um artigo houve a proposição para lidar com casos em que os pesos dos critérios são incompletos ou inexitem, utilizando algoritmos para o completar ou atribuir esses pesos através das avaliações das alternativas pelos decisores (GOU *et al.*, 2020).

Outra característica que diferencia as diversas proposições de métodos baseados em HFVIKOR e suas extensões é a forma de calcular as distâncias entre dois elementos dos conjuntos *Fuzzy* e suas extensões. Foram encontrados nos artigos o uso da distância *Hamming*, Euclidiana, *Manhattan*, *Shapley*. Essas distâncias são utilizadas em conjunto com a distância base do método VIKOR: a L_p-métrica.

É possível perceber que quanto à forma de apresentar os ranqueamentos, todos os artigos utilizam a mesma formulação, alterando somente qual o tipo de distância a ser empregada. No VIKOR a utilidade de grupo (S) que é calculada pela L₁-métrica, o arrependimento individual (R) calculado pela L_∞-métrica e o ranqueamento final (Q) que é obtido utilizando um parâmetro v , chamado de estratégia de decisão. Quando v é maior que 0,5, o resultado do ranqueamento é a vontade da maioria, se $v=0,5$ o resultado é de consenso e se v é menor que 0,5 é considerado um voto de veto. Além disso o método propõe que sua solução seja de compromisso para isso são realizados dois testes, um de vantagem aceitável e outro de consistência do ranqueamento.

Para testar a robustez do método proposto, 82% dos estudos comparam os ranqueamentos resultantes da aplicação de cada método. Em 16 artigos (41%), foram realizadas a análise de sensibilidade, variando o parâmetro v de Q. Em 12 artigos, foram realizados tanto o teste de sensibilidade quanto a comparação com outro(s) método(s). Somente em 3 artigos não houve algum tipo de validação (DINÇER *et al.*, 2019; SABBAGH, 2021; NIKABADI e RAZAVIAN, 2020).

Em cinco artigos, além da comparação quanto aos resultados foi realizada a análise de correlação de *Spearman* quanto ao ranqueamento. Além disso, foram apresentadas as

diferenças do tipo de entrada de dados, modo de agregação, como é calculado o peso dos critérios, qual é a medida de distância, o número de decisores, como lida com a imprecisão, qual é a taxa de convergência, pré-ordenação, natureza dos valores de Q, intervenção humana, sensibilidade à imprecisão, teste de adequação, escalabilidade, área de aplicação, ordenação final após análise de sensibilidade KRISHANKUMAR 2018a; KRISHANKUMAR *et al.*, 2018b; KRISHANKUMAR *et al.*, 2020; GOU *et al.*, 2020; KRISHANKUMAR *et al.*, 2021). O que se percebe é que há um aumento de interesse nas comparações entre os métodos a fim de munir os decisores de dados que os ajudem a escolher o melhor método para um problema em questão.

4. Conclusões, lacunas e limitações do estudo

Este trabalho analisou os estudos que propuseram o uso do método *Hesitant Fuzzy* VIKOR e suas extensões, realizou o levantamento das características apresentadas nos métodos propostos. Como contribuições foi realizado o levantamento de parâmetros que permitem a realização de comparações entre os métodos analisados, propiciando aos gestores e decisores uma fonte de consulta para tomar decisões adequadas de acordo com o problema enfrentado. Foi possível também verificar as áreas de aplicação dos métodos e a quantidade de métodos que são aplicados isoladamente ou combinados com outros métodos, além de apresentar os locais onde estão sendo realizadas pesquisas com essas abordagens.

Uma das vantagens é o uso do *Hesitant Fuzzy* para agregar as informações dos decisores e permitir que eles escolham mais de uma opção se houver incerteza ou imprecisão ao avaliar. O método HFVIKOR é um método simples de ser aplicado, e possibilita o uso para tomada de decisão em grupo facilmente. O método HFL-VIKOR é uma boa opção, pois permite ao decisor realizar as avaliações em termos linguísticos que são mais próximos da linguagem natural. Além disso, permite ao decisor utilizar expressões linguísticas para expressar um grupo de termos linguísticos que se mostram mais adequados quando há dúvida ou hesitação em avaliar em um único termo.

Futuras pesquisas podem propor comparações de métodos verificando as vantagens e desvantagens de uso, limitações, complexidade computacional e contribuir ainda mais para que a escolha dos métodos pelos decisores seja realizada adequadamente e baseada em dados. Apesar dos esforços, essa pesquisa não é exaustiva, tendo em vista que foram levantados artigos somente em 7 bases de conhecimento e os artigos analisados foram todos escritos em inglês, indicando que essa pesquisa pode ser expandida.

Referências Bibliográficas

- AHMAD, J.; JAVED, M.K.; NAZAM, M.; NAZIM, M. Multiple criteria group decision making problem based on VIKOR method under hesitant fuzzy environment. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, v. 362, pp. 1519-1528, 2015.
- BAI, C.; DALLASEGA, P.; ORZES, G.; SARKIS, J. Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. **International Journal of Production Economics**, v. 229, n. 107776, p. 1-15, 2020.
- BATUR SIR, G. D.; SIR, E. Pain Treatment Evaluation in COVID-19 Patients with *Hesitant Fuzzy* Linguistic Multicriteria Decision-Making. **Journal of Healthcare Engineering**, v. 2021, n. 8831114, pp. 1-11, 2021.
- CHETTIBI, S. Combination of HF set and MCDM for stable clustering in VANETs". **IET Intelligent Transport Systems**, v. 14, n. 3, pp. 190-195, 2020.
- ÇOLAK, M.; KAYA, İ. Multi-criteria evaluation of energy storage technologies based on hesitant fuzzy information: A case study for Turkey, **Journal of Energy Storage**, v. 28, n. 101211, 2020.
- DINÇER; H.; YÜKSEL; S.; MARTÍNEZ; L. Analysis of balanced scorecard-based SERVQUAL criteria based on hesitant decision-making approaches. **Computers & Industrial Engineering**, v. 131, pp. 01-12, 2019.

DINÇER; H.; YÜKSEL; S.; MARTÍNEZ; L. Analysis of balanced scorecard-based SERVQUAL criteria based on hesitant decision-making approaches. **Computers & Industrial Engineering**, v. 131, pp. 01-12, 2019.

DIVSALAR, M.; AHMADI, M.; NEMATİ, Y. A SCOR-Based Model to Evaluate LARG Supply Chain Performance Using a Hybrid MADM Method. **IEEE Transactions on Engineering Management**. Early Access, n. Early Access, pp. 1 - 20, March 2020.

DONG, J.-Y.; YUAN, F.-F.; WAN, S.-P. Extended VIKOR method for multiple criteria decision-making with linguistic hesitant fuzzy information. **Computers and Industrial Engineering**, v. 112, pp. 305 - 319, 2017.

FARHADINIA, B.; HERRERA-VIEDMA, E. A modification of probabilistic hesitant fuzzy sets and its application to multiple criteria decision making. **Iranian Journal of Fuzzy Systems**, v. 17, n. 4, pp. 151-166, 2020.

FOROOZESH, N.; GITINAVARD, H., MOUSAVI, S. M.; VAHDANI, B. A hesitant fuzzy extension of VIKOR method for evaluation and selection problems under uncertainty. **International Journal Applied Management Science**, v. 9, n. 2, pp. 95-113, 2017.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: Conceituação, Produção e Publicação. **LOGEION: Filosofia da informação**, v. 6, n. 1, pp. 57-73, 2019.

GEETHA, S.; NARAYANAMOORTHY, S.; KANG, D. Extended hesitant fuzzy SWARA techniques to examine the criteria weights and VIKOR method for ranking alternatives. **AIP Conference Proceedings**, v. 2261, n. 30144, p. 1-12, 2020.

GENG, X; JIN, Y; ZHANG, Y. A novel group decision-making approach for *Hesitant Fuzzy* Linguistic Terms Sets and Its Application to VIKOR. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2020, n. 7682983 , 2020.

GHADIKOLAEI, A.S.; MADHOUSHI, M.; DIVSALAR, M. Extension of the VIKOR method for group decision making with extended hesitant fuzzy linguistic information. **Neural Computing and Applications**, v. 30, n. 12, pp. 3589-3602, 2018.

GOU, X.; XU, Z.; LIAO, H.; HERRERA, F. Probabilistic double hierarchy linguistic term set and its use in designing an improved VIKOR method: The application in smart healthcare. **Journal of the Operational Research Society**, p. 1-20, 2020.

GUL, M.; CELIK, E.; AYDIN, N.; GUMUS, A. T.; GUNERI, A. F. A state of the art literature review of VIKOR and its fuzzy extensions on applications. **Applied Soft Computing**, v. 46, pp. 60-89, 2016.

GUO, J.; LIN, Z.; ZU, L.; CHEN, J. Failure modes and effects analysis for CO2 transmission pipelines using a hesitant fuzzy VIKOR method. **Soft Computing**, v. 23, n. 20, p. 10321-10338, 2019.

JOSHI, R.; KUMAR, S. A new approach in multiple attribute decision making using exponential hesitant fuzzy entropy. **International Journal of Information and Management Sciences**, v. 30, n. 4, pp. 305-322, 2019.

KHAN, M. S. A.; ABDULLAH, S.; ALI, F.; AMIN, F. An extension of VIKOR method for multi-attribute decision-making under Pythagorean hesitant fuzzy setting. **Granular Computing**, v. 4, n. 3, pp. 421-434 , 2019.

KRISHANKUMAR, R.; RAVICHANDRAN, K. S.; AGGARWAL, M. TYAGI, S. K. Extended hesitant fuzzy linguistic term set with fuzzy confidence for solving group decision-making problems. **Neural Computing and Applications**, v. 32, n. 7, pp. 2879-2896, 2020.

KRISHANKUMAR, R.; RAVICHANDRAN, K. S.; KAR, S.; GUPTA, P.; MEHLAWAT, M. K. Double-hierarchy hesitant fuzzy linguistic term set-based decision framework for multi-attribute group decision-making. **Soft Computing**, v. 25, pp. 2665-2685, 2021.

KRISHANKUMAR, R.; RAVICHANDRAN, K. S.; KAR, S.; PANKAJ, G.; MEHLAWAT , M. K. Interval-valued probabilistic hesitant fuzzy set for multi-criteria group decision-making. **Soft Computing**, v. 23, n. 21, pp. 10853–10879, 2019.

KRISHANKUMAR, R.; RAVICHANDRAN, K. S.; PREMALADHA, J.; KAR, S.; ZAVADSKAS, E. K.; ANTUCHEVICIENE, J. A decision framework under a linguistic hesitant fuzzy set for solving multi-criteria group decision making problems. **Sustainability**, v. 10, n. 8 , 2018b.

KRISHANKUMAR, R.; RAVICHANDRAN, S.; MURTHYA, K.; SAEID, B. A scientific decision-making framework for supplier outsourcing using hesitant fuzzy information. **Soft Computing**, v. 22, n. 22, p. , 2018a.

LI, R.; DONG, J.; WANG, D. Competition ability evaluation of power generation enterprises using a hybrid MCDM method under fuzzy and hesitant linguistic environment. **Journal of Renewable and Sustainable Energy**, v. 10, n. 5, 2018.

LI, Z.; ZHANG, X.; MA, Y.; FENG, C.; HAJIYEV, A.. A multi-criteria decision making method for urban flood resilience evaluation with hybrid uncertainties. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 36, n. 101140, 2019.

LIAO, H.; XU, Z. A VIKOR-based method for hesitant fuzzy multi-criteria decision making, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, v. 12, pp. 373-392, 2013.

LIAO, H.; XU, Z. Approaches to manage hesitant fuzzy linguistic information based on the cosine distance and similarity measures for HFLTSs and their application in qualitative decision making. *Expert Systems with Applications*, v. 42, pp. 5328-5336, 2015.

LIAO, H.; XU, Z.; ZENG, X.J. Hesitant fuzzy linguistic VIKOR method and its application in qualitative multiple criteria decision making, **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 23, pp. 1343-1355, 2015.

LIU, P.; ZHANG, L. An extended multiple criteria decision making method based on neutrosophic hesitant fuzzy information. **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, v. 32, n. 6, p. 4403-4413, 2017.

MARDANI, A.; ZAVADSKAS, E. K.; GOVINDAN, K.; SENIN, A. A.; JUSOH, A. VIKOR Technique: A Systematic Review of the State of the Art Literature on Methodologies and Applications. **Sustainability**, v. 8, n. 37, pp. 1-38, 2016.

MOUSAVI, S. M.; FOROOZESH, N.; GITINAVARD, H.; VAHDANI, B. Solving group decision-making problems in manufacturing systems by an uncertain compromise ranking method. **International Journal of Applied Decision Sciences**, v. 11, n. 1, pp. 55-78, 2018.

NARAYANAMOORTHY, S.; GEETHA, S.; RAKKIYAPPAN, R.; JOO, Y. H.. Interval-valued intuitionistic hesitant fuzzy entropy based VIKOR method for industrial robots selection. **Expert Systems with Applications**, v. 121, n. 1, pp. 28-37, 2019.

NARAYANAMOORTHY, S.; ANNAPOORANI, V.; KALAISELVAN, S.; KANG D. Hybrid hesitant fuzzy multi-criteria decision making method: A symmetric analysis of the selection of the best water distribution system. **Symmetry**, v. 1, n. 2096, p. 1-29, 2020.

NIKABADI, M. S.; RAZAVIAN, S. B, A hesitant fuzzy model for ranking maintenance strategies in small and medium-sized enterprises. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 29, n. 4, p. 558-592, 2020.

OPRICOVIC, S. **Multicriteria optimization of civil engineering systems**, PhD Thesis, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 302 p. 1998.

POURNAMAZI, S. R.; YAGHIN, R. G.; JOLAI, F. Positioning push–pull boundary in a hesitant fuzzy environment. *Expert Systems*, v. 38, n. 2, 2020.

REN, Z.; XU, Z.; WANG, H. The Strategy Selection Problem on Artificial Intelligence With an Integrated VIKOR and AHP Method Under Probabilistic Dual *Hesitant Fuzzy* Information. **IEEE Access**, v. 7, p. 103979-103999, 2019.

REN, Z.; XU, Z.; WANG, H. Dual hesitant fuzzy VIKOR method for multi-criteria group decision making based on fuzzy measure and new comparison method, *Information Sciences*, v. 388-389, pp. 1-16, 2017.

RODRIGUEZ, R. M.; MARTINEZ, L.; HERRERA, F. Hesitant fuzzy linguistic terms sets for decision making, **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 20, pp. 109-119, 2012.

SABBAGH, P. An Uncertain Model for Analysis the Barriers to Implement Blockchain in Supply Chain Management and Logistics for Perishable Goods. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v. 14, n. 1, p. 1292-1302, 2021.

SAMANLIOGLU, F.; AYAĞ, Z. An intelligent approach for the evaluation of innovation projects. **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, v. 38, n. 1, p. 905-915, 2020.

TORRA, V. *Hesitant Fuzzy Sets*. **International Journal of Intelligent Systems**, v. 25, pp. 529-539, 2010.

TU, Y.; WANG, H.; ZHOU, X.; SHEN, W.; LEV, B. Comprehensive evaluation of security, equity, and efficiency on regional water resources coordination using a hybrid multi-criteria decision-making method with different hesitant fuzzy linguistic term sets. **Journal of Cleaner Production**, v. 210, n. 127447, p. 1-19, 2021.

UMAMAHESWARI, A.; KUMARI, P. Fuzzy TOPSIS and Fuzzy VIKOR methods using the Triangular Fuzzy Hesitant Sets. **International Journal of Computer Science Engineering and Information Technology Research (IJCSSEITR)**, v. 4, n. 3, p. 15-24, 2014.

WANG, C.; ZHOU, H.; DİNÇER, H.; YÜKSEL, S.; UBAY, G. G.; ULUER, G. S. Analysis of Electricity Pricing in Emerging Economies With Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Technique Based on Interval-Valued Intuitionistic *Hesitant Fuzzy* Sets. **IEEE Access**, v. 8, p. 190882-190896, 2020.

WANG, S.; LIU, Q.; YUKSEL, S.; DINCER, H. Hesitant Linguistic Term Sets-Based Hybrid Analysis for Renewable Energy Investments. **IEEE Access**, v. 7, p. 114223-114235, 2019.

WANG, X.; CAI, J.. A group decision making model based on distance-based VIKOR with incomplete heterogeneous information and its application to emergency supplier selection. **Kybernetes**, v. 46, n. 3, p. 501-529, 2017.

WEI, G.; ZHANG, N. A multiple criteria hesitant fuzzy decision making with Shapley value-based VIKOR method. **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, v. 26, n. 2, p. 1065-1075, 2014.

WU, S.-M., LIU, H.-C.; WANG, L.-E. Hesitant fuzzy integrated MCDM approach for quality function deployment: a case study in electric vehicle. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 15, pp. 4436-4449, 2016.

WU, Z.; XU, J.; JIANG, X.; ZHONG, L. Two MAGDM models based on hesitant fuzzy linguistic term sets with possibility distributions: VIKOR and TOPSIS. **Information Sciences**, v. 473, p. 101-120, 2019.

XUE, M.; TANG, X.; FENG N. An Extended VIKOR Method for Multiple Attribute Decision Analysis with Bidimensional Dual *Hesitant Fuzzy* Information. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2016, n. 427490, pp. 1-16, 2016.

YANG, Q., LI, Y.-L., CHIN, K.-S. Constructing novel operational laws and information measures for proportional hesitant fuzzy linguistic term sets with extension to PHFL-VIKOR for group decision making. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v. 12, n. 2, p. 998-1018, 2019.

YANG, W.; PANG, Y. Hesitant interval-valued Pythagorean fuzzy VIKOR method. **International Journal of Intelligent Systems**, v. 34, n. 5, pp. 754 - 789, 2019.

YANG, W.; PANG, Y.; SHI, J.; WANG, C. Linguistic hesitant intuitionistic fuzzy decision-making method based on VIKOR. **Neural Computing and Applications**, v. 29, n. 7, pp. 613-626, 2018.

YANG, Y.; WANG, J.-Q.; WANG, J. A VIKOR-based framework to optimize the location of fast-charging stations with proportional hesitant fuzzy information. **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, p. 2581 – 2596, 2020.

YAVUZ, O. Comparative Analysis of Multi-criteria Evaluation of Sustainable Supplier Selection Problem Based on *Hesitant Fuzzy* Linguistic Term Sets. **International Journal of Business and Management Invention(IJBMI)**, pp. 67-78, 2017.

YAZDANI, M.; GRAEML, F. R. VIKOR and its Applications: A State-of-the-Art Survey. **International Journal of Strategic Decision Sciences**, v. 5, n. 2, pp. 56-83, 2014.

ZHANG, F., LUO, L., LIAO, H., ZHU, T., SHI, Y., SHEN, W. Inpatient admission assessment in West China Hospital based on hesitant fuzzy linguistic VIKOR method. **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, v. 30, n. 6, p. 3143 - 3154, 2016a.

ZHANG, J.; HEGDE, G.G.; SHANG, J.; QI, X. Evaluating emergency response solutions for sustainable community development by using fuzzy multi-criteria group decision making approaches: IVDHF-TOPSIS and IVD HFVIKOR. **Sustainability**, v. 8, n. 4, 2016b.

ZHANG, N; WEI, G. Extension of VIKOR method for decision making problem based on hesitant fuzzy set. **Applied Mathematical Modelling**, v. 37, n. 7, pp. 4938-4947, 2013.

ZHOU, H.; WANG, J.-Q.; ZHANG, H.-Y. Multi-criteria decision-making approaches based on distance measures for linguistic hesitant fuzzy sets. **Journal of the Operational Research Society**, v. 69, n. 5, p. 661-675, 2018.

ZIMMER, K.; FRÖHLING, M.; SCHULTMANN, F. Sustainable supplier management – a review of models supporting sustainable supplier selection, monitoring and development. **International Journal of Production Research**, 2015.

JAYANT,A.; SHARMA, J. A comprehensive literature review of MCDM techniques ELECTRE, PROMETHEE, VIKOR and TOPSIS applications in business competitive environment. **International Journal of Current Research**, v.10, n2, pp. 65461-65477, 2018