

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS - PPGEPS**

ALEX RESTELLI

**DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO MULTICRITÉRIO LINGUÍSTICO
PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E PRIORIZAÇÃO DE
RECURSOS**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2019

ALEX RESTELLI

**DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO MULTICRITÉRIO LINGUÍSTICO PARA
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E PRIORIZAÇÃO DE RECURSOS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção e Sistemas, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas – Área de concentração: Modelos e Métodos de Suporte à Tomada de Decisão.

Orientador: Prof. Dr. Dalmarino Setti

PATO BRANCO

2019

R436d Restelli, Alex.
Desenvolvimento de método multicritério linguístico para avaliação de desempenho e priorização de recursos / Alex Restelli . -- 2019.
93 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Dalmarino Setti
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.
Pato Branco, PR, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Desempenho - Avaliação. 2. Processo decisório por multicritério. 3. Sistema de suporte de decisão. I. Setti, Dalmarino, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. III. Título.

CDD 22. ed. 670.42

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 58

A Dissertação de Mestrado intitulada **“Desenvolvimento de método multicritério linguístico para avaliação de desempenho e priorização de recursos”**, defendida em sessão pública pelo candidato **Alex Restelli**, no dia 10 de dezembro de 2019, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, área de concentração Gestão dos Sistemas Produtivos, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Dalmarino Setti - Presidente - UTFPR

Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira - UTFPR

Prof.^a Dra. Sabrina Bleicher – IFSC

Prof. Dr. Luis Maurício Martins de Resende - UTFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Pato Branco, 16 de dezembro de 2019.

Carimbo e assinatura do Coordenador do Programa.

Dedico esta dissertação a DEUS e a toda minha família, em especial a minha esposa Deise e meus filhos Arthur e Alice que sempre me apoiaram com amor e paciência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meu orientador Dr. Dalmarino Setti por ter acreditado em minha capacidade e por sua parceria, respeito, empenho e objetividade.

Aos demais professores do mestrado que foram essenciais em minha caminhada. Em especial ao Dr. Gilson Adamczuk Oliveira, Dr. Gilson Ditzel Santos e Dr. Marcelo Gonçalves Trentin que, além das aulas, dividiram seu espaço e conhecimento comigo neste período. Ao professor Dr. José Donizetti de Lima que auxiliou em meu conturbado início na vida científica.

Aos professores Dr. Gilson Adamczuk Oliveira, Dr. Luis Mauricio Resende e Dra. Sabrina Bleicher que, com seus questionamentos, durante o período de avaliação contribuíram para o crescimento deste trabalho.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pela persistente vontade de transformar minha vida, afinal são aproximadamente 15 anos de estudos nesta instituição.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), em especial ao câmpus e colegas de São Lourenço do Oeste - SC, que permitiram minha dedicação integral ao mestrado. É inexplicável a honra que tenho por servir a esta instituição e ao Brasil.

Aos colegas de mestrado que ajudaram na caminhada elucidando dúvidas, apoiando nas dificuldades, fazendo brincadeiras e trazendo alegria ao dia-a-dia.

"Our greatest weakness lies in giving up.

The most certain way to succeed is always to try just one more time."

"Nossa maior fraqueza está em desistir.

O caminho mais certo para obter sucesso é sempre tentar mais uma vez."

Thomas Edison, (1847 – 1931)

Resumo

Indicadores de desempenho (IDs) são informações coletadas em intervalos regulares para acompanhar o desempenho de organizações. Com recursos escassos e um número elevado de IDs, torna-se difícil aperfeiçoar todos os aspectos organizacionais simultaneamente. Concomitantemente, diversos tipos de IDs têm caráter subjetivo com mensuração expressa em palavras com incerteza presente. Ferramentas da administração e metodologias multicritério de apoio à tomada de decisão (MCDM) têm sido utilizadas para avaliar o desempenho das organizações. Porém há limitações na MCDM tradicional: a independência dos critérios e a desconsideração ao ambiente colaborativo. O principal objetivo desta dissertação foi desenvolver um método multicritério linguístico para ambientes colaborativos com avaliação de desempenho a partir de informações subjetivas visando priorizar alocação de recursos para gerar maior impacto na organização. O método proposto foi desenvolvido com base em uma revisão sistemática de literatura e na adaptação de metodologias existentes. Consiste na avaliação de desempenho linguística, na determinação da importância com base no Peso Linguístico *2-Tuple* na determinação da importância linguística e na captação da influência por meio do DEMATEL *2-Tuple*, sendo todos operacionalizados em um ambiente computacional *2-Tuple*. O método proposto introduz o conceito de '*Impacto*' que combina a importância (utilidade percebida) e influência (causalidade) como grandezas diferentes atuantes em um mesmo sistema, ou ambiente colaborativo. As principais etapas do método são: Estruturação, Avaliação, Processamento, Resultado e Reavaliação. Para verificação do método proposto o problema relatado por Singh *et al.* (2018) com a contribuição dos dados do trabalho de Meksavang *et al.* (2019) referentes ao mesmo estudo, foram adaptados para aplicação. Como resultado da aplicação identificou-se quais os IDs prioritários, com maior impacto potencial, para desenvolver um grupo de fornecedores de gado ecologicamente corretos com viabilidade econômica, e observou-se que, consideradas as limitações comparativas, as sugestões de priorização captadas pelo método proposto estão alinhadas com as sugestões de seleção dos métodos elaborados por Singh *et al.* (2018) e Meksavang *et al.* (2019) verificando que os passos desenvolvidos pelo método proposto são adequadamente estruturados e exequíveis.

Palavras Chave:

Multicritério. Avaliação de desempenho. Indicadores de desempenho. Linguístico *2-Tuple*. Priorização de recursos. Colaborativo.

Abstract

Performance indicators are information collected at regular intervals to track the performance of organizations. With scarce resources and a high number of performance indicators, it is difficult to improve all organizational aspects simultaneously. At the same time, several types of indicators have a subjective character with measurement expressed in words with present uncertainty. Management tools and multicriteria decision support methodologies (MCDM) have been used to evaluate the performance of organizations. However, there are limitations in traditional MCDM: independence of criteria and disregard for the collaborative environment. The main objective of this dissertation was to develop a linguistic multicriteria method for collaborative environments with performance evaluation based on subjective information aiming to prioritize resource allocation to generate greater impact on the organization. The proposed method was developed based on a systematic literature review and the adaptation of existing methodologies. It consists of assessing language performance, determining importance based on 2-Tuple Language Weight in determining language importance and capturing influence through DEMATEL 2-Tuple, all being operationalized in a 2-Tuple computational environment. The proposed method introduces the concept of 'Impact' which combines importance (perceived utility) and influence (causality) as different quantities acting on the same system or collaborative environment. The main steps of the method are Structuring, Evaluation, Processing, Result, and Revaluation. To verify the proposed method, the problem reported by Singh *et al.* (2018) with the contribution of data from Meksavang *et al.* (2019) referring to the same study, were adapted for application. As a result of the application, it was identified which priority Performance Indicators (PIs), with the highest potential impact, to develop a group of ecologically correct meat suppliers with economic viability, and it was observed that considering the comparative limitations, the suggestions of prioritization captured by the proposed method are in line with the method selection suggestions developed by Singh *et al.* (2018) and Meksavang *et al.* (2019) verifying that the steps developed by the proposed method are adequately structured and feasible.

Keywords:

Multicriteria. Performance Assessment. Performance indicators. Linguistic 2-Tuple.

Resource Prioritization. Collaborative.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conceito amplo do método LIMPARP	45
Figura 2 – Estrutura do problema de decisão.....	50
Figura 3 - Método multicritério linguístico para avaliação de desempenho e priorização de recursos	52
Figura 4 – Estrutura do problema de decisão da aplicação	66
Figura 5 - Estrutura hierárquica dos IDs.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Configuração de buscas.....	22
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Base de Artigos Selecionados.....	24
Tabela 2 – Matriz de Decisão com n Alternativas e m Critérios	49
Tabela 3 – Matrizes de avaliação de importância linguística dos IDs.	70
Tabela 4 – Matrizes de avaliação de importância linguística dos IDs <i>2-Tuple</i>	70
Tabela 5 – Matriz inicial de influência direta Z_k	71
Tabela 6 – Matrizes de influência direta <i>2-Tuple</i> dos fornecedores.	71
Tabela 7 – Matriz de influência direta normalizada X	71
Tabela 8 – Matriz de influência total T	72
Tabela 9 – Etapas do cálculo da influência líquida normalizada F_{wj}	72
Tabela 10 – Matriz de avaliação de desempenho linguística dos fornecedores.	74
Tabela 11 – Matriz de avaliação de desempenho linguística dos fornecedores convertida em representação <i>2-Tuple</i>	74
Tabela 12 – Matriz de avaliação de desempenho linguística dos fornecedores <i>2-Tuple</i>	75
Tabela 13 – Etapas do cálculo do impacto (I_j).....	76
Tabela 14 – Etapas do cálculo do intervalo (Gap_j) entre a meta e a avaliação agregada.	76
Tabela 15 – Etapas do cálculo do coeficiente (θI_j) e da priorização linguística.	77
Tabela 16 – Ordem decrescente linguística de prioridade – resultado do LIMPARP.	78
Tabela 17 – Classificação dos fornecedores comparando os métodos MCDM.	79
Tabela 18 – Desempenho linguístico <i>2-Tuple</i> dos fornecedores E_9 e E_{10}	79
Tabela 19 – Média do desempenho linguístico <i>2-Tuple</i> dos fornecedores obtida com o LIMPARP.....	80

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivo Geral	18
1.1.2 Objetivos Específicos	18
1.2 JUSTIFICATIVA	19
1.3 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO	20
1.4 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	20
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 ESTRATÉGIA PARA REVISÃO SISTEMÁTICA	22
2.1.1 Pesquisa Bibliográfica	23
2.2 INDICADORES DE DESEMPENHO	26
2.3 MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	28
2.3.1 Sistemas de Apoio a Decisão em Grupo	31
2.3.2 O Conceito de Importância na Decisão Multicritério	32
2.3.3 O Conceito de Influência na Decisão Multicritério	34
2.4 INCERTEZA DA INFORMAÇÃO: O AMBIENTE <i>FUZZY</i>	35
2.5 MODELO COMPUTACIONAL LINGÜÍSTICO <i>2-TUPLE</i>	37
2.5.1 Etapas do Modelo Linguístico <i>2-Tuple</i>	38
2.6 DEMATEL <i>2-TUPLE</i>	40
2.6.1 Etapas do método DEMATEL <i>2-Tuple</i>	41
3 MÉTODO MULTICRITÉRIO LINGÜÍSTICO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E PRIORIZAÇÃO DE RECURSOS	45
3.1 ETAPA 1 – ESTRUTURAÇÃO	53
3.1.1 Decisor define a organização a avaliar, elementos contemplados e seu objetivo. Decisor elege Analista ou Grupo de Análise (AGA) - Passo 1.1	53
3.1.2 AGA seleciona os indicadores de desempenho - Passo 1.2	54
3.1.3 AGA desenvolve instrumento de avaliação de desempenho com escalas linguísticas - Passo 1.3	54
3.1.4 AGA desenvolve instrumentos linguísticos de aferição de importância, definição metas e indicação de especialistas - Passo 1.4	55
3.1.5 AGA desenvolve instrumento de aferição da influência com escalas linguísticas - Passo 1.5	56
3.2 ETAPA 2 – AVALIAÇÃO	57
3.2.1 Decisor define metas e indica os especialistas - Passo 2.1	57
3.2.2 Decisor avalia a importância de cada ID em relação aos objetivos da organização - Passo 2.2	57
3.2.3 Especialistas avaliam a influência individualmente de cada ID sobre os demais IDs - Passo 2.3	58
3.2.4 Analista / AGA coleta avaliação dos IDs para cada elemento da organização e os agrega - Passo 2.4	60
3.3 ETAPA 3 – PROCESSAMENTO	60
3.3.1 Analista / AGA unifica a importância e a influência gerando o potencial Impacto do ID na organização - Passo 3.1	60
3.3.2 Analista / AGA calcula o intervalo (gap) entre a meta e a avaliação agregada da organização - Passo 3.2	61
3.4 ETAPA 4 – RESULTADO	62

3.4.1 AGA determina os impactos sobre os intervalos (gaps) evidenciados na avaliação - Passo 4.1	62
3.4.2 AGA ordena, traduz e apresenta ao decisor o resultado linguístico da avaliação dos IDs que potencialmente irão gerar mais resultado para a organização com a alocação de recursos - Passo 4.2	62
3.5 ETAPA 5 – REAVALIAÇÃO	63
3.5.1 Reavaliar desempenho após ações realizadas, período de tempo ou modificação do contexto - Passo 5.1	63
4 APLICAÇÃO E DISCUSSÃO DO MÉTODO PROPOSTO - LIMPARP	65
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	65
4.2 APLICAÇÃO E DISCUSSÃO DO MÉTODO LIMPARP	66
4.2.1 Etapa 1 - Estruturação.....	66
4.2.2 Etapa 2 - Avaliação	69
4.2.3 Etapa 3 - Processamento	75
4.2.4 Etapa 4 - Resultado.....	76
4.2.5 Etapa 5 - Reavaliação	78
4.3 CONSIDERAÇÕES	78
5 CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

Indicadores de desempenho (IDs) podem ser definidos como informações coletadas em intervalos regulares para acompanhar o desempenho de um sistema (FITZ-GIBBON, 1990). Eles são a base para avaliar o desempenho das organizações, além dos processos dentro das organizações, pois permitem a comparação dos resultados planejados em relação aos alcançados, e dessa forma, possibilitam avaliar a efetividade das ações estratégicas executadas, criando transparência e apoiando a tomada de decisões (MEIER *et al.*, 2013).

Para SI *et al.* (2017) em um ambiente em que recursos são escassos e o número de IDs é elevado, torna-se difícil para a gestão aperfeiçoar todos os aspectos simultaneamente. Isso implica em definir em quais ações serão alocados os recursos e esforços da organização¹, priorizando-as. Para Lilien *et al.* (2004), a determinação e alocação de recursos é uma atividade humana generalizada e as organizações enfrentam continuamente esses desafios. Em organizações em geral, decisões sobre onde alocar estrategicamente recursos, como tempo, dinheiro e pessoal, de forma a acompanhar e maximizar o desenvolvimento esperado é uma preocupação constante.

Com essa visão, os decisores se utilizam diversas ferramentas de avaliação gerenciais para elaborar, aplicar, avaliar e monitorar a gestão estratégica nas organizações. Dentre as diversas ferramentas clássicas de administração utilizadas para avaliação de desempenho e priorização de recursos pode-se citar: Análise de Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças (*Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats* - SWOT) desenvolvida na *Stanford University* na década de 60 e descrita por Learned *et al.* (1969), Matriz GUT (Gravidade x Urgência x Tendência) (KEPNER, CHARLES H.; TREGOE, 1981), Diagrama causa-efeito conhecido também como Espinha de Peixe (ISHIKAWA, K., LOFTUS, 1990), e o *Balanced Scorecard* (BSC) (KAPLAN; NORTON, 1992).

Outra forma utilizada para resolver problemas de priorização e alocação de recursos para potencializar decisões estratégicas são as metodologias para tomada de decisão com múltiplos critérios (*Multi-Criteria Decision Making* - MCDM). Métodos

¹ Segundo Maximiano (2011) uma organização é uma combinação de esforços individuais que tem por finalidade realizar propósitos coletivos.

MCDM têm por finalidade descrever, ordenar, ranquear ou escolher dentre as alternativas para determinada decisão (ROY, 1996). Têm sido amplamente utilizados em Engenharia, Ciência e Tecnologia (MARDANI; JUSOH; ZAVADSKAS, 2015). Na literatura, existe um vasto conjunto de métodos MCDM como: *Simple Additive Weight* (SAW) (CHURCHMAN; ACKOFF; ARNOFF, 1957), *Analytic Hierarchy Process* (AHP)(SAATY, 1977), *Technique for order performance by similarity to ideal solution* (TOPSIS) (HWANG; YOON, 1981), IseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) (OPRICOVIC; TZENG, 2004).

Para a aplicação dos métodos MCDM tradicionais se pressupõe a independência dos critérios, ou seja, a inexistência de influência entre critérios. Essa limitação tem recebido atenção da comunidade científica na atualidade como relatam os trabalhos de Gölcük; Baykasoğlu (2016), Vinodh, Sai Balagi e Patil (2016), Baykasoglu e Gölcük (2017) e Si *et al.* (2018). Estes autores observaram que os problemas MCDM do mundo real dificilmente cumprem tal requisito. Para captar a influência e interdependência entre os critérios duas técnicas MCDM são amplamente utilizadas: o *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) (FONTELA; GABUS, 1976) e o *Analytic Network Process* (ANP) (SAATY, 1996).

Outro aspecto relevante em aplicações MCDM é que as alternativas avaliadas se encontram em um ambiente competitivo. Mas há situações nas quais o conjunto avaliado interage de forma cooperativa ou aglutinante, ou seja, em que a soma destes desempenhos individuais contribui para a melhoria da organização. Desta forma atuam de forma colaborativa e não competitiva. Os gestores que adotam uma perspectiva colaborativa trabalham para criar um “espírito de corpo”² entre departamentos ou organizações, a fim de unir esforços e alcançar objetivos coletivos por meio de sinergia (KELLER; DAUGHERTY; STANK, 2001).

Em ambientes colaborativos existem diversos tipos de IDs que possuem caráter subjetivo tendo sua mensuração expressa em palavras como nos trabalhos de: Tseng *et al.* (2019) em que o potencial de ecoturismo foi avaliado para o desenvolvimento do ecoturismo buscando entender as pessoas e recursos locais utilizando informações qualitativas linguísticas; ou como no trabalho de Pérez-

² Consciência e orgulho de pertencer a um grupo específico; o senso de propósito compartilhado e companheirismo (WILKES, G.; KREBS, 1988).

Domínguez *et al.* (2019) que desenvolveram um método linguístico para avaliar o desempenho de aplicações de Manufatura Enxuta³ (*Lean Manufacturing*) na indústria de transformação usando o conjunto *Fuzzy* hesitante e TOPSIS para lidar com critérios e atitudes dos decisores.

Para vencer tais limitações, diversas abordagens híbridas (clássicas da administração com MCDM) têm sido propostas na literatura para ajudar os decisores a fazer melhores avaliações e priorizar considerando as interdependências entre critérios, como por exemplo, os trabalhos de Rabbani *et al.* (2014) que aliou o ANP ao BSC, Shen e Tzeng (2015) na avaliação de indicadores financeiros com auxílio do DEMATEL, Baykasoğlu e Gölcük (2015) em que o SWOT foi combinado ao TOPSIS com os mapas cognitivos *Fuzzy*, Varmazyar; Dehghanbaghi e Afkhami (2016) com a combinação do BSC e ANP, Acuña-Carvajal *et al.* (2019) combinando o BSC ao DEMATEL, ou ainda, no trabalho de Zakeri; Yang e Hashemi (2019) que integraram o SWOT ao modelo de interação de estratégias (SIM) com auxílio do AHP e ANP, entre outros trabalhos.

Uma abordagem adequada para lidar com esse tipo de problema é, portanto, usar avaliações linguísticas em vez de avaliações numéricas para representar e apoiar o julgamento subjetivo dos decisores (XU, 2008). Os processos de avaliação que os decisores gerenciam, eventualmente são obtidos de forma subjetiva e linguística tornando os resultados incertos e, por vezes não há uma metodologia apropriada para trabalhar com este tipo de informação. Para Padhi, Pati e Rajeev (2018) as decisões estratégicas, neste contexto, são geralmente feitas sob incerteza, ainda que possam ser realizadas por um grupo de especialistas. Há, ainda, uma ampla gama de situações possíveis, nas quais a captação linguística das informações junto a especialistas, decisores e avaliadores podem ser evidenciadas e exploradas na tomada de decisões, tais como: implantações de sistemas, avaliação de segurança, clima organizacional, avaliação de aprendizado, avaliação de fornecedores, avaliação de desempenho profissional e outras aplicações correlatas. Assim, torna-se necessário saber: como auxiliar nas decisões de alocação de

³ O *Lean Manufacturing* combina uma ampla variedade de práticas de gerenciamento, como *just in time* (JIT), sistemas de qualidade, equipes de trabalho, manufatura celular, e *supply chain management* (Gestão da cadeia de suprimento) em todo o sistema (SHAH; WARD, 2003).

recursos em ambientes colaborativos com base na avaliação de desempenho subjetiva considerando a importância e inter-relação entre os IDs?

Para auxiliar na alocação de recursos em organizações propõe-se uma nova abordagem MCDM na qual o objetivo é buscar a evolução de todos os elementos de uma organização rumo ao objetivo almejado, de forma colaborativa. Essa abordagem busca estabelecer um método multicritério linguístico para ambientes colaborativos, sendo capaz de lidar com problemas de avaliação de desempenho com informações subjetivas, observando as inter-relações e importância dos critérios, IDs, e determinando ordem de prioridade para alocação de recursos que poderão gerar maior impacto.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um método multicritério linguístico para ambientes colaborativos com avaliação de desempenho a partir de informações subjetivas visando priorizar alocação de recursos para gerar maior impacto na organização.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta dissertação são: *(i)* investigar métodos MCDM aplicados à avaliação de desempenho em organizações; *(ii)* analisar métodos multicritério que considerem a interdependência entre os critérios; *(iii)* desenvolver método multicritério linguístico para avaliação de desempenho e priorização de recursos (LIMPARP); *(iv)* demonstrar a aplicabilidade e efetividade do método desenvolvido por meio de uma aplicação.

1.2 JUSTIFICATIVA

Como contribuição teórica este trabalho amplia a gama de métodos MCDM disponíveis na literatura oferecendo uma abordagem com potencial de generalização e aplicação nas mais diversas áreas da Ciência e uma alternativa para a captação da influência e importância dos critérios, considerando a interdependência dos mesmos.

O método DEMATEL tem sido utilizado em uma ampla gama de áreas devido à sua capacidade de lidar com relacionamentos complexos entre componentes de um sistema. Em revisão, Si *et al.* (2018) relataram a necessidade de pesquisas futuras para aplicar o método DEMATEL e suas variantes a outras situações e campos mais amplos que não foram considerados em estudos anteriores.

De acordo com Yang *et al.* (2008) assumir independência entre critérios é muito rigoroso para superar o problema dos critérios dependentes. Devido a isso, muitos trabalhos discutiram maneiras de superar esse problema (MIRON; RAVID, 2015; VINODH; SWARNAKAR, 2015; GENG; QIU; GONG, 2017; CHATTERJEE; PAMUCAR; ZAVADSKAS, 2018). Com uma adaptação de métodos, esse trabalho busca contribuir para a resolução do problema da interdependência entre os critérios.

Outros trabalhos se preocuparam em priorizar FCS (ZHOU; HUANG; ZHANG, 2011; FU *et al.*, 2015; NAGPAL; KUMAR; KHATRI, 2017; ROY *et al.*, 2018) que são uma forma de IDs. Estes estudos, porém, não contemplaram a avaliação e o acompanhamento como parte do processo, como será abordado. No método proposto nessa dissertação se avalia o nível de desempenho desejado (*target*) em relação aos valores observados com a agregação do impacto potencial, o que permite a priorização de recursos.

A contribuição prática deste trabalho é uma nova abordagem MCDM, formal e estruturada, que contribui para ampliar as opções de avaliações de organizações de forma subjetiva e linguística. Permitindo assim o estabelecimento de estratégias com a priorização de recursos para criação de planos de ação baseados no impacto potencial.

1.3 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

A seleção de um método multicritério linguístico para responder a pergunta de pesquisa apresentada nessa dissertação ocorreu por permitir tratar a interdependência sob a perspectiva da avaliação subjetiva linguística dos especialistas, ou seja, a avaliação sobre o fato de cada caso estudado estar em um ambiente interdependente definido com base nas opiniões dos especialistas consultados. Sendo linguístico por ser a forma como são expressas as opiniões com mais facilidade, de maneira natural, porém, isso gera um grau de imprecisão que o método proposto está amparado a tratar com o processamento de dados *2-Tuple* apto para ambientes com problemas *fuzzy* (difusos). Adequado a ambientes colaborativos em que o conjunto avaliado está colaborando na busca de um objetivo comum e precisa alocar recursos de forma estratégica para potencializar os resultados.

A aplicação do método desenvolvido utilizando o trabalho de Singh *et al.* (2018) com a contribuição dos dados de Meksavang *et al.* (2019) foi selecionada por ser de uma pesquisa com IDs subjetivos, difíceis de mensurar de forma determinística, com facilidade de acesso pelo pesquisador, além de permitir contribuições para o contexto estudado. Também selecionada por conter dados de opinião na forma linguística sobre desempenho, influência e importância que são necessários para a utilização do método.

1.4 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa desenvolvida nesta dissertação se caracteriza quanto à sua natureza como aplicada, visto que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, pois visa criar um método multicritério linguístico destinado a avaliar desempenho e priorizar recursos. Sobre os objetivos da pesquisa, denota-se sua finalidade exploratória consistindo em explorar o tema buscando criar familiaridade em relação a um fato ou fenômeno (GIL, 2002).

O presente trabalho apresenta uma abordagem qualitativa visto que usufrui de avaliações subjetivas e linguísticas, também sendo quantitativa pois aborda-os

matematicamente. Tem como objeto de estudo o desenvolvimento de método multicritério linguístico para avaliação de desempenho e priorização de recursos.

Em relação aos procedimentos a pesquisa, foi abordada por meio de uma modelagem de um problema de decisão, pois, segundo Morabito *et al.* (2018) a utilização de modelos permite compreender melhor o ambiente em questão, identificar problemas, formular estratégias e oportunidades e apoiar e sistematizar o processo de tomada de decisões. Ainda, o método proposto, resultado desta pesquisa, foi testado quanto a sua efetividade por meio de uma aplicação para desenvolvimento de um grupo de fornecedores de gado ecologicamente corretos e economicamente viáveis, utilizando um caso empírico de Singh *et al.* (2018).

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

No capítulo um são apresentados: introdução, objetivos, justificativa, delimitações e a classificação da pesquisa. No capítulo dois é abordado o referencial teórico relativo às bases e definições que amparam as áreas abordadas nesta dissertação: estratégia para revisão sistemática, indicadores de desempenho, métodos de decisão multicritério, incerteza da informação - o ambiente *Fuzzy*, o modelo computacional linguístico *2-Tuple* e DEMATEL *2-Tuple*. No capítulo três se apresenta o método multicritério linguístico para avaliação de desempenho e priorização de recursos. Complementa-se este com a aplicação do método proposto e considerações observadas no capítulo quatro. No capítulo cinco são apresentadas as conclusões obtidas com o desenvolvimento do trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, além da estratégia para revisão sistemática e respectiva pesquisa bibliográfica, se apresentam os conceitos sobre decisão multicritério envolvidos nesta pesquisa: indicadores de desempenho, métodos de decisão multicritério, sistema de apoio à decisão em grupo, o conceito de importância na decisão multicritério, o conceito de influência na decisão multicritério, incerteza da informação - o ambiente *fuzzy*, o modelo computacional linguístico *2-Tuple* e o DEMATEL *2-Tuple*.

2.1 ESTRATÉGIA PARA REVISÃO SISTEMÁTICA

Para a realização da pesquisa bibliográfica foram coletados trabalhos por meio de uma ampla busca de pesquisas disponíveis até março de 2019 com o objetivo de identificar publicações que tratam do tema da pesquisa seguindo as três etapas sugeridas por Gohr *et al.* (2013).

Na primeira etapa se realizou a identificação da necessidade de conduzir a revisão e identificação do escopo. A pesquisa foi desenvolvida com buscas nos títulos, palavras-chave e resumo dos artigos por meio de mil seiscientos e vinte combinações de palavras-chave com expressões booleanas ligadas aos eixos da pesquisa sendo estas separadas em cinco tópicos conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Configuração de buscas

Tópico	Combinações de expressões utilizadas nas buscas
Tipologia de problema	<i>mcdm OR madm OR mcda OR multicriterial OR multi-criteria OR multi-objective</i>
Objetivo	<i>assess* OR politics OR policy making OR planning OR diagnos* OR causal</i>
Contexto	<i>group OR team OR collective OR organization OR cooperative</i>
Percepção	<i>influence OR interdependence OR impact</i>
Aplicação	<i>decision making OR decision-making OR decision support</i>

Fonte: Autor.

Para identificação das publicações, foram utilizados os bancos de dados das bases *Web of Science* (ISI) e *Scopus*, escolhidas por indexar periódicos das áreas

de ciências sociais e exatas, além de serem reconhecidas como bases multidisciplinares de grande acervo. O *software* Mendeley® foi empregado para organização e gerenciamento dos artigos identificados.

Na segunda etapa, os artigos considerados relevantes para o estudo, foram selecionados com base nos seguintes critérios de inclusão: publicações em inglês; busca limitada à seleção de publicações do tipo *article* ou *review*; publicações sobre modelos multicritério; publicações que abordassem temas relativos à avaliação de influência, importância ou impacto contemplando a interdependência; e com recorte temporal do ano de 2009 até 2019.

Os artigos foram filtrados, removendo da base conforme os seguintes critérios de exclusão: publicações não alinhadas com o objetivo, foco e/ou área da pesquisa; publicações que utilizam metodologias qualitativas de análise de impacto; artigos de periódicos com *Journal Citation Reports* (JCR) inferior a 0,90 (visando obter as publicações de maior impacto); publicações ligadas área da medicina, devido ao termo diagnóstico ser usual a essa área.

2.1.1 Pesquisa Bibliográfica

Sintetizando os filtros empregados, o total de artigos encontrados foi de 287 no *Scopus* e 249 no *ISI* totalizando 536 artigos. Eliminando os duplicados restaram 400 artigos que após leitura de títulos e palavras-chave foram reduzidos para 144 artigos. Após a leitura dos resumos restaram 80 artigos e destes 67 estavam disponíveis para acesso completo. Finalizando, com a leitura destes, obteve-se 26 artigos, atuais e diretamente relacionados ao tema de pesquisa e que compõe a base de referência para esta dissertação.

Como forma de ordenar este conjunto de artigos quanto a relevância realizou-se a classificação dos artigos selecionados conforme disposto na Tabela 2. Estes foram ordenados de forma decrescente com base na equação (1) *InOrdinatio* adaptada do método desenvolvido por Pagani, Kovaleski e Resende (2015), sendo:

$$InOrdinatio = \left(\frac{IF}{1000} \right) + \alpha \times |10 - (ResearchYear - PublishYear)| + (\sum Ci) \quad (1)$$

Em que: IF é o fator de impacto, α é um fator de ponderação que varia de 1 a 10, a serem atribuídos pelo pesquisador; *ResearchYear* é o ano em que a pesquisa foi desenvolvida; *PublishYear* é o ano em que o artigo foi publicado; $\sum Ci$ é o número de vezes que o artigo foi citado.

Segundo Pagani, Kovaleski e Resende (2015) a equação *InOrdinatio* apresenta a seguinte dinâmica:

O fator de impacto é dividido por 1000 (mil), com o objetivo de normalizar sua valorização segundo os demais critérios. A equação apresenta o fator de ponderação, cujo valor a ser atribuído pelos pesquisadores pode variar de 1 (um) a 10 (dez). Quanto mais próximo o número estiver de um, menor será a importância que o pesquisador atribuirá ao ano do critério, enquanto que quanto mais próximo de 10 (dez), maior será a importância desse critério. Para temas atuais o ano do critério é relevante, devido ao maior número de novas publicações disponíveis. O critério $\sum Ci$ é o número bruto de citações encontradas dos dados do portfólio.

Após o tratamento desses dados, o *InOrdinatio* de cada artigo é obtido e, a partir deste ponto, é possível classificá-los de acordo com sua relevância científica: quanto maior o valor do *InOrdinatio*, mais relevante o artigo é para o portfólio. O coeficiente α empregado pelo pesquisador foi de 2 (dois) e os resultados obtidos e demais informações são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Base de Artigos Selecionados

InOrdinatio	Autores	Revista	Ano	JCR	Citações
147,77	(DALALAH; HAYAJNEH; BATIEHA, 2011)	<i>Expert Systems with Applications</i>	2011	3.768	140
95,77	(LI; TZENG, 2009)	<i>Expert Systems with Applications</i>	2009	3.768	92
82,80	(TSENG, 2009)	<i>Environmental Monitoring and Assessment</i>	2009	1.804	81
71,77	(RABBANI <i>et al.</i> , 2014)	<i>Expert Systems with Applications</i>	2014	3.768	58
65,20	(SHAIK; ABDUL-KADER, 2014)	<i>Computers & Industrial Engineering</i>	2014	3.195	52
59,24	(FOULADGAR; YAZDANI-CHAMZINI; ZAVADSKAS, 2011)	<i>Technological and Economic Development of Economy</i>	2011	3.244	52
55,65	(MANGLA; GOVINDAN; LUTHRA, 2016)	<i>Journal of Cleaner Production</i>	2016	5.651	36
52,41	(KANNAN, 2018)	<i>International Journal of Production Economics</i>	2018	4.407	30
50,14	(RIKHTEGAR <i>et al.</i> , 2014)	<i>Economic Research-Ekonomska Istrazivanja</i>	2014	1.137	39

(continua)

Tabela 1 - conclusão

InOrdinatio	Autores	Revista	Ano	JCR	Citações
47,24	(FOULADGAR <i>et al.</i> , 2012)	<i>Technological and Economic Development of Economy</i>	2012	3.244	38
34,08	(HWANG; HUANG; WU, 2016)	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	2016	2.075	18
33,53	(JYH-FU JENG; BAILEY, 2012)	<i>Management Decision</i>	2012	1.525	26
29,40	(SHEN; TZENG, 2015)	<i>Knowledge-Based Systems</i>	2015	4.396	13
29,21	(VARMAZYAR; DEHGHANBAGHI; AFKHAMI, 2016)	<i>Evaluation and Program Planning</i>	2016	1.210	14
28,65	(JEONG; RAMÍREZ-GÓMEZ, 2018)	<i>Journal of Cleaner Production</i>	2018	5.651	5
24,20	(GENG; QIU; GONG, 2017)	<i>Computers & Industrial Engineering</i>	2017	3.195	5
23,77	(PILTAN; SOWLATI, 2016)	<i>Expert Systems with Applications</i>	2016	3.768	6
22,94	(GANJI; RASSAFI; KORDANI, 2018)	<i>KSCE Journal of Civil Engineering</i>	2018	940	4
22,26	(VINOGRADOVA; PODVEZKO; ZAVADSKAS, 2018)	<i>Symmetry-Basel</i>	2018	1.256	3
22,14	(NAGPAL; KUMAR; KHATRI, 2017)	<i>International Journal of Systems Assurance Engineering and Management</i>	2017	1.140	5
21,62	(ZULUETA <i>et al.</i> , 2016)	<i>Applied Mathematical Modeling</i>	2016	2.617	5
21,26	(IJADI MAGHSOODI <i>et al.</i> , 2018)	<i>Symmetry-Basel</i>	2019	1.256	0
21,08	(LIOU <i>et al.</i> , 2017)	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	2017	2.075	3
20,26	(FENG; LI; LI, 2018)	<i>Symmetry-Basel</i>	2018	1.256	1
20,02	(RADULESCU; RADULESCU, 2018)	<i>Studies in Informatics and Control</i>	2018	1.020	1
19,98	(LIN; VLACHOS; OLLIER, 2018)	<i>Journal of Travel and Tourism Marketing</i>	2018	1.975	0

Fonte: Revisão da Literatura.

Nesta etapa do estudo as metodologias foram analisadas, por meio do levantamento de autores, publicações, periódicos, ano, modelos de referência, contexto abordado, amostras e sujeitos. Com a análise foi possível determinar o estado atual da pesquisa, autores seminais, autores mais relevantes dos periódicos e suas inter-relações, além dos termos de pesquisa apropriados. Esta base se mostrou adequada ao tema pesquisado. Apesar da busca realizada e da relevância dos trabalhos encontrados, conforme as delimitações detalhadas acima, não foram encontrados trabalhos com objetivo similar ao proposto nesta dissertação. Desta forma o método proposto nesta dissertação foi construído após uma revisão

sistemática da literatura em que uma ampla avaliação de métodos aplicados neste contexto demonstrou não haver metodologia com as características selecionadas.

Com a base bibliográfica definida descrevem-se na sequência os conceitos de IDs, objetos da avaliação pelo método proposto.

2.2 INDICADORES DE DESEMPENHO

Para Neely; Gregory e Platts (2005) a medição do desempenho é um tópico que é frequentemente discutido, tendo sua definição como sendo o processo de quantificar a ação, em que a medição é o processo de quantificação e a ação leva ao desempenho. IDs podem ser definidos como informações coletadas em intervalos regulares para acompanhar o desempenho de um sistema (FITZ-GIBBON, 1990).

Para Jefferson *et al.* (2007) um sistema de IDs deve fornecer uma medida do desempenho atual, uma declaração clara do que pode ser alcançado em termos de metas futuras de desempenho e um critério para medir o progresso ao longo do caminho.

É um desafio encontrar IDs eficazes, exigindo uma base conceitual clara (ALWAER; CLEMENTS-CROOME, 2010). A seleção de IDs reconhecerá os dados, os recursos e o tempo disponíveis, além dos interesses e necessidades do grupo específico envolvido na seleção de IDs (BECKER, 2004).

Para Parmenter (2015) existem quatro tipos de medidas de desempenho: (i) principais indicadores de resultados - informa como conseguiu uma perspectiva ou um FCS; (ii) indicadores de resultado - informa o que se fez; (iii) IDs - diga o que se deve fazer; (iv) indicadores chave de desempenho - informa o que se faz para aumentar o desempenho.

A atuação da gestão nos IDs é realizada por meio de ações estratégicas buscando maximizar o desempenho da organização. A ação estratégica é definida como o conjunto de movimentos estratégicos e respostas que as equipes de gestão empregam ao interagir com concorrentes, fornecedores, complementadores e participantes do mercado, em um esforço para construir vantagens competitivas (DERFUS *et al.*, 2014).

Medir desempenho por meio de FCS é uma das formas de buscar potencializar o atingimento de resultados estratégicos, sendo assim FCS são uma

forma de organizar IDs. O conceito de fatores de sucesso foi discutido pela primeira vez na literatura de gestão por Daniel (1961). Ele foi focado e esclarecido, na obra publicada de Robert N. Anthony, John Dearden e Richard F. Vancil (1972). Eles observaram que as organizações daquela época produziam uma quantidade extensa de informações, porém, pouco desta parecia útil para auxiliar os gerentes a desempenhar melhor seus trabalhos. Essa afirmação no contexto atual ainda é totalmente plausível.

Existem várias definições de FCS na literatura, em geral, mais restritivas que a original. De forma ampla e genérica, Anthony, Vancil e Dearden (1972) definiu FCS como “o número limitado de áreas nas quais os resultados, se forem satisfatórios, garantirão um desempenho competitivo bem-sucedido para a organização”. Em uma definição mais atual Zhou *et al.* (2017) afirmam que uma maneira mais eficiente de gestão é se concentrar nos fatores mais urgentes e importantes, sendo que os fatores que têm maior influência no sistema são denominados FCS.

Ou ainda, Nelson e Somers (2001) apontam que FCS podem ser vistos como exemplares que ajudam a ampliar os limites da melhoria de processos, e cujo efeito é muito mais rico se visto dentro do contexto de sua importância em cada estágio do processo de implementação. Porém a definição de Rockart (1979) é a mais usual, sendo: “Áreas chave de atividade onde resultados favoráveis são absolutamente necessários para que um gerente atinja suas metas”.

Como resultado, os FCS são áreas de atividade que devem receber atenção constante e cuidadosa da administração, com o status atual de desempenho, em cada área, medido e disponibilizado continuamente (ROCKART, 1979). Para Zhou *et al.* (2017), na grande maioria dos estudos, os FCS são identificados por avaliação especializada ou avaliação linguística, e isso implica em considerar neste processo a subjetividade da avaliação especializada e a imprecisão da avaliação linguística. Os FCS em geral têm sido um dos tópicos mais ativamente pesquisados (LEE; AHN, 2008). Em um *review* sobre a aplicação de FCS em Construções Verdes (*Green Building*) Li *et al.* (2019) concluíram que são necessários mais estudos sobre as relações entre os FCS.

Uma das formas de categorizar IDs é com relação com ao uso no processo de decisão, há IDs chamados de *Lagging* (*Outcomes* ou Resultantes) e os chamados de *Leading* (*Drivers* ou Direcionadores) (HINZE; THURMAN; WEHLE,

2013). No trabalho de Hinze; Thurman e Wehle (2013) na área de segurança fica evidente a diferença entre os dois tipos de IDs. IDs resultantes apresentam resposta de natureza reativa são relacionados com o atingimento de objetivos estratégicos. IDs direcionadores permitem analisar o caminho para o objetivo, de forma proativa e a intenção é fazer alterações de forma preventiva ou preditiva. Esta pesquisa se concentrará neste último tipo de IDs, visto que são os potencializadores do resultado e onde se pode exercer atuação estratégica.

Tendo compreendido a amplitude de possibilidades avaliáveis nos IDs, passa-se a esclarecer nos tópicos subsequentes os métodos MCDM necessários para a elaboração do método.

2.3 MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

A tomada de decisão / Apoio à decisão de múltiplos critérios (*MultiCriteria Decision Making / Aiding* MCDM / A) se concentra na solução de problemas de decisão de múltiplos critérios, ou seja: situações de decisão complexas nas quais vários, muitas vezes contraditórios, pontos de vista devem ser levados em consideração (VINCKE, 1992). O MCDM / A é aplicado para representar diferentes abordagens em um contexto multicritério, incluindo tomada de decisão, apoio à decisão e análise de decisão (DE ALMEIDA *et al.*, 2017). Nesta dissertação, os acrônimos tomada de decisão de múltiplos critérios (*MultiCriteria Decision Making - MCDM*) e apoio a decisão de múltiplos critérios (*MultiCriteria Decision Aiding - MCDA*) são usados para indicar um processo ou problema de decisão no contexto multicritério. O MCDA também pode ser considerado uma análise de decisão com vários critérios (DE ALMEIDA *et al.*, 2015).

MCDA é a nomenclatura genérica utilizada com finalidade para descrever uma coleção de abordagens formais que procuram levar em conta explicitamente vários critérios para indivíduos ou grupos a explorar decisões importantes (BELTON; STEWART, 2002; MENDOZA; MARTINS, 2006).

A MCDA visa esclarecer a decisão favorecendo um comportamento que aumentará a consistência entre a evolução do processo e os objetivos e o sistema de valores das partes interessadas. Porém, ressalta-se que os decisores são completamente livres para se comportar como julgarem adequado após a

recomendação ser feita (ROY, 2015). Algumas propriedades da MCDA foram retratadas por Belton e Stewart (2002), sendo estas: (i) procurar levar em conta explicitamente múltiplos critérios conflitantes, (ii) ajudar a estruturar o problema de gestão, (iii) fornecer um modelo que pode servir como um foco para discussão e (iv) oferecer um processo que leva a decisões racionais, justificáveis e explicáveis.

Idealmente, o método MCDA ajuda os decisores a entender e identificar os critérios fundamentais no problema de decisão e evita tomarem decisões importantes apenas pelo hábito (BARFOD, 2012). Assim, o objetivo da MCDA é ajudar os decisores a escolher, ordenar ou classificar alternativas dentro de um conjunto finito de acordo com dois ou mais critérios para que se sintam à vontade com a decisão final (CHEN; KILGOUR; HIPEL, 2008).

Na MCDA, a problemática refere-se ao modo como o apoio a decisão é considerado. Para Roy (1996) existem quatro tipos de problemas de referência para MCDA: (i) Escolha - problemática P. α : ajuda a escolher, desenvolve um processo de seleção; como exemplos têm-se os métodos Electre I, *goal programming*; (ii) Ordenação - problemática P. β : ajuda a ordenar as ações de acordo com as normas ou com a compilação de um procedimento de atribuição; (iii) *Ranking* - problemática P. γ : ajuda as ações de classificação em ordem decrescente de preferência; os métodos AHP, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE e DEMATEL são exemplos dessa problemática (iv) Descrição - problemática P. δ : ajuda a descrever as ações e suas consequências de maneira formalizada e sistemática ou desenvolver um procedimento cognitivo.

Os métodos que se utilizam da problemática de ranking P. γ ., serão abordados neste trabalho. Segundo Belton e Stewart (2002), a consideração de diferentes escolhas ou cursos de ação torna-se um problema de MCDM quando existem vários desses padrões que conflitam substancialmente. Barfod (2012) afirma que usar o MCDM é uma forma de lidar com problemas complexos, dividindo-os em partes menores, posteriormente ponderando os procedimentos e julgamentos dos componentes menores, sendo as peças remontadas e apresentando um quadro geral aos decisores.

Outro aspecto a ressaltar é que os problemas MCDM podem ser discretos ou de otimização. Nos problemas discretos há um número pequeno de soluções factíveis, e nos de otimização há um número elevado de opções, geralmente, identificadas por meio de equações (DOUMPOS; ZOPOUNIDIS, 2002). O método

desenvolvido nesta dissertação é discreto. Trata-se de um método multicritério linguístico discreto, com o conjunto de opções finitas e que contempla avaliações subjetivas linguísticas.

As metodologias MCDM tradicionais desconsideram a inter-relação entre os critérios. Diversas metodologias MCDM foram criadas ou adaptadas para buscar sanar tal problemática. Podem-se citar dois mais especificamente: *Analytic Network Process* (ANP) (SAATY, 1996), Laboratório de Ensaaios e Avaliações de Decisão (DEMATEL) (FONTELA; GABUS, 1976).

Qualquer técnica MCDM visa tornar a busca do decisor tão eficaz e eficiente quanto possível, mantendo algum grau de consistência na busca, ou pelo menos alertando o decisor sobre inconsistências à medida que elas surgem, sem impor uma estrutura indevida e injustificável sobre o assunto (STEWART, 1992).

Para tal, espera-se elaborar um método de determinação do impacto, englobando a importância e a influência dos critérios; com uma combinação de metodologias, possibilitada pela mediação computacional linguística *2-Tuple* (HERRERA; HERRERA-VIDEIRA, 2000), que são adequadas a um ambiente interdependente, incerto e realista. Essa metodologia é capaz de fornecer uma diretriz formal para realizar o processo de avaliação desenvolvendo um sistema de priorização com validade e natureza científica que permita acompanhamento e atuação estratégica sobre os recursos.

Por vezes, a tomada de decisão, não ocorre de forma isolada, tendo diversos atores gerando grandes dificuldades quanto à concordância, comprometimento e o consenso entre estes. Para Zak (2017), nos processos de tomada de decisão orientados para o grupo, diferenças naturais entre pessoas, interesses subjetivos e sistemas de valores diferentes de indivíduos particulares, visões éticas e ideológicas distintas podem ser reveladas e contribuir para o consenso final, no entanto, este processo para alcançar o compromisso não é fácil.

Os métodos MCDM também têm por finalidade facilitar organizar e formalizar esse processo dentro do contexto de grupos de decisão evitando conflitos, visto que, conforme descrito por Zak (2017), críticos das metodologias de tomada de decisão em grupo afirmam que diferenças culturais, éticas, comportamentais, ideológicas e psicológicas entre os indivíduos podem criar certo nível de tensão e sua interação mútua em grupo pode resultar na criação de conflitos.

Como este tipo de metodologia envolve e auxilia a tomada de decisões em grupo, será abordado este tema para compreender a forma de contribuição do trabalho neste contexto.

2.3.1 Sistemas de Apoio a Decisão em Grupo

A decisão estratégica ocorre num ambiente de grupos de tomada de decisão ou *Group Decision Support Systems* (GDSS). Desanctis e Gallupe (1987) definem um grupo de tomada de decisão como duas ou mais pessoas, cientes um do outro e sentindo-se parte do grupo, que são conjuntamente responsáveis pela detecção de um problema, elaborando a natureza do problema, gerando possíveis soluções, avaliando potenciais soluções ou formulando estratégias para que a decisão seja aplicada, seguindo a experiência colaborativa da reunião do grupo. Exemplos de grupos de tomada de decisão incluem: equipes de projeto, diretorias, comissões, comitês legislativos, equipes médicas.

No trabalho de Desanctis e Gallupe (1987) iniciaram-se as bases das pesquisas relacionadas a GDSS ou sistemas de apoio a decisão em grupo, buscando combinar tecnologias de comunicação, computação e suporte à decisão para facilitar a formulação e solução de problemas não estruturados por um grupo de pessoas.

Desanctis e Gallupe (1987) separaram a área de pesquisa GDSS em três: **nível 1** - fornece recursos técnicos destinados a remover barreiras comuns de comunicação melhorando o processo de decisão, facilitando a troca de informações entre os membros; **nível 2** - fornece técnicas de modelagem de decisão e de decisão de grupo visando reduzir a incerteza e o "ruído" que ocorrem no processo de decisão do grupo; **nível 3** - são caracterizados por padrões de comunicação de grupo induzidos por máquina e podem incluir orientação especializada na seleção e organização de regras a serem aplicadas durante uma reunião.

Em uma revisão Hamdani, Wardoyo e Mustofa (2018) observaram que os modelos clássicos MCDM ainda são dominantes na resolução de problemas de GDSS. Este trabalho contribui para a evolução da ciência GDSS de nível 2 com a modelagem do processo de avaliação de desempenho e priorização de recursos.

Uma base teórica sólida surge à medida que uma variedade de técnicas MCDM foram incorporadas à GDSS devido à sua capacidade de ajudar um grupo de decisores na resolução de conflitos de interesses e encontrar soluções de compromisso. Para Opricovic e Tzeng (2003) uma solução de compromisso é uma solução viável, que é a mais próxima da ideal, e significa um acordo estabelecido por concessões mútuas.

Um GDSS é um sistema híbrido que usa uma estrutura de comunicações elaborada e modelos quantitativos para ajudar uma equipe de decisores a resolver problemas e fazer escolhas (DESANCTIS; GALLUPE, 1987). Um exemplo desta abordagem pode ser verificado em Wang, Yang e Lin (2015) que propôs uma arquitetura GDSS denominada modelo híbrido de apoio à tomada de decisão (HDMSM) em que quatro abordagens de decisão são integradas (Delphi⁴, DEMATEL, ANP e MDS⁵ (*Multidimensional Scaling*) para ajudar o tomador de decisão a classificar e selecionar alternativas apropriadas.

Para a tomada de decisão ser adequada deve-se ter claro aos decisores e demais participantes o grau de importância de cada critério envolvido nesta, sendo assim abordar-se-á o entendimento de importância para esta pesquisa.

2.3.2 O Conceito de Importância na Decisão Multicritério

A importância é um indicador subjetivo de utilidade percebida pelos decisores, conceitualmente sendo importância a atribuição reconhecida do significado de utilidade de algo, conforme definido por uma determinada perspectiva (LUCE; BUSH; GALANTER, 1965; SAATY, 1980).

⁴ O método Delphi se baseia principalmente em um painel de experiências, intuição e julgamento de valor de especialistas. Os especialistas participam de várias rodadas de entrevistas com questionários e recebem um entendimento dos pontos de vista de outros sobre a mesma pergunta. Os especialistas são encorajados a revisar suas opiniões anteriores, para que os especialistas como um grupo possam finalmente chegar a um consenso sobre o objetivo da tomada de decisão (YANG *et al.*, 2008).

⁵ O dimensionamento multidimensional (MDS) é um método de redução de dados, que usa a distância ou semelhança entre os pontos de dados para localizar as coordenadas espaciais e as posições relativas de vários dados no espaço de baixa dimensão (SAATY, 1996).

Segundo Rabbani *et al.* (2014) é valioso para os analistas de gestão estratégica perceber os graus de importância dos principais critérios para fins de avaliação de desempenho. Ribeiro (1996) estabelece que para se obter as preferências (importância), os decisores têm três opções: (i) inferir as preferências de escolhas passadas (usadas em modelos estatísticos e modelos baseados em casos); (ii) obter as preferências interativamente e agregá-las, por meio dos atributos; (iii) elencar métodos de agregação, que podem ser um método simples de ponderação aditiva ou um método de ponderação aditiva hierárquica.

Para permitir a expressão de importância, as noções de discriminação e preferência são fundamentais para uma compreensão do comportamento, em outras palavras, pode-se dizer que sem haver a discriminação, o processo de decisão caminha para a indiferença (STEWART; REIMERS; HARRIS, 2014). Isso representa ser necessário haver percepção que se está mensurando algo distinto.

Para Tseng; Lin e Chen (2011) o modelo de preferência humana é incerto, e os humanos são geralmente relutantes ou incapazes de atribuir valores numéricos exatos às suas preferências, sendo difícil expressar as preferências dos sujeitos usando valores numéricos exatos, porque algumas das medidas de avaliação são subjetivas, qualitativas ou descritas em termos linguísticos.

Para Roy e Mousseau (1996) muitos autores estudaram o problema da determinação da importância relativa dos critérios, mas poucos tentaram dar uma definição precisa desta noção. Neste mesmo trabalho de Roy e Mousseau (1996) são relatadas as bases para analisar a importância de critérios de forma genérica, deixando claro em que condições é possível afirmar que um critério é mais importante que outro.

Stewart (1992) afirma que, ao se estabelecer alguns meios de associar uma pontuação numérica ou valor a cada opção de decisão, a escolha da alternativa ideal se torna automática, percebendo uma sensação de objetividade ao processo e, certamente, ajudando a focar a discussão sobre as escolhas da 'fronteira' e a neutralizar parte da emoção comum em um ambiente GDSS (ZAK, 2017).

Um dos métodos mais utilizados para obter a importância dos critérios é o AHP (SAATY, 1977), este método constrói a hierarquia do problema de decisão, permitindo classificar um conjunto finito de alternativas por meio da definição do objetivo geral, critérios de avaliação e subcritérios. Os pesos absolutos (importância) são agregados por uma função de utilidade aditiva.

Sendo assim, pode-se afirmar que a utilidade representa a contribuição do critério para alcançar um objetivo geral tendo como base as comparações pareadas de critérios, as informações preferenciais subjetivas do decisor são definidas na forma de pesos relativos (SAATY, 1980). Abordar-se-á o entendimento de influência, visto que para esta pesquisa a mesma difere do conceito de importância, porém considera-se que ambas as grandezas são atuantes nos problemas de decisão contemplados pela metodologia proposta.

2.3.3 O Conceito de Influência na Decisão Multicritério

A influência está relacionada ao princípio de causalidade, conceito de causa e efeito entre critérios ligado à ideia de quanto um critério pode interferir nos demais, tornando-os interdependentes. De acordo com Saaty e Takizawa (1986), a capacidade humana de pensar sobre problemas é limitada pelas ferramentas, então, por vezes assume-se a independência, visto que é mais simples e requer menos esforço, no entanto, não há como saber quão bons são os resultados, a menos que se evite simplificar demais e optar em lidar com a dependência.

Nas metodologias MCDM clássicas, o impacto da atuação que os critérios de avaliação geram, influenciando indiretamente outros fatores do problema analisado, é negligenciado. Christer e Carlsson (2000) afirmam que a suposição tradicional usada na modelagem do MCDM, que os critérios devem ser independentes, é inoportuna. Da mesma forma, Tzeng, Chiang e Li (2007) confirmam que em um sistema totalmente interdependente, todos os critérios do sistema estão relacionados, direta ou indiretamente; assim, qualquer interferência em um dos critérios afeta todos os outros, por isso, é difícil encontrar prioridades para a ação.

Conforme Christer e Carlsson (2000) a MCDM interdependente é normal na tomada de decisões de negócios padrão; porém, conforme já exposto, na teoria do MCDM a suposição padrão é assumir que os critérios são independentes, o que torna as soluções de MCDM ideais menos úteis do que poderiam ser. Christer e Carlsson (2000), ainda colocam que a esmagadora maioria das abordagens para encontrar as melhores soluções de compromisso para os problemas MCDM não faz uso das interdependências entre os objetivos.

É difícil apresentar razões de causalidade entre os critérios propostos e seus relacionamentos, que foram visualizados por especialistas e decisores (LIN, 2013). Abordar as interdependências subjacentes entre os critérios e suas respectivas influências permite que recomendações profundas para medidas de melhoria possam ser derivadas.

Observa-se que **importância** e **influência** são grandezas diferentes atuando sobre o sistema de decisão. Porém é usual a consideração de apenas uma como atuante no sistema. Quader *et al.* (2016) relataram outro aspecto a ser considerado, pois em muitos casos, os julgamentos de tomada de decisão são dados como valores nítidos, que mostram uma reflexão inadequada da imprecisão no mundo real, visto que o julgamento humano em relação às preferências geralmente não é claro e é difícil estimar por valores numéricos exatos.

Neste contexto também se observa que alguns decisores têm mais confiança em expressar seu julgamento (de importância, influência ou desempenho) usando valores linguísticos familiares em vez de valores numéricos exatos (YURDAKUL; IÇ, 2009). Sendo assim torna-se necessário demonstrar uma forma adequada de processar essas variáveis linguísticas no método MCDM proposto, conforme é apresentado no tópico subsequente.

2.4 INCERTEZA DA INFORMAÇÃO: O AMBIENTE *FUZZY*

O conceito de variável linguística é muito útil para lidar com situações que são muito complexas ou não bem definidas para serem razoavelmente descritas em expressões quantitativas convencionais (ZIMMERMANN, 2001). Por variável linguística, L. A. Zadeh (1975) entende como uma variável cujos valores são palavras ou sentenças em uma linguagem natural ou artificial, por exemplo, idade é uma variável linguística se seus valores são linguísticos e não numéricos, ou seja, jovens, não jovens, muito jovens, bastante jovens, idosos, não muito idosos e pouco jovens.

Uma das formas de processar esse tipo de informação é utilizar a lógica *Fuzzy* que é uma extensão da lógica Booleana, que tem sido estendida para manipular o conceito de “verdade parcial”, isto é, valores compreendidos entre “completamente verdadeiro” e “completamente falso” (L.A.ZADEH, 1975). Por lidar

com ambiguidades, incertezas e imprecisões o uso da teoria dos conjuntos *Fuzzy* tornou-se popular entre pesquisadores (SINGH *et al.*, 2018).

Segundo Zadeh (2001) a lógica *fuzzy* ou difusa pode ser vista como uma tentativa de formalização de duas notáveis capacidades humanas. Primeiramente a capacidade de conversar, raciocinar e tomar decisões racionais em um ambiente de informações imperfeitas, ou seja, com imprecisão, incerteza, informações incompletas, conflitantes e ainda com parcialidade da verdade e da possibilidade. E segundo, a capacidade de executar uma ampla variedade de tarefas físicas e mentais sem nenhuma medida ou cálculo.

Para L. A. Zadeh (1975) um conjunto *Fuzzy* (F) é definido matematicamente como na equação (2).

$$X: F = (X, \mu_{(x)}) \quad (2)$$

Em que:

X é o “universo de discurso” para o conjunto *Fuzzy* F .

F é o conjunto *Fuzzy* em X , expresso pelos pares ordenados $[X, \mu_{(x)}]$.

$x \in X$, é um elemento do conjunto X (primeiro elemento do par ordenado).

$\mu_{(x)}$ é uma função que mapeia x em F , variando de 0 a 1 (segundo elemento do par ordenado).

Zadeh (2008) complementa apontando que uma das principais contribuições da lógica *Fuzzy* é seu alto poder de precisão do que é impreciso. Tendo em um sentido restrito do significado da lógica *Fuzzy* como um sistema lógico que é uma generalização da lógica de valores múltiplos. Portanto, uma maneira estruturada de processar informações imprecisas e vagas é introduzida usando uma função de associação *Fuzzy*, com conjuntos capazes de se parecer com as decisões humanas e transformar as preferências linguísticas qualitativas em formas quantitativas cabíveis de processamento (BHATTACHARYA *et al.*, 2014).

No contexto da computação com palavras⁶ (*computing with words*), visando melhorar a precisão computacional, o Modelo de Variável Linguística *2-Tuple* foi introduzido por Herrera e Herrera-Viedma (2000), sendo um modelo simbólico que estende o uso de índices que modificam a representação de aproximação linguística *Fuzzy* adicionando um parâmetro à representação linguística básica. No tópico seguinte o modelo computacional será visto mais detalhadamente, pois serve de base para o método proposto.

2.5 MODELO COMPUTACIONAL LINGUÍSTICO 2-TUPLE

O modelo linguístico de duas tuplas (*2-Tuple*) tem sido amplamente utilizado para operar com informações linguísticas em problemas de decisão, devido ao fato de fornecer resultados linguísticos que são precisos e fáceis de entender (ESTRELLA *et al.*, 2014). Este modelo de representação define um conjunto de funções de transformação entre valores numéricos e a variável linguística *2-Tuple* para facilitar os processos computacionais linguísticos.

As principais vantagens desta representação podem ser resumidas como: o tratamento contínuo do domínio linguístico, a minimização da perda de informação e, portanto, minimização da falta de precisão (KARSAK; DURSUN, 2015). Também apresenta como vantagem a existência de diferentes extensões para realizar processos de computação com palavras em estruturas de decisão complexas (ESTRELLA *et al.*, 2014). Desta forma, definiu-se esta como a linguagem de processamento de todas as técnicas que serão utilizadas neste trabalho sendo adequada ao propósito do estudo.

O modelo apresentado por Herrera e Martínez (2000) é concebido para evitar a perda de informação e melhorar a precisão nos processos de computação com

⁶ O uso da informação linguística envolve a necessidade de operar com variáveis linguísticas. “Computar com Palavras” (*Computing with words*) é um paradigma baseado em um procedimento que emula processos cognitivos humanos para tomar processos e decisões de raciocínio em ambientes de incerteza e imprecisão (ZADEH, 1999). Nesse paradigma, os objetos de computação são palavras ou sentenças de uma linguagem natural e os resultados também são expressos em um domínio de expressão linguística que, geralmente, corresponde ao domínio linguístico inicial.

palavras quando o conjunto de termos linguísticos tem um valor ímpar de termos, sendo de formato triangular, simétrico e suas funções de associação uniformemente distribuídas (ESTRELLA *et al.*, 2014). Detalhar-se-á os preceitos básicos e as etapas algorítmicas do Modelo Linguístico *2-Tuple*.

2.5.1 Etapas do Modelo Linguístico *2-Tuple*

Seguem-se as definições de Herrera e Herrera-Viedma (2000) e Martínez e Herrera (2012), em que sendo uma variável linguística *2-Tuple* representada como (S_i, α) , em que S_i é uma variável linguística e α é um valor numérico com a conversão simbólica desse termo ampliando o *fuzzy* linguístico. Seguem suas definições abaixo:

Definição 1: Seja β o resultado de uma agregação dos índices de um conjunto de rótulos avaliados em um conjunto de termos linguísticos S , isto é, o resultado de uma operação de agregação simbólica, sendo $g + 1$ a cardinalidade de S . Para $i = \text{round}(\beta)$ e $\alpha = \beta - i$ sejam dois valores como $i \in [0, g]$ e $\alpha \in [-0.5, 0.5)$ então α é chamado de tradução simbólica, em que *round* trata-se da usual operação de arredondamento.

Definição 2: Seja $S = \{S_i | i = 0, 1, 2, \dots, g\}$ um conjunto de termos linguísticos e $\beta \in [0, g]$ um valor representando o resultado de uma operação de agregação simbólica, então a *2-Tuple* que expressa a informação equivalente a β é obtida com a seguinte função demonstrada na equação (3).

$$\Delta: [0, g] \rightarrow S \times [-0.5, 0.5)$$

$$\Delta(\beta) = (S_i, \alpha) \text{ com } \begin{cases} S_i, & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i, & \alpha \in [-0.5, 0.5), \end{cases} \quad (3)$$

Em que:

S_i tem o rótulo de índice mais próximo de β .

α é o valor da tradução simbólica.

Para exemplificar a função Δ segue o exemplo sugerido por Xu (2012):

Exemplo 1: Para $S_1 = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$ e $\beta = 5.5$ seja o valor da agregação simbólica. Então: $\Delta(\beta) = \Delta(5.5) = (s_6, -0.5)$

Definição 3: Seja $S = \{S_i | i = 0, 1, 2, \dots, g\}$ um conjunto de termos linguísticos e (S_i, α) seja um *2-Tuple*. Há sempre uma função Δ^{-1} tal que a partir de um *2-Tuple* ela retorna seu valor numérico equivalente $\beta \in [0, g] \subset \mathfrak{R}$, conforme equação (4).

$$\begin{aligned} \Delta^{-1}: S \times [-0.5, 0.5) &\rightarrow [0, g], \\ \Delta^{-1}(S_i, \alpha) &= i + \alpha = \beta \end{aligned} \quad (4)$$

A conversão de um termo linguístico em *2-Tuple* linguístico consiste em adicionar um valor zero como translação simbólica, conforme exposto na equação (5).

$$\Delta(S_i) = (s_i, 0), i = 0, 1, 2, \dots, g \quad (5)$$

Exemplo 2: Para $S = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$ seja um conjunto de termos linguísticos $\beta_1 = 3.4, \beta_2 = 4.5, \beta_3 = 5.9$.

Então $\Delta(\beta_1)(s_3, 0.4), \Delta(\beta_2)(s_5, -0.5), \Delta(\beta_3)(s_6, -0.1)$.

Por outro lado: $\Delta^{-1}(s_3, 0.4) = 3.4, \Delta^{-1}(s_5, -0.5) = 4.5, \Delta^{-1}(s_6, -0.1) = 5.9$

Definição 4: A comparação da informação linguística representada pelo *2-Tuple* é realizada de acordo com uma ordem lexicográfica ordinária. Deixe (s_k, α_1) e (s_l, α_2) sejam dois *2-Tuples*, com cada um representando uma contagem de informação como se segue na equação (6).

Se $k < l$ então (s_k, α_1) é menor que (s_l, α_2) .

Se $k = l$ então:

se $\alpha_1 = \alpha_2$ então $(s_k, \alpha_1), (s_l, \alpha_2)$ representa a mesma informação;

se $\alpha_1 < \alpha_2$ então (s_k, α_1) é menor que (s_l, α_2) ;

se $\alpha_1 > \alpha_2$ então (s_k, α_1) é maior que (s_l, α_2) . (6)

Definição 5: O operador de negação *2-Tuple* é definido como na equação (7).

$$\text{Neg}((S_i, \alpha)) = \Delta \left(g - \left(\Delta^{-1}(S_i, \alpha) \right) \right) \quad (7)$$

Em que:

$g + 1$ é a cardinalidade de S , $S = \{S_i | i = 0, 1, 2, \dots, g\}$.

As etapas de unificação de informações heterogêneas e conversão de escalas seguem as etapas realizadas utilizando os operadores baseados em funções Δ e Δ^{-1} definido no modelo computacional linguístico *2-Tuple* (HERRERA; MARTINEZ, 2001; HERRERA; MARTÍNEZ; SÁNCHEZ, 2005; HERRERA; HERRERA-VIEDMA; MARTINEZ, 2008), não estando no escopo deste trabalho. Chen e Tai (2005) também propuseram uma função de tradução para variável linguística generalizada *2-Tuple*. Setti *et al.* (2019) propôs uma forma de conversão de dados quantitativos para informação linguística, que pode ser adaptado para atender essas especificidades que devem ser avaliadas em cada contexto de aplicação.

Detalhar-se-á uma variação do método DEMATEL no tópico seguinte com seus preceitos básicos e etapas algorítmicas adaptadas ao Modelo Linguístico *2-Tuple* que será utilizado no método.

2.6 DEMATEL 2-TUPLE

O método DEMATEL foi desenvolvido no Centro de Pesquisas de Genebra do Instituto Battelle Memorial. Esse método busca visualizar a estrutura de relações causais complicadas e esclarecer o essencial dos problemas (BAYKASOĞLU *et al.*, 2013). Para SI *et al.* (2018), o DEMATEL é usado para estimar as relações causais diretas e indiretas entre os critérios; e baseia-se nas percepções dos indivíduos (uma pessoa ou um grupo de pessoas).

De acordo com Lin e Wu (2008) o método DEMATEL pode ser considerado prático e útil para visualizar a estrutura de relações causais complicadas, retratando uma relação contextual entre os elementos do sistema, avaliando a força da

influência e transformando essa relação em um modelo estrutural inteligível do sistema.

Como realizado no trabalho de Tzeng, Chiang e Li (2007), o conhecimento dos especialistas é verificado e analisado para contribuir para uma maior compreensão dos elementos componentes e da maneira como eles se inter-relacionam. Pode-se esperar que o número de abordagens e aplicações do DEMATEL continuará a crescer no futuro devido ao seu poder distinto e à crescente complexidade dos problemas de tomada de decisão (Si *et al.*, 2018). Originalmente o termo fatores é utilizado no DEMATEL sendo este modificado para o termo IDs por melhor explicitar o contexto abordado.

2.6.1 Etapas do método DEMATEL 2-Tuple

São apresentadas a seguir as etapas do método DEMATEL 2-Tuple de acordo com Liu *et al.* (2015).

Etapa 1 - Cálculo da matriz de influência direta do grupo

Seja $F = \{F_1, F_2, \dots, F_n\}$ um conjunto de IDs, em que F_n denota o fator; $J = 1, 2, \dots, n$; $E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$ seja um conjunto de especialistas, em que E_k representa o k ésimo especialista; $K = 1, 2, \dots, K$. Primeiro, os especialistas são questionados para indicar o efeito direto que o ID F_i tem sobre o ID F_j , usando um termo linguístico de um conjunto com cinco variáveis linguísticas, ou seja,

$R = \{R_0 = \text{Absolutamente sem influência (AN)}; R_1 = \text{Baixa influência (L)}; R_2 = \text{Média influência (M)}; R_3 = \text{Alta influência (H)}; R_4 = \text{Influência muito alta (VH)}\}$

Então, a matriz inicial de influência direta $Z_k = [Z_{ij}^k]_{n \times n}$ fornecido pelo k ésimo especialista E_k pode ser preparada, em que $Z_{ij}^k \in S$ representa o julgamento sobre a existência da inter-relação entre os IDs F_i e F_j . Depois de transformar as matrizes iniciais de influência direta na forma de 2-Tuple, ou seja, $\tilde{Z}_k = [\tilde{Z}_{ij}^k]_{n \times n}$, $\tilde{Z}_{ij}^k = (Z_{ij}^k, 0)$, a

matriz de influência direta do grupo $\tilde{Z}_k = [\tilde{Z}_{ij}^k]_{n \times n}$ pode ser obtida usando o operador de média aritmética *2-Tuple* Herrera e Martínez (2000) como dado na equação (8).

$$\tilde{Z}_{ij} = (Z_{ij}, \alpha_{ij}) = \Delta \left(\frac{1}{k} \sum_{k=1}^K \Delta^{-1}(Z_{ij}^k, 0) \right) \quad (8)$$

$Z_{ij} \in S, \alpha_{ij} \in [-0.5, 0.5], i, j = 1, 2, \dots, n.$

Etapa 2 - Cálculo da matriz de influência direta normalizada

Usando a matriz de influência direta do grupo \tilde{Z} , a matriz de influência direta normalizada $X = [x_{ij}]_{n \times n}$ é calculada por meio das equações (9) e (10).

$$x_{ij} = \frac{\Delta^{-1}(Z_{ij}, \alpha_{ij})}{S}, \quad (9)$$

Em que:

$$S = \max \left\{ \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n \Delta^{-1}(Z_{ij}, \alpha_{ij}) \right\}. \quad (10)$$

Todos os elementos na matriz X estão em conformidade com $0 \leq x_{ij} \leq 1, 0 \leq \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1$ e pelo menos um i tal que $\sum_{j=1}^n \Delta^{-1}(Z_{ij}, \alpha_{ij}) \leq S$.

Etapa 3 - Derivar a matriz de influência total

Com base na matriz de relação direta normalizada X , a matriz de influência total $T = [t_{ij}]_{n \times n}$ pode ser derivada somando os efeitos diretos e todos os efeitos indiretos usando a equação (11). Em que I representa a matriz identidade.

$$T = X + X^2 + X^3 + \dots + X^h = X(I - X)^{-1}, \text{ em que } h \rightarrow \infty, X^h = [0]_{n \times n}. \quad (11)$$

Etapa 4 - Construir o mapa de relações de influência (IRM)

Neste passo, a soma das linhas e a soma das colunas dentro da matriz de influência total T são expressas respectivamente, como os vetores r e c usando as equações (12) e (13).

$$r = [r_i]_{n \times 1} = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{n \times 1}, \quad (12)$$

$$c = [c_j]_{n \times 1} = \sum_{i=1}^n t_{ij}_{n \times 1}^T, \quad (13)$$

Em que r_i denota a soma da i ésima linha na matriz T e mostra a soma dos efeitos diretos e indiretos que o critério i tem sobre os outros critérios. Similarmente, c_j denota a soma da j ésima coluna na matriz T e mostra a soma dos efeitos diretos e indiretos que o critério j recebeu dos outros critérios.

Para $i = j$ e $i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$; o vetor do eixo horizontal ($r + c$) é então definido adicionando r a c , que ilustra a força das influências que são dadas e recebidas pelo ID. Isto é, $(r + c)$ mostra o grau do papel central que o ID desempenha no sistema. Similarmente, o vetor de eixo vertical ($r - c$) é criado subtraindo-se c de r , que mostra o efeito líquido que o ID contribui para o sistema. Se $(r_j - c_j)$ é positivo, então o ID j tem uma influência líquida sobre os outros IDs, e se $(r_j - c_j)$ é negativo o ID j está sendo influenciado por outros IDs no todo.

Etapa 5 - determinar os pesos influentes dos IDs: nessa etapa as relações entre as dimensões e os IDs são confirmadas.

Depois que o DEMATEL confirmar, utiliza-se o diagrama causal para medir os pesos dos IDs que serão usados no processo de tomada de decisão (DALALAH; HAYAJNEH; BATIEHA, 2011; BAYKASOĞLU *et al.*, 2013). A importância relativa dos IDs é calculada pela equação (14).

$$w_j = \left[(r_j + c_j)^2 + (r_j - c_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (14)$$

A Equação (14) indica a dimensão do vetor a partir da origem para cada ID. O peso de qualquer ID pode ser normalizado de acordo com a equação (15).

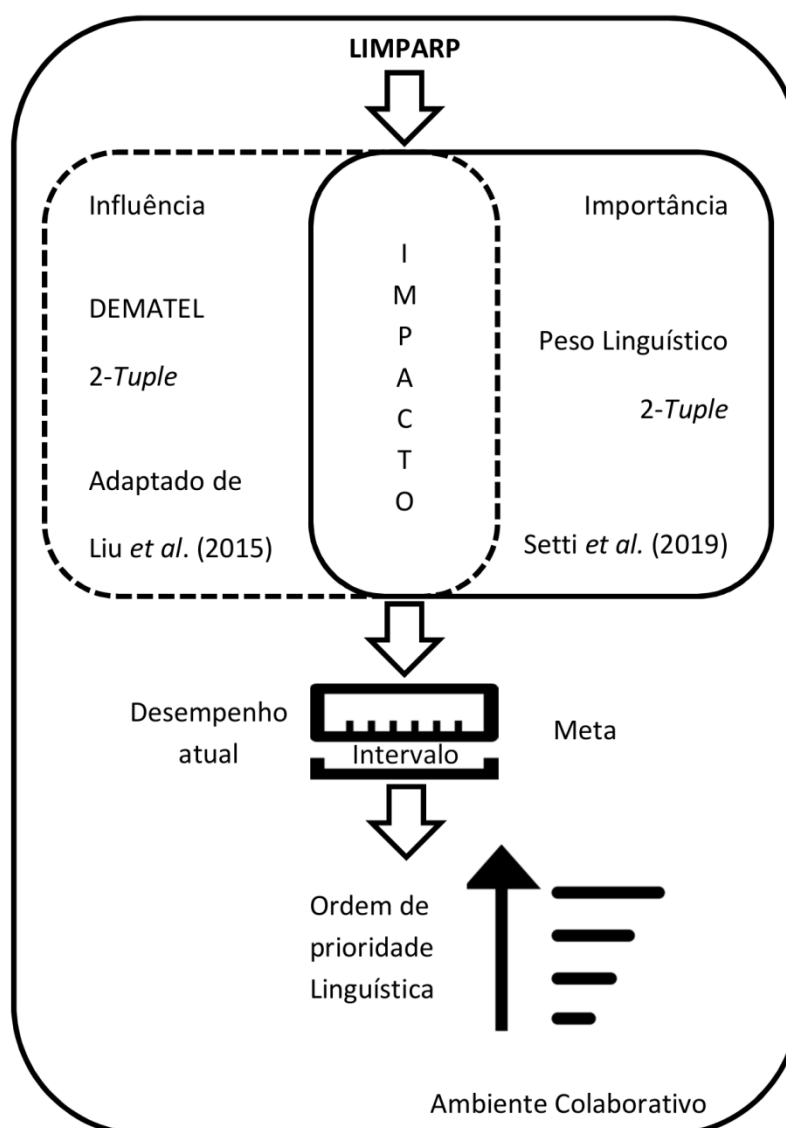
$$\bar{w}_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (15)$$

Em que \overline{w}_i , representa os pesos finais dos IDs a serem usados no processo de tomada de decisão. Pode-se obter o peso influente para cada ID (isto é, peso influente global) usando a abordagem *2-Tuple* DEMATEL modificada. Com a base teórica que subsidia esta dissertação apresentada, permite-se apresentar o método que é objeto deste trabalho de forma detalhada.

3 MÉTODO MULTICRITÉRIO LINGUÍSTICO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E PRIORIZAÇÃO DE RECURSOS

Neste capítulo se apresenta o método Multicritério Linguístico para Avaliação de Desempenho e Priorização de Recursos (*Linguistic Multi-Criteria Method for Performance Assessment and Resources Prioritization* (LIMPARP)) desenvolvido nesta pesquisa abordando as etapas: estruturação, avaliação, processamento, resultado e reavaliação. De forma simplificada a Figura 1 apresenta o conceito do LIMPARP.

Figura 1 – Conceito amplo do método LIMPARP



Fonte: autor.

Conforme demonstrado pela Figura 1, o LIMPARP é adequado a ambientes colaborativos em que os avaliados buscam o mesmo objetivo e o crescimento mútuo. O conceito de *Impacto* dos IDs na organização é introduzido, sendo mensurado pela interseção da importância, captada com auxílio do método Peso Linguístico *2-Tuple* proposto por Setti *et al.* (2019), com a influência dos IDs, captada com o método DEMATEL *2-Tuple* proposto por Liu *et al.* (2015), observados subjetivamente na organização. Aliado a isso o LIMPARP mensura o intervalo entre o desempenho atual e as metas almejadas, processando todas estas informações que são subjetivas e linguísticas e informando ao decisor a ordem de prioridade dos IDs em formato linguístico.

Para o desenvolvimento do LIMPARP foram elencadas metodologias MCDM aplicadas à avaliação em organizações analisando métodos multicritério que consideram a interdependência entre os critérios. Observou-se que nenhuma das metodologias analisadas nessa busca contemplava a problemática colaborativa proposta neste trabalho, desta forma buscou-se adaptar metodologias existentes para atender esta problemática.

De acordo com Pukkala (2002) nenhum método multicritério único é melhor para todos os processos de suporte à decisão. O método a ser utilizado deve ser escolhido para se adequar à situação em questão, ou seja, a consideração do caso de planejamento é sempre necessária para construir um processo apropriado de apoio à decisão. Deste modo, são relatadas as condições apropriadas ao contexto objetivado e justificam-se as combinações de métodos escolhidas para o desenvolvimento do método multicritério linguístico para avaliação de desempenho e priorização de recursos.

De acordo com Bellman e Zadeh (1970) grande parte da tomada de decisões no mundo real ocorre em um ambiente no qual os objetivos, as restrições e as consequências de ações possíveis não são conhecidos com precisão. Nos métodos clássicos do MCDM, as classificações e os pesos (importância) dos critérios são conhecidos com precisão, enquanto no mundo real, em um ambiente impreciso e incerto, esta é uma suposição irrealista, pois o conhecimento e a representação de um decisor ou especialista não são tão precisos (SAYADI; HEYDARI; SHAHANAGHI, 2009).

Em problemas reais de avaliação, é difícil analisar um contexto complexo em que existem diversos fatores e principalmente se os mesmos estão inter-

relacionados. De acordo com Zare *et al.* (2016) um dos métodos mais utilizados em MCDM, o AHP, é focado exclusivamente em ponderar a importância relativa dos critérios e, portanto, as dependências entre os critérios são negligenciadas. Na busca para elucidar tal aspecto, Saaty (1996) desenvolveu o ANP, que permite tratar da influência entre os critérios na análise do problema de decisão.

Com relação ao uso do ANP, Chen, Hsu e Tzeng (2011) explicam que as comparações pareadas exigidas pela ANP, são complexas e difíceis de entender pelos gestores. Calcular os pesos (importâncias) relativos dos critérios usando ANP significa que os níveis de interdependência dos fatores são tratados como valores recíprocos; em contraste, ao usar o método DEMATEL, no qual os níveis de interdependência dos fatores não têm valores recíprocos, tem-se algo mais próximo das circunstâncias reais (YANG; TZENG, 2011).

O método DEMATEL foi selecionado para este trabalho para captar a relação causal entre os critérios, pois, segundo Liu *et al.* (2015) ele ajuda decisores e analistas a entender a interdependência de critérios por meio de matrizes ou dígrafos restringindo as relações que refletem características dentro de uma tendência sistêmica e de desenvolvimento essencial. Dalalah, Hauajneh e Batieha (2011) modificaram o método DEMATEL para expressar as comparações de influência dos critérios em termos de informações linguísticas.

No trabalho de Mangla, Govindan e Luthra (2016) o método DEMATEL e AHP foram aplicados em conjunto, ilustrando o uso para planejar as estratégias táticas ou operacionais e estratégicas de decisão. A importância dos critérios no ambiente MCDM está relacionada ao conceito de utilidade percebida e foi preconizada por Saaty (1980), nos estudos com o método AHP. O uso do DEMATEL para obtenção dos pesos relativos à importância dos critérios é comum, porém, neste trabalho, se procurou destacar a diferença entre importância e influência, utilizando decisores e especialistas, aproveitando o máximo de seu conhecimento em sua área de atuação.

Decisores estão na posição de gestão da organização e possuem visão estratégica única, permitindo-lhes o perfeito alinhamento dos objetivos, missão e visão com a importância dos critérios no âmbito da organização. Os especialistas são pessoas com grande experiência e conhecimento da área, com vivência necessária para observar as relações causais entre os critérios e imersão que lhes confere percepção singular do contexto do problema. Neste contexto, Tzeng, Chiang

e Li (2007) relatam que a importância preferencialmente deverá ser determinada, independente do método, pelo decisor; e a influência, da mesma forma, cabe ao especialista da área, ao *expert*, visto que cada um destes está mais apto a opinar sobre cada um dos aspectos devido à sua posição organizacional (decisor) ou conhecimento específico (especialistas). Porém, há casos em que o decisor e o especialista são a mesma pessoa, ou seja, um decisor especialista que é comumente encontrado em pequenas organizações. Nesta situação o método contribui para organização de ideias e entendimento detalhado do problema facilitando o processo de tomada de decisão.

As influências entre os critérios podem ser obtidas processando a percepção subjetiva individual ou do grupo de especialistas na área avaliada construindo as inter-relações causais com auxílio do DEMATEL. A importância dos critérios cabe aos decisores, utilizando a determinação da importância por meio de preferências linguísticas para captar as percepções subjetivas dos mesmos. Dessa forma, os métodos DEMATEL e determinação da importância por meio de preferências linguísticas são combinados para avaliar o impacto dos critérios em relação ao objetivo.

No trabalho sobre um novo modelo de avaliação da eficácia de programa de e-learning Tzeng, Chiang e Li (2007) também consideraram as relações interligadas e utilidade sintética entre os critérios. Similarmente Abdullah e Zulkifli (2015) e Baykasoğlu e Gölcük (2015) utilizaram técnicas com o objetivo de obter a “Proeminência” dos critérios, sendo essa investigação, naquele momento, adequada aos contextos de gestão de recursos humanos e seleção de caminhões respectivamente.

No LIMPARP, diferentemente dos métodos MCDM tradicionais, o *ranking* não é gerado nomeando a alternativa mais bem avaliada. Realiza-se a agregação da organização avaliada e compara-se a meta (*target*) desejada em relação a este aspecto, destacando em qual critério os elementos avaliados, de forma conjunta, estão mais distantes do objetivo desejado. Posterior a essa verificação, aplica-se o efeito do impacto neste ID e assim se determina a sugestão de priorização de recursos que poderão ser utilizados gerando o maior resultado a organização, visto que serão as mais importantes e que tem potencial influenciador nos demais aspectos abordados tendo a maior defasagem em relação ao objetivo desejado pela organização.

Nos métodos MCDM existe um conjunto de termos bem consolidado, e os métodos MCDM trabalham com a mesma ferramenta principal: a matriz de decisão. Conforme apresentado na Tabela 2, os componentes “d” indicam o desempenho, possibilidade ou a preferência da Alternativa “i” com relação ao Critério “j”. O que distingue um método MCDM dos demais é a maneira com que os componentes desta matriz de decisão são obtidos e processados.

Tabela 2 – Matriz de Decisão com n Alternativas e m Critérios

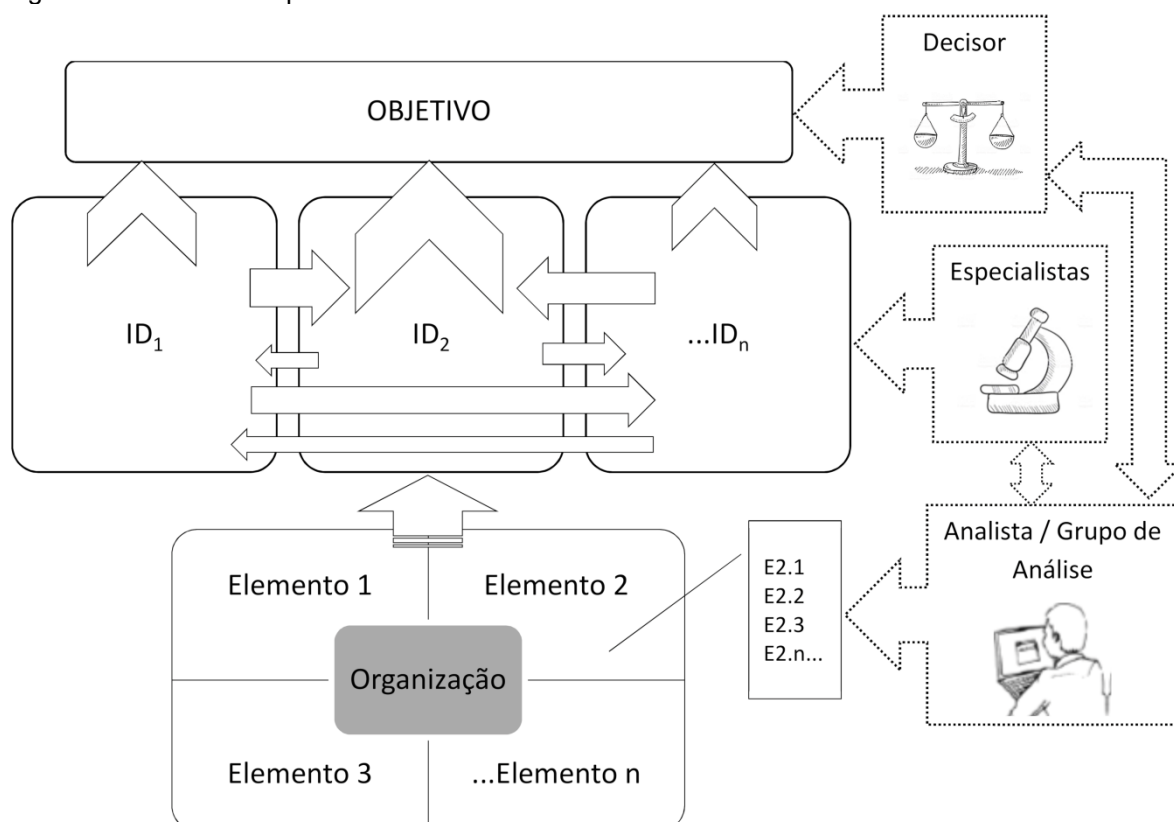
	Critério 1	Critério 2	...	Critério m
Alternativa 1	d_{11}	d_{12}	...	d_{1m}
Alternativa 2	d_{21}	d_{22}	...	d_{2m}
...
Alternativa n	d_{n1}	d_{n2}	...	d_{nm}

Fonte: Autor.

Porém se faz necessário modificar e redefinir alguns termos e atores para a perfeita compreensão do LIMPARP. Em relação nomenclatura: primeiramente o termo **critério** é adequado para expressar o aspecto ou fator que está sendo avaliado na alternativa. Já no LIMPARP, devido à sua característica de avaliar desempenho, torna-se mais apropriado a utilização do termo **Indicador de Desempenho** (ID) no lugar de critério. IDs conforme descrito por Parmenter (2015) podem ser: principais indicadores de resultados ou FCS, indicadores de resultado, IDs, indicadores chave de desempenho. O termo **Alternativa** se refere a um processo de decisão que compreende uma escolha ou seleção, ou seja, correto para um ambiente competitivo. Porém, como o LIMPARP preconiza a avaliação da organização na busca de um objetivo comum, de forma **colaborativa**, utiliza-se o termo **elemento** para designar as partes que compõem o conjunto avaliado.

A **Organização** avaliada é formada pelo conjunto de elementos, podendo haver outras divisões abaixo desta na escala hierárquica conforme a necessidade. Alguns exemplos de elementos podem ser: setores de uma empresa, cursos de uma escola, setores da administração pública, cooperados de uma cooperativa, funcionários de um setor, câmpus de uma universidade, fornecedores em uma cadeia de suprimento. A Figura 2 ilustra a estrutura de problema analisada e os atores desta.

Figura 2 – Estrutura do problema de decisão



Fonte: autor.

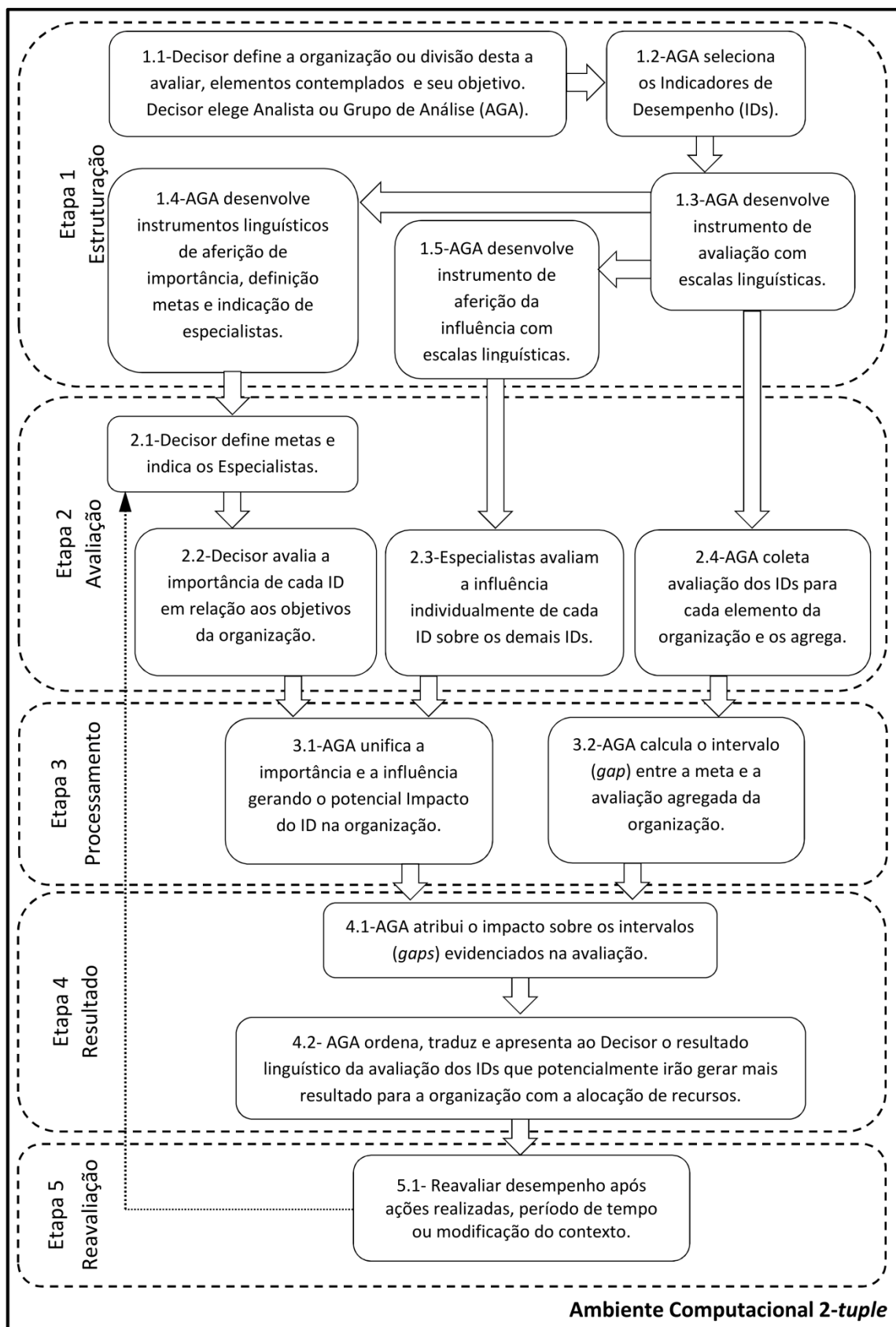
Fazendo uma análise da Figura 2 se pode ver uma organização formada por diversos elementos, com um objetivo comum, que trabalham colaborativamente. A colaboração pode ser definida como um processo de tomada de decisão entre partes interdependentes (KELLER; DAUGHERTY; STANK, 2001), que envolve decisões conjuntas e responsabilidade coletiva pelos resultados (GRAY, 1989). Para alcançar esse objetivo há IDs que demonstram a evolução no sentido do objetivo e pode-se verificar que cada ID apresenta um impacto diferente sobre o resultado, isto é exemplificado na Figura 2 por setas verticais de tamanhos diferentes. É importante verificar que os IDs interagem entre si em um sistema interdependente influenciando e sendo influenciados por outros IDs, representadas pelas setas horizontais desproporcionais demonstrando a interação entre estes.

Em relação aos atores: **decisor** - têm a função de comando, conhecedor dos objetivos estratégicos da organização, com visão ampla e intermediadora, responsável pela decisão final, sendo superior hierarquicamente, podendo ser: proprietários, diretores, gerentes, supervisores, coordenadores, administradores, entre outros. A ele recai o ônus e o bônus da decisão; **especialistas** - os maiores

conhecedores de determinado aspecto da organização, geralmente com notório saber e conhecimento sobre algo. Nem sempre estão em posição de comando, são conhecedores das inter-relações existentes em determinado sistema; **Analista / Grupo de análise** (AGA) - interpreta e quantifica as opiniões do decisor, dos especialistas e organização avaliada, além de estruturar o problema e executar o processamento matemático apresentando os resultados para a decisão. Pode ser composto por uma ou mais pessoas, elencadas pelo decisor, com a função de execução do método de avaliação. Quando as estruturas avaliadas ganham porte e amplitude maiores, torna-se necessário a existência de um grupo de análise para garantir a agilidade de coordenação das ações de avaliação com atuação descentralizada.

O LIMPARP foi desenvolvido em um ambiente computacional linguístico 2-*Tuple* que combina a determinação da importância por meio de preferências linguísticas e DEMATEL com a agregação da importância e influência em relação a todos os IDs obtendo o impacto dos mesmos no objetivo a ser alcançado. Posteriormente, com as informações de desempenho dos elementos da organização agregadas é realizada a avaliação dos IDs impactantes para determinação das prioridades quanto à alocação de recursos. A Figura 3 ilustra as etapas do LIMPARP.

Figura 3 - Método multicritério linguístico para avaliação de desempenho e priorização de recursos



Fonte: autor.

Na sequência o LIMPARP é apresentado com suas respectivas etapas, passos e equações.

3.1 ETAPA 1 – ESTRUTURAÇÃO

De acordo com Von Winterfeldt e Fasolo (2009) estruturar o problema de decisão - passando de um problema inicialmente vago e mal definido para um problema que pode ser formulado, modelado e analisável matematicamente – é a parte mais difícil e crucial de uma análise em pesquisa operacional. Deste modo, a estruturação é a etapa inicial do LIMPARP e os passos que compõem essa etapa são descritos a seguir.

3.1.1 Decisor define a organização a avaliar, elementos contemplados e seu objetivo. Decisor elege Analista ou Grupo de Análise (AGA) - Passo 1.1

O decisor estabelece o conjunto de elementos que serão avaliadas para permitir o desenvolvimento do LIMPARP, podendo ser pessoas, setores, colaboradores, parceiros e outros, definindo assim a organização avaliada.

O decisor deve determinar o objetivo da organização a avaliar. Pukkala (2002) afirma que o uso e o desenvolvimento de modelos de planejamento excessivamente sofisticados e de sistemas de computadores correm o risco de que o planejamento se torne centrado em especialistas, com a consequência de que as preferências e necessidades do decisor sejam esquecidas ou que ele não esteja comprometido com o plano. Ainda conforme Barfod (2012), se o decisor não entende o que está acontecendo dentro do método, ele poderá perceber isso como uma "caixa preta", e como resultado o decisor poderá não confiar nas recomendações do método, e, deste modo, não teria sentido gastar tempo aplicando a abordagem. Com objetivo de se obter transparência, buscou-se desenvolver um método prático e de fácil compreensão e reprodução.

É necessário eger um AGA para coordenar a avaliação. Ao AGA cabe a função de estruturação da avaliação, coleta de informações, processamento da

informação e determinação do resultado ao decisor para fins de tomada de decisão quanto a alocação de recursos.

3.1.2 AGA seleciona os indicadores de desempenho - Passo 1.2

Neste passo se determina os IDs que serão avaliados, preferencialmente recorrendo à literatura para buscar os aspectos mais relevantes já pesquisados. Neste passo, deve-se construir uma estrutura hierárquica de IDs como na Figura 2, para facilitar as avaliações pelos especialistas e pelo decisor. Essa estrutura visa facilitar a visualização dos IDs corroborando para o objetivo e facilita o entendimento do contexto do problema.

Deve ser realizada, também, a construção de modelo hierárquico dos IDs para facilitar a visualização destes em relação ao objetivo, bem como permitir uma visão ampla dos IDs atuantes no contexto, melhorando a compreensão do decisor, especialistas e elementos avaliados.

3.1.3 AGA desenvolve instrumento de avaliação de desempenho com escalas linguísticas - Passo 1.3

As informações de desempenho linguísticas podem ser captadas por meio de: questionários de autoavaliação, listas de verificação (*checklists*), avaliações de gerência imediata, ou até mesmo de pareceres de especialistas internos ou terceirizados. Para isso, elabora-se um instrumento de avaliação para capturar as percepções de desempenho observadas nos elementos para cada ID. Vale observar que a forma como uma pergunta é elaborada e a conceptualização dos IDs torna-se de grande relevância ao processo de decisão, pois pode interferir no processo de avaliação. Sugere-se adicionar um glossário com as descrições dos IDs que estão sendo avaliados para consulta dos elementos, decisor e especialistas durante o processo.

Para cada ID avaliado é necessário definir uma escala linguística de mensuração. Se for possível manter uma escala única para todos os IDs, isso facilitará a aplicação. Para Herrera e Herrera-Viedma (2000), a escolha do conjunto

de termos linguísticos tem como objetivo estabelecer a descrição linguística dos resultados de modo a fornecer ao avaliador algumas palavras pelas quais ele pode naturalmente expressar sua informação. Nesta perspectiva deve-se adotar um conjunto de termos pequeno o suficiente para não impor precisão aos avaliadores, que seja, ao mesmo tempo, rico o suficiente para permitir uma discriminação das avaliações num número limitado de graus.

Segundo Miller (1956), uma escala linguística não deve ultrapassar onze variáveis, para permitir o discernimento pelo avaliador. Bonissone e Decker (1986) sugerem valores similares com escalas ímpares, como sete ou nove, e limite superior de onze ou não mais de treze níveis, em que o termo médio representa uma avaliação de “aproximadamente 0,5”, com os demais termos sendo colocados simetricamente em torno deste. Ao distribuir simetricamente os conjuntos de termos linguísticos ordenados, elabora-se uma escala, com cardinal ímpar e termo médio, e então, a semântica do conjunto é estabelecida considerando que cada termo linguístico para o par (s_i, s_{T-i}) é igualmente informativo (TORRA, 1996).

Com base nas considerações expostas acima se cria um instrumento para questionamento relativo ao desempenho de cada ID em relação ao objetivo almejado. Sugere-se que a escala de desempenho seja definida com base em uma escala de preferência linguística de Setti *et al.* (2019) sendo:

$T = \{t_0 = \text{Muito Baixo (VL)}; t_1 = \text{Baixo (L)}; t_2 = \text{Razoavelmente Baixo (ML)}; t_3 = \text{Razoável (M)}; t_4 = \text{Razoavelmente Alto (MH)}; t_5 = \text{Alto (H)}; t_6 = \text{Muito Alto (VH)}\}$.

É necessário ainda determinar se os IDs são de custo ou benefício. A expressão linguística não determina se o critério avaliado é benéfico ou prejudicial ao objetivo, sendo assim, é necessário ajustar a significância de acordo com o contexto da pergunta. O instrumento elaborado no passo 1.3 e 1.4 podem ser concebidos de forma conjunta para facilitar a aplicação.

3.1.4 AGA desenvolve instrumentos linguísticos de aferição de importância, definição metas e indicação de especialistas - Passo 1.4

Cria-se um instrumento para questionamento relativo a importância de cada ID em relação ao objetivo almejado. Sugere-se que a escala de importância seja definida com base em uma escala de preferência linguística de Setti *et al.* (2019), sendo:

$$S = \{s_0 = \text{Muito Baixa (VL)}; s_1 = \text{Baixa (L)}; s_2 = \text{Razoavelmente Baixa (ML)}; s_3 = \text{Razoável (M)}; s_4 = \text{Razoavelmente Alta (MH)}; s_5 = \text{Alta (H)}; s_6 = \text{Muito Alta (VH)}\}.$$

A base para a determinação da meta (*target*) é o instrumento de avaliação de desempenho elaborando a pergunta para captar como o decisor desejaria que a organização estivesse com relação a cada ID, mantendo a mesma escala.

Em um trabalho de seleção de pessoal, Kelemenis e Askounis (2010) observaram que quando há um processo de nível corporativo mais amplo, as decisões mais racionais são tomadas por um grupo de pessoas e não por uma única pessoa. No entanto, os mesmos afirmam que há situações em que alguns IDs são muito técnicos para permitir que cada decisor expresse uma opinião abrangente. Dessa forma, apenas alguns especialistas podem fornecer informações e julgar objetivamente tais IDs. Assim sendo, faz-se necessário determinar especialistas, com conhecimento adequado de cada um dos IDs e suas respectivas inter-relações com os demais IDs. Adiciona-se ao instrumento a pergunta descritiva de quem seria a pessoa considerada especialista no que concerne a cada ID.

3.1.5 AGA desenvolve instrumento de aferição da influência com escalas linguísticas - Passo 1.5

Cria-se um instrumento para questionamento relativo à influência de cada ID em relação aos demais, sendo um para cada ID e seu respectivo especialista. Sugere-se que a escala de influência seja definida com base em uma escala de influência linguística conforme o método DEMATEL 2-Tuple elaborado por Liu *et al.* (2015), sendo:

$$R = \{r_0 = \text{Absolutamente sem influência (AN)}; r_1 = \text{Baixa influência (L)}; r_2 = \text{Média influência (M)}; r_3 = \text{Alta influência (H)}; r_4 = \text{Influência muito alta (VH)}\}$$

3.2 ETAPA 2 – AVALIAÇÃO

3.2.1 Decisor define metas e indica os especialistas - Passo 2.1

Com o auxílio do instrumento desenvolvido no passo 1.4 o decisor determina à meta (*target*) almejada pela organização, podendo ser máximo ou mínimo considerando a natureza da pergunta. As informações linguísticas são convertidas para sua respectiva representação *2-Tuple*.

Com o auxílio deste instrumento, o decisor indica as pessoas aptas para avaliação de influência como especialistas em cada ID. O decisor indica especialistas individualmente para cada ID, sendo representado pela pessoa com maior conhecimento naquele aspecto com disponibilidade para promover as avaliações. A divisão entre vários especialistas prioriza a diminuição do número de comparações por avaliador e busca um maior conhecimento do ID em avaliação. Porém, pode-se atribuir mais de um ID para o mesmo especialista, ficando esta decisão e suas implicações sob responsabilidade do decisor. O próprio decisor também pode ser um especialista, tornando-se decisor especialista.

3.2.2 Decisor avalia a importância de cada ID em relação aos objetivos da organização - Passo 2.2

Com o auxílio do instrumento desenvolvido no Passo 1.4, o decisor determina a importância de cada ID para a organização. As avaliações linguísticas são convertidas para sua respectiva representação *2-Tuple*. Para se determinar a importância de cada ID, ou seja, os pesos dos IDs por conjuntos de variáveis linguísticas se recomenda o método Peso Linguístico *2-Tuple* proposto por Setti *et al.* (2019). Caso exista mais de um decisor, um único vetor linguístico é obtido das avaliações do decisor em relação a importância de cada um dos IDs pelo operador de média aritmética *2-Tuple* (*2-Tuple Averaging Operator*) equação (16) e são normalizados na equação (17) apresentando o vetor da importância dos IDs na forma de número real.

$$\bar{w}(w_j, \alpha_j) = \Delta \left(\frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \Delta^{-1}(w_{kj}, \alpha_{kj}) \right) \quad (16)$$

$$w_j = \frac{\Delta^{-1}(w_j, \alpha_{w_j})}{\sum_{j=1}^n \Delta^{-1}(w_j, \alpha_{w_j})} \quad (17)$$

$$w_j \in [0,1], \sum_{j=1}^n w_j = 1$$

Em que:

$\bar{w}(w_j, \alpha_j)$ = representa a média ponderada da importância linguística quando há mais de um decisor.

w_j = Peso da importância numérico relativo.

3.2.3 Especialistas avaliam a influência individualmente de cada ID sobre os demais IDs - Passo 2.3

Com o auxílio do instrumento desenvolvido no Passo 1.5, os especialistas determinam a influência de cada ID sobre os demais individualmente. As avaliações linguísticas são convertidas para sua respectiva representação *2-Tuple*.

Com essas informações verificam-se como os IDs interagem entre si num sistema interdependente, ou seja, influenciando e sendo influenciados por outros IDs. A interdependência entre os IDs pode afetar o objetivo, e deste modo precisa ser mensurada por meio do conhecimento dos especialistas e com auxílio de etapas do método DEMATEL, os quais foram adaptadas como descrito a seguir. Os passos do método DEMATEL *2-Tuple* exemplificados na seção 2.4.1 são utilizados sem alteração até a etapa 4 descrita naquela seção. O método DEMATEL *2-Tuple* proposto por Liu *et al.* (2015) passa a ser modificado a partir da etapa 5 descrita na seção 2.4.1 conforme as seguintes etapas:

DEMATEL Etapa 5. Determinar os indicadores de desempenho influentes e sua respectiva força normalizada

Neste ponto, o método proposto por Liu *et al.* (2015) tem a maior alteração, em que depois de o DEMATEL confirmar os relacionamentos influentes entre os IDs, utiliza-se o diagrama causal para medir força da influência dos mesmos e normalizá-la.

Para Mangla, Govindan e Luthra (2016) os valores na coluna $(r_j - c_j)$ (ou seja, relação), ajudam a dividir os IDs em grupos de causa e efeito, dependendo de seus valores positivos e negativos obtidos respectivamente. Os mesmos também afirmam que os IDs do grupo de causa $(r_j - c_j) > 0$ são vitais devido ao seu impacto direto no sistema geral, sendo importante concentrar-se nesses fatores de grupo para agilizar o desempenho geral.

Somente valores de influência líquida (NF_j) maior que zero influenciarão os demais gerando impacto no sistema, então, para encontrá-los se utiliza a equação (18).

$$NF_j = (r_j - c_j) \quad (18)$$

$$NF_j > 0.$$

Em que:

NF_j = Influência líquida dos IDs.

Aqui, a Equação (18) simplesmente indica o comprimento do vetor a partir da origem para cada ID. Subsequentemente a influência líquida normalizada $F\tilde{w}_j$ de cada ID é calculada conforme a Equação (19).

$$F\tilde{w}_j = \frac{NF_j}{\sum_{j=1}^n NF_j} \quad (19)$$

$$F\tilde{w}_j \in [0,1], \sum_{j=1}^n F\tilde{w}_j = 1$$

Em que:

$F\tilde{w}_j$ = Influência numérica líquida normalizada dos IDs.

A $F\tilde{w}_j$ representa a influência líquida normalizada dos IDs a serem usados no cálculo do impacto I_j . Consequentemente, pode-se obter a influência para cada ID usando a abordagem DEMATEL modificada de *2-Tuple*.

3.2.4 Analista / AGA coleta avaliação dos IDs para cada elemento da organização e os agrega - Passo 2.4

Neste passo, dependendo do objetivo almejado, pode-se obter a avaliação de diversas formas: avaliação de terceiros, avaliação por especialistas, por decisor ou até mesmo autoavaliação. A aplicação do instrumento de avaliação que foi desenvolvido no Passo 1.3 deve ser feita em consonância com os preceitos morais e éticos de cada contexto. Após a aplicação do instrumento de avaliação, visto que busca-se a avaliação da organização, realiza-se a agregação desta informação e se obtém o panorama geral da organização.

A escolha do operador de agregação de informação linguístico consiste em estabelecer uma forma apropriada de unificar valores linguísticos de desempenho fornecidos (HERRERA; HERRERA-VIDEIRA, 2000), se utilizou o operador de média aritmética *2-Tuple* (*2-Tuple Averaging Operator*) como mais adequado ao método sendo calculado conforme equação (16).

$$\bar{E}(s_{ij}, \alpha_{ij}) = \Delta \left(\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \Delta^{-1}(s_{ij}, \alpha_{ij}) \right) \quad (16)$$

Em que:

$\bar{E}(s_{ij}, \alpha_{ij})$ = representa a média ponderada linguística das avaliações dos IDs

k = Número de elementos avaliados

3.3 ETAPA 3 – PROCESSAMENTO

3.3.1 Analista / AGA unifica a importância e a influência gerando o potencial Impacto do ID na organização - Passo 3.1

O impacto I_j é formado pela importância, somado a influência que o mesmo exerce sobre o sistema, devidamente normalizado para representar um valor entre 0 e 1. Este é descrito pela equação (20).

$$I_j = \frac{w_j + F\tilde{w}_j}{\sum_{j=1}^n (w_j + F\tilde{w}_j)} \quad (20)$$

$I_j \in [0,1]$ e o $\sum I_j = 1$.

Em que:

I_j = Impacto normalizado do ID sobre a organização.

3.3.2 Analista / AGA calcula o intervalo (gap) entre a meta e a avaliação agregada da organização - Passo 3.2

A distância entre o valor agregado do ID observado na avaliação e a meta (*target*) estabelecida pelo decisor é determinada com base na equação (21) para IDs de benefício e na equação (22) para IDs de custo. Somente valores positivos são considerados, pois se estiverem zerados ou negativos indicará que a meta já foi atingida, sendo assim não demanda priorização.

Então, para IDs de benefício utiliza-se a equação (21):

$$Gap_j = \Delta^{-1}(r_j^{\text{target}}, \alpha_j^{\text{target}}) - \Delta^{-1}\bar{E}(s_{ij}, \alpha_{ij}) \quad (21)$$

$$Gap_j > 0$$

Ou, para IDs de custo utiliza-se a equação (22):

$$Gap_j = \Delta^{-1}\bar{E}(s_{ij}, \alpha_{ij}) - \Delta^{-1}(r_j^{\text{target}}, \alpha_j^{\text{target}}) \quad (22)$$

$$Gap_j > 0$$

Em que, para ambas as equações (21) e (22):

Gap_j = Intervalo entre a meta e a situação avaliada na organização que deve ser maior que zero.

$\bar{E}(s_{ij}, \alpha_{ij})$ = representa a média ponderada linguística das avaliações dos IDs.

$(r_j^{\text{target}}, \alpha_j^{\text{target}})$ = representa a meta (*target*) estabelecida pelo decisor.

3.4 ETAPA 4 – RESULTADO

3.4.1 AGA determina os impactos sobre os intervalos (gaps) evidenciados na avaliação - Passo 4.1

Na alocação de recursos torna-se determinante saber qual ID geraria maior impacto para a organização. O ID que mais impacta na organização é aquele considerado importante pelo decisor, que gera grande influência nos demais na visão dos especialistas e que se encontra com maior defasagem média em relação ao desejado pela organização avaliada.

Sendo assim para expressar tal grandeza elenca-se a equação (23).

$$\theta_{Ij} = Gap_j \times I_j \quad (23)$$

Em que:

θ_{Ij} = coeficiente do intervalo da avaliação em relação a meta potencializado pelo impacto dos IDs.

3.4.2 AGA ordena, traduz e apresenta ao decisor o resultado linguístico da avaliação dos IDs que potencialmente irão gerar mais resultado para a organização com a alocação de recursos - Passo 4.2

O AGA converte o resultado numérico em informação linguística e analisa o resultado do coeficiente de priorização dos IDs ordenados, demonstrando os IDs que potencialmente irão gerar mais resultado para a organização com a alocação de recursos. Como se tem um método linguístico realiza-se a conversão final para uma escala linguística de avaliação das prioridades seguindo a equação (24). Seja $V = \{V_i | i = 0, 1, 2, \dots, g\}$ um conjunto de termos linguísticos e (V_i, α) seja um 2-Tuple.

$$\varphi(v_j, \alpha_j) = \left[\frac{(\theta_{ij} - \theta_1^{min})}{(\theta_1^{Max} - \theta_1^{min})} \right] g \quad (24)$$

Em que:

$\varphi(v_j, \alpha_j)$ = indicador linguístico *2-Tuple* de prioridade do ID na organização.

g = granularidade do conjunto V .

Com essa transformação se determina os IDs avaliados de forma linguística com relação a sua priorização conforme escala abaixo:

$V = \{v_0 = \text{Muito Baixa Prioridade (MBP)}; v_1 = \text{Baixa Prioridade (BP)}; v_2 = \text{Média Prioridade (MP)}; v_3 = \text{Alta Prioridade (AP)}; v_4 = \text{Muito Alta Prioridade (MAP)}\}$.

O conjunto de escalas linguísticas de prioridade pode ser ampliado para ampliar a classificação dos IDs, ou caso o número de IDs for elevado, desde que sejam seguidas as recomendações quanto a escalas linguísticas citadas anteriormente, sendo uma escala simétrica, termo médio central sendo igualmente distribuída.

Deve-se então ordenar de forma decrescente os indicadores de prioridade linguísticos de cada ID na organização. Este resultado linguístico, com a ordem dos IDs, é relatado ao decisor como orientação para alocação de recursos que possibilitarão gerar maior impacto na organização na busca pelo objetivo almejado.

3.5 ETAPA 5 – REAVALIAÇÃO

3.5.1 Reavaliar desempenho após ações realizadas, período de tempo ou modificação do contexto - Passo 5.1

Após serem realizadas ações, passado um determinado período, ou haver modificação do contexto, recomenda-se a reavaliação do problema com a reaplicação do LIMPARP de forma cíclica, permitindo melhorias incrementais no sentido do objetivo almejado. Neste caso o processo pode ser reiniciado a partir da

Etapa 2.1 – Decisor define metas e indica os especialistas, visto que a etapa de estruturação já foi realizada. O decisor avalia a necessidade de modificar, ou não, as avaliações de importância e influência.

Com o LIMPARP devidamente estruturado e detalhado, apresenta-se no próximo capítulo uma aplicação do mesmo com objetivo de testá-lo e demonstrar sua efetividade.

4 APLICAÇÃO E DISCUSSÃO DO MÉTODO PROPOSTO - LIMPARP

A disponibilidade de recursos em organizações é um desafio constante a limitar o seu desenvolvimento. Alia-se a isso um número elevado de IDs tornando difícil para a gestão alinhar suas estratégias rumo a seus objetivos, principalmente quando estes IDs são subjetivos.

Um exemplo é considerado para demonstrar a aplicação do LIMPARP. Por se tratar de uma metodologia nova não há como compará-lo diretamente com outros estudos, desta forma, optou-se por extrair novas conclusões de estudos que tenham coletado informações linguísticas inerentes a desempenho, influência e importância de critérios. Nesta seção o método proposto foi aplicado com adaptação e simulação de um ambiente colaborativo com dados de estudos originalmente situados em ambientes competitivos. Mais especificamente num estudo realizado na cadeia de suprimento de gado utilizando um caso empírico de seleção de fornecedores ecologicamente corretos relatados por Singh *et al.* (2018) com a contribuição dos dados do trabalho de Meksavang *et al.* (2019) referentes ao mesmo estudo. A seguir, as informações de base e o processo para implementar o LIMPARP são discutidos em detalhes.

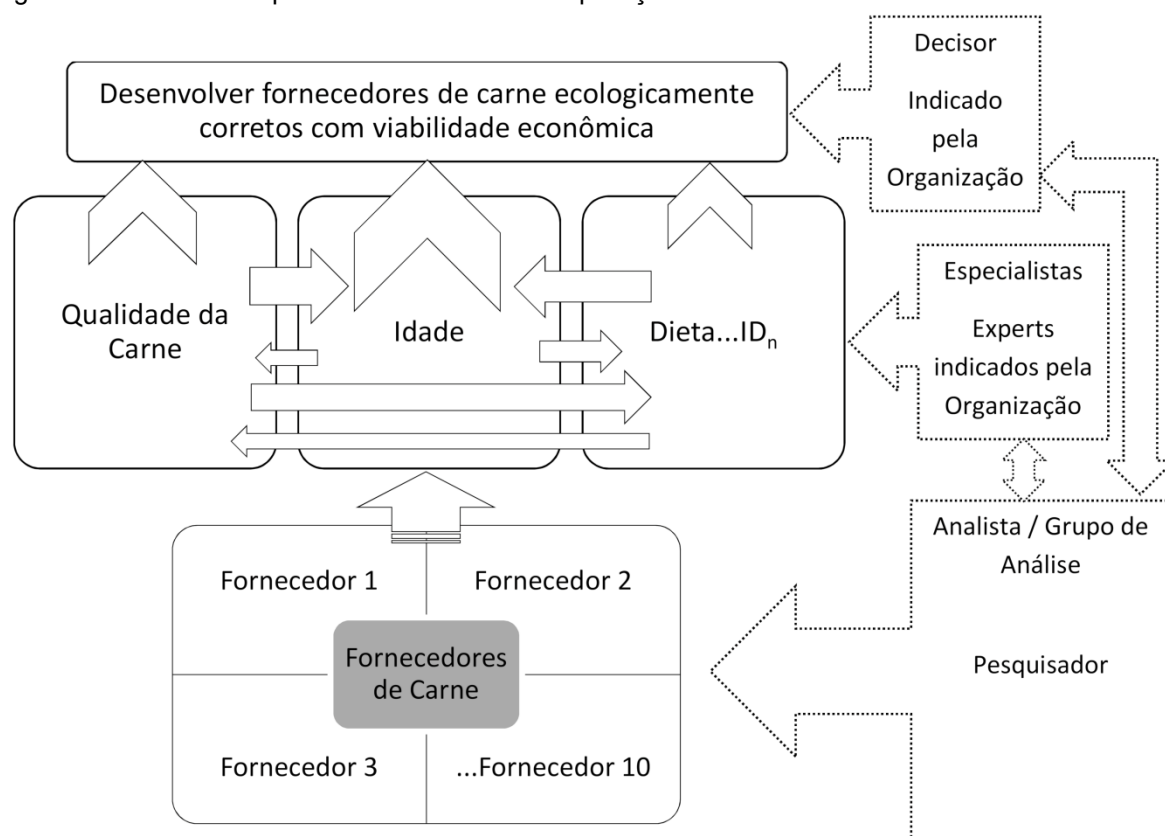
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

No caso estudado, um novo *framework* baseado na tecnologia de computação em nuvem e *big data* foi desenvolvido para a seleção de fornecedores de gado ecologicamente corretos com viabilidade econômica. Singh *et al.* (2018) comentam que a redução da pegada de carbono é muito pesquisada em todo o mundo, sendo que o setor agrícola é um dos principais contribuintes para a emissão global de carbono. A carne bovina em comparação aos demais produtos agroalimentares tem grande pegada de carbono, sendo que a maior parcela destas emissões ocorre nas fazendas.

Os agricultores de países em desenvolvimento geralmente não têm conhecimento de tecnologias para reduzir as emissões de carbono de suas fazendas. Há também pressão sobre a indústria de carne bovina para reduzir as emissões de carbono em sua cadeia de suprimentos. Portanto, é importante orientar

os criadores de gado sobre como priorizar recursos nos IDs que geram maior impacto para seu enquadramento como fornecedores de gado ecologicamente corretos e viáveis economicamente para a organização estudada. Para mais detalhes consultar Singh *et al.* (2018) e Meksavang *et al.* (2019). A Figura 4 representa os atores envolvidos conforme o desenho de estruturação do problema proposto no método.

Figura 4 – Estrutura do problema de decisão da aplicação



Fonte: autor.

No tópico Aplicação e Discussão do Método LIMPARP se detalham as etapas metodológicas do método proposto que foram descritas na Figura 3 demonstrando a sua aplicabilidade.

4.2 APLICAÇÃO E DISCUSSÃO DO MÉTODO LIMPARP

4.2.1 Etapa 1 - Estruturação

Decisor define a organização ou divisão desta a avaliar, elementos contemplados e seu objetivo. Decisor elege Analista ou Grupo de Análise (AGA) - Passo 1.1

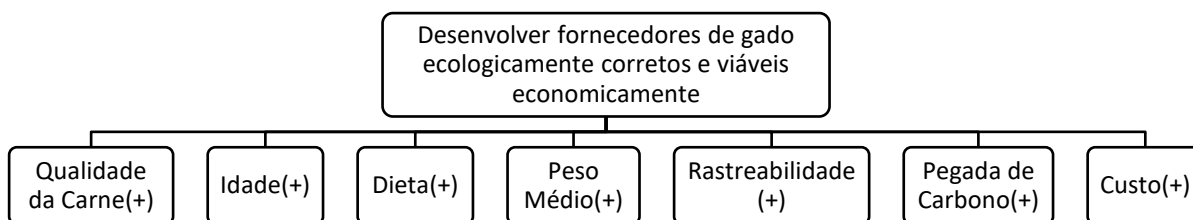
A abordagem proposta foi aplicada para uma organização de abatedouros e processadores de carne bovina. O decisor foi indicado pela organização. Quanto ao objetivo dos estudos originais de Singh *et al.* (2018) e Meksavang *et al.* (2019), que era selecionar o melhor fornecedor de gado para o matadouro, só resolve em parte o problema, pois, analisando estrategicamente, pode ser mais interessante elevar o desempenho de todos os fornecedores da cadeia. Além disso, pensando na raiz filosófica da busca pela redução de pegada de carbono, o fato de comprar do fornecedor que gera menor impacto não impede que os demais continuem a não contribuir para a sustentabilidade do planeta. Então se pergunta: quais os IDs prioritários, com maior impacto potencial, para desenvolver os fornecedores de gado ecologicamente corretos e torná-los aptos ao padrão exigido pelo abatedor com o menor recurso possível?

Observa-se que, de forma fictícia, alterou-se o contexto original, passando do ambiente competitivo para um ambiente colaborativo. Portanto, com essas considerações, atribuiu-se o objetivo de desenvolver fornecedores de gado ecologicamente corretos com viabilidade econômica para a organização estudada. No estudo, foram considerados dez fornecedores (criadores de gado) desta organização, que são denominadas E_i ($i = 1, 2, \dots, 10$). Neste estudo os próprios pesquisadores fizeram o papel de AGA.

AGA seleciona os Indicadores de Desempenho (IDs) - Passo 1.2

Meksavang *et al.* (2019) descreveram o desempenho subjetivo linguístico desses fornecedores que foram avaliados de acordo com sete IDs a seguir descritos: qualidade da carne (ID₁), idade do gado (ID₂), dieta alimentar ao gado (ID₃), peso médio (ID₄), rastreabilidade (ID₅), pegada de carbono (ID₆) e preço (ID₇). A estrutura hierárquica dos IDs do problema estudado pode ser vista na Figura 5.

Figura 5 - Estrutura hierárquica dos IDs



Fonte: autor.

O símbolo (+) indica que estes IDs são de benefício, ou seja, quanto maior for o valor da tradução linguística *2-Tuple* melhor será o desempenho do elemento naquele ID.

AGA desenvolve instrumento de avaliação com escalas linguísticas - Passo 1.3

Os IDs são avaliados conforme seu respectivo desempenho de acordo com os seguintes termos do conjunto linguístico T para avaliação de fornecedores:

$T = \{t_0 = \text{Muito Ruim (VP)}; t_1 = \text{Ruim (P)}; t_2 = \text{Moderadamente Ruim (MP)}; t_3 = \text{Regular (F)}; t_4 = \text{Moderadamente Bom (MG)}; t_5 = \text{Bom (G)}; t_6 = \text{Muito Bom (VG)}\}$.

A elaboração do instrumento de avaliação não foi relatada em detalhes nos trabalhos de Singh *et al.* (2018) e Meksavang *et al.* (2019).

AGA desenvolve instrumentos linguísticos de aferição de importância, definição metas e indicação de especialistas - Passo 1.4

A organização estudada definiu a importância de diferentes IDs, dependendo da demanda do mercado, preferência do consumidor, país de venda etc. Isso foi realizado por meio da construção da matriz de importância relativa em pares. As matrizes de importância relativas deste estudo foram elaboradas com base em um tomador de decisão por meio das variáveis linguísticas S descritas abaixo:

$S = \{s_0 = \text{Muito Baixa (VL)}; s_1 = \text{Baixa(L)}; s_2 = \text{Razoavelmente Baixa (ML)}; s_3 = \text{Razoável (M)}; s_4 = \text{Razoavelmente Alta (MH)}; s_5 = \text{Alta (H)}; s_6 = \text{Muito Alta (VH)}\}$.

Não foi contemplada a definição de metas no estudo original, para superar esta limitação optou-se por atribuir como meta a avaliação ideal positiva em todos os IDs.

AGA desenvolve instrumento de aferição da influência com escalas linguísticas -
Passo 1.5

As matrizes de relação de causa e efeito deste estudo foram elaboradas com base em um especialista por meio dos seguintes termos linguísticos:

$R = \{r_0 = \text{Muito Baixa (VL)}; r_1 = \text{Baixa(L)}; r_2 = \text{Razoavelmente Baixa (ML)}; r_3 = \text{Razoável (M)}; r_4 = \text{Razoavelmente Alta (MH)}; r_5 = \text{Alta (H)}; r_6 = \text{Muito Alta (VH)}\}$.

4.2.2 Etapa 2 - Avaliação

Decisor define metas e indica Especialistas - Passo 2.1

Como as metas (*target*) em relação aos IDs não foram verificadas com o decisor no estudo original, optou-se por atribuir como meta a avaliação ideal positiva em todos os IDs, ou seja, aspira-se obter desempenho “Muito Bom” (VG) em todos os IDs. O Especialista foi indicado pela organização.

Decisor avalia a importância de cada ID em relação aos objetivos da organização -
Passo 2.2

Na Tabela 3 tem-se as avaliações pareadas de cada ID em relação aos demais realizada pelo decisor.

Tabela 3 – Matrizes de avaliação de importância linguística dos IDs.

	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇
ID ₁	-	M	M	MH	M	MH	L
ID ₂	VL	-	L	L	VL	L	VL
ID ₃	L	M	-	M	L	M	VL
ID ₄	VL	M	L	-	L	M	VL
ID ₅	M	M	L	MH	-	M	L
ID ₆	L	M	M	MH	L	-	L
ID ₇	L	MH	M	MH	M	M	-

Fonte: Dados da pesquisa de Singh *et al.* (2018).

Com base nas avaliações de importância linguísticas Singh *et al.* (2018) preferiram utilizar a metodologia *Fuzzy-AHP* (FAHP) de Chan *et al.* (2008) para obter os valores de importância normalizada para cada ID. Não foi possível o cálculo com método LIMPARP, pois o mesmo não permite utilizar comparações pareadas, apenas os níveis de importância individual dos IDs em relação aos demais. Sendo assim demonstram-se na Tabela 4 os valores obtidos por (SINGH *et al.*, 2018) para a importância dos IDs.

Tabela 4 – Matrizes de avaliação de importância linguística dos IDs 2-Tuple.

	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇
<i>Pesos Fuzzy-AHP</i> (w_j)	0,194	0,063	0,106	0,102	0,162	0,158	0,215

Fonte: Dados da pesquisa de Singh *et al.* (2018).

Especialistas avaliam a influência individualmente de cada ID sobre os demais IDs -
Passo 2.3

Com o auxílio de especialistas se perguntou como cada um dos IDs influencia os demais. Sempre seguindo no sentido da linha para a coluna. Conforme destacado na Tabela 5, por exemplo: Quanto a Qualidade da Carne (ID₁) influencia em Idade (ID₂)? Muito Baixa influência (VL). As informações de influência captadas com especialistas são ordenadas na forma da matriz inicial de influência direta Z_k apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Matriz inicial de influência direta Z_k .

	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇
ID ₁	-	VL	VL	VL	VH	H	VH
ID ₂	H	-	L	VH	VL	VH	MH
ID ₃	VH	VL	-	VH	VL	H	MH
ID ₄	L	MH	L	-	VL	M	L
ID ₅	VH	VL	VL	VL	-	MH	VH
ID ₆	VH	MH	MH	VH	L	-	L
ID ₇	VH	MH	MH	L	VH	L	-

Fonte: Dados da pesquisa de Singh *et al.* (2018).

Para, concluir-se a Etapa 1 do método DEMATEL *2-Tuple* com a matriz inicial de influência direta $Z_k = [Z_{ij}^k]_{7 \times 7}$ fornecida pelo especialista pronta, as avaliações de influência linguísticas são convertidas para sua respectiva representação *2-Tuple* conforme equação (3). O julgamento sobre a existência de inter-relação entre os IDs *2-Tuple* é representado na Tabela 6.

Tabela 6 – Matrizes de influência direta *2-Tuple* dos fornecedores.

	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇
ID ₁	-	(r ₀ , 0)	(r ₀ , 0)	(r ₀ , 0)	(r ₆ , 0)	(r ₅ , 0)	(r ₆ , 0)
ID ₂	(r ₅ , 0)	-	(r ₁ , 0)	(r ₆ , 0)	(r ₀ , 0)	(r ₆ , 0)	(r ₄ , 0)
ID ₃	(r ₆ , 0)	(r ₀ , 0)	-	(r ₆ , 0)	(r ₀ , 0)	(r ₅ , 0)	(r ₄ , 0)
ID ₄	(r ₁ , 0)	(r ₄ , 0)	(r ₁ , 0)	-	(r ₀ , 0)	(r ₃ , 0)	(r ₁ , 0)
ID ₅	(r ₆ , 0)	(r ₀ , 0)	(r ₀ , 0)	(r ₀ , 0)	-	(r ₄ , 0)	(r ₆ , 0)
ID ₆	(r ₆ , 0)	(r ₄ , 0)	(r ₄ , 0)	(r ₆ , 0)	(r ₁ , 0)	-	(r ₁ , 0)
ID ₇	(r ₆ , 0)	(r ₄ , 0)	(r ₄ , 0)	(r ₁ , 0)	(r ₆ , 0)	(r ₁ , 0)	-

Fonte: Resultados dos cálculos do LIMPARP.

Na Etapa 2 do método DEMATEL *2-Tuple* realiza-se o cálculo da matriz de influência direta normalizada $X = [x_{ij}]_{7 \times 7}$ que é obtida com base nos dados da matriz de influência direta Z_k e calculada por meio das equações (9) e (10) apresentando os resultados na Tabela 7:

Tabela 7 – Matriz de influência direta normalizada X.

	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇
ID ₁	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	0,167	0,200
ID ₂	0,167	0,000	0,033	0,200	0,000	0,200	0,133
ID ₃	0,200	0,000	0,000	0,200	0,000	0,167	0,133
ID ₄	0,033	0,133	0,033	0,000	0,000	0,100	0,033
ID ₅	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,133	0,200
ID ₆	0,200	0,133	0,133	0,200	0,033	0,000	0,033
ID ₇	0,200	0,133	0,133	0,033	0,200	0,033	0,000

Fonte: Resultados dos cálculos do LIMPARP.

Na Etapa 3 do método DEMATEL *2-Tuple* deriva-se a matriz de influência total $T = [t_{ij}]_{7 \times 7}$ com base na matriz de relação direta normalizada X , usando a equação (11), apresentando-se os resultados na Tabela 8.

Tabela 8 – Matriz de influência total T.

	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇
ID ₁	0,239	0,103	0,096	0,113	0,329	0,310	0,354
ID ₂	0,397	0,136	0,140	0,342	0,153	0,381	0,303
ID ₃	0,410	0,128	0,100	0,323	0,153	0,340	0,298
ID ₄	0,164	0,190	0,086	0,100	0,065	0,202	0,125
ID ₅	0,394	0,097	0,089	0,104	0,157	0,276	0,348
ID ₆	0,416	0,237	0,211	0,341	0,169	0,216	0,228
ID ₇	0,453	0,222	0,212	0,180	0,346	0,260	0,232

Fonte: Resultados dos cálculos do LIMPARP.

Na Etapa 4 do método DEMATEL *2-Tuple* obtém-se o mapa de relações de influência (IRM), ou seja, o quanto os IDs influenciam e são influenciados pelos demais. Neste passo, a soma das linhas e a soma das colunas dentro da matriz de influência total T são expressas respectivamente como os vetores r e c usando as equações (12) e (13), com os resultados expressos na Tabela 9.

Tabela 9 – Etapas do cálculo da influência líquida normalizada $F\tilde{w}_j$.

Equações	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇	Soma
r Equação (12)	1,544	1,852	1,752	0,932	1,465	1,818	1,905	
c Equação (13)	2,473	1,113	0,934	1,503	1,372	1,985	1,888	
$NF_j = (r_j - c_j)$ Eq. (18)	-0,929	0,739	0,818	-0,571	0,093	-0,167	0,017	
$NF_j > 0$ Eq. (18)		0,739	0,818		0,093		0,017	1,667
Influência Normalizada $F\tilde{w}_j$ (Eq. 19)	0,000	0,443	0,491	0,000	0,056	0,000	0,010	1,000

Fonte: Resultados dos cálculos do LIMPARP.

Na Etapa 5 do método DEMATEL *2-Tuple*, onde ocorreu a principal alteração, determina-se os IDs influentes e sua respectiva força normalizada. Os IDs do grupo causa, ou seja, somente IDs com valores de influência líquida maior que zero influenciarão os demais gerando impacto no sistema, assim, para obtê-los se utiliza a equação (18) e apresentam-se os resultados na Tabela 9.

Com os dados da equação (18) aplica-se a Equação (19) para encontrar a influência líquida normalizada $F\tilde{w}_j$ de cada ID, tendo seus resultados apresentados

na Tabela 9. A $F\tilde{w}_j$ representa a influência líquida normalizada dos IDs e será utilizada posteriormente no cálculo do impacto I_j .

AGA coleta avaliação dos IDs para cada elemento da organização e os agrega -
Passo 2.4

O resultado da avaliação de desempenho dos três avaliadores para os dez fornecedores está listado na Tabela 10. Meksavang *et al.* (2019) afirmam que um grupo de avaliadores composto por três avaliadores (D_1 , D_2 e D_3) foi estabelecido para conduzir a classificação de desempenho de cada fornecedor. Foram atribuídos pesos aos avaliadores, sendo $\lambda_1 = 0,3$, $\lambda_2 = 0,4$ e $\lambda_3 = 0,3$, pois possuíam diferentes níveis de conhecimento e experiência técnica.

Tabela 10 – Matriz de avaliação de desempenho linguística dos fornecedores.

IDs	Avaliadores	ID ₁			ID ₂			ID ₃			ID ₄			ID ₅			ID ₆			ID ₇		
		D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃
Fornecedores	E ₁	VG	VG	VG	MP	MP	MP	VG	VG	VG	G	G	G	G	VG	VG	MP	F	MG	F	F	F
	E ₂	F	MG	F	G	G	G	F	F	F	MG	G	VG	VG	VG	VG	G	MG	F	F	F	MP
	E ₃	P	MG	G	P	MP	F	MG	G	VG	MG	MG	MG	G	MG	F	MG	MG	MG	P	MP	F
	E ₄	MG	MG	MG	F	F	F	VG	G	MG	P	P	P	VG	G	VG	VG	G	VG	MP	F	MP
	E ₅	F	MG	VG	VG	VG	VG	VG	G	G	P	P	MP	VP	P	MP	G	G	G	F	F	P
	E ₆	G	G	G	F	MP	P	G	G	G	G	G	G	VG	VG	VG	F	MG	G	F	MP	F
	E ₇	MP	F	G	MP	MP	MP	MP	F	MG	P	MP	F	P	P	MP	MP	F	MG	F	MP	F
	E ₈	P	VG	VG	G	MG	F	F	MG	G	P	MP	F	P	P	P	VG	G	MG	F	MP	F
	E ₉	P	MG	F	F	MP	P	MP	F	MG	MG	G	VG	MG	MG	MG	F	F	F	F	F	F
	E ₁₀	MG	MG	G	MP	F	MG	MG	MG	MG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	P	F

Fonte: Dados da pesquisa de Meksavang *et al.* (2019).

As avaliações linguísticas são convertidas para sua respectiva representação *2-Tuple* conforme equação (3) e apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Matriz de avaliação de desempenho linguística dos fornecedores convertida em representação *2-Tuple*.

	ID ₁			ID ₂			ID ₃			ID ₄			ID ₅			ID ₆			ID ₇		
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃
E ₁	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{2,0})	(t _{2,0})	(t _{2,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})	(t _{4,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})
E ₂	(t _{3,0})	(t _{4,0})	(t _{3,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{4,0})	(t _{5,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{5,0})	(t _{4,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{2,0})
E ₃	(t _{1,0})	(t _{4,0})	(t _{5,0})	(t _{1,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})	(t _{4,0})	(t _{5,0})	(t _{6,0})	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{5,0})	(t _{4,0})	(t _{3,0})	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{1,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})
E ₄	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{6,0})	(t _{5,0})	(t _{4,0})	(t _{1,0})	(t _{1,0})	(t _{1,0})	(t _{6,0})	(t _{5,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{5,0})	(t _{6,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})	(t _{2,0})
E ₅	(t _{3,0})	(t _{4,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{1,0})	(t _{1,0})	(t _{2,0})	(t _{0,0})	(t _{1,0})	(t _{2,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{1,0})
E ₆	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{3,0})	(t _{2,0})	(t _{1,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{5,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{3,0})	(t _{4,0})	(t _{5,0})	(t _{3,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})
E ₇	(t _{2,0})	(t _{3,0})	(t _{5,0})	(t _{2,0})	(t _{2,0})	(t _{2,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})	(t _{4,0})	(t _{1,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})	(t _{1,0})	(t _{1,0})	(t _{2,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})	(t _{4,0})	(t _{3,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})
E ₈	(t _{1,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{5,0})	(t _{4,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{4,0})	(t _{5,0})	(t _{1,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})	(t _{1,0})	(t _{1,0})	(t _{1,0})	(t _{6,0})	(t _{5,0})	(t _{4,0})	(t _{3,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})
E ₉	(t _{1,0})	(t _{4,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{2,0})	(t _{1,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{5,0})	(t _{6,0})	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})
E ₁₀	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{5,0})	(t _{2,0})	(t _{3,0})	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{4,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{6,0})	(t _{1,0})	(t _{3,0})	(t _{3,0})

Fonte: Resultados dos cálculos do LIMPARP.

Conforme descrito anteriormente foram atribuídos pesos aos avaliadores, sendo $\lambda_1 = 0,3$, $\lambda_2 = 0,4$ e $\lambda_3 = 0,3$, pois possuíam diferentes níveis de conhecimento e experiência técnica, devido a isso foi realizada a agregação desses valores levando em consideração os pesos indicados. Com os dados devidamente ponderados com seus respectivos pesos dos avaliadores aplica-se a equação (16) para realizar a agregação da avaliação $\bar{E}(s_{ij}, \alpha_{ij})$ de todos os fornecedores, visto que se busca a avaliação do conjunto. Estes valores são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Matriz de avaliação de desempenho linguística dos fornecedores 2-Tuple.

Elementos	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇
E ₁	(t ₆ , 0,0)	(t ₂ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₅ , 0,0)	(t ₆ , -0,3)	(t ₃ , 0,0)	(t ₃ , 0,0)
E ₂	(t ₃ , 0,4)	(t ₅ , 0,0)	(t ₃ , 0,0)	(t ₅ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₄ , 0,0)	(t ₃ , -0,3)
E ₃	(t ₃ , 0,4)	(t ₂ , 0,0)	(t ₅ , 0,0)	(t ₄ , 0,0)	(t ₄ , 0,0)	(t ₄ , 0,0)	(t ₂ , 0,0)
E ₄	(t ₄ , 0,0)	(t ₃ , 0,0)	(t ₅ , 0,0)	(t ₁ , 0,0)	(t ₆ , -0,4)	(t ₆ , -0,4)	(t ₂ , 0,4)
E ₅	(t ₄ , 0,3)	(t ₆ , 0,0)	(t ₅ , 0,3)	(t ₁ , 0,3)	(t ₁ , 0,0)	(t ₅ , 0,0)	(t ₂ , 0,4)
E ₆	(t ₅ , 0,0)	(t ₂ , 0,0)	(t ₅ , 0,0)	(t ₅ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₄ , 0,0)	(t ₃ , -0,4)
E ₇	(t ₃ , 0,3)	(t ₂ , 0,0)	(t ₃ , 0,0)	(t ₂ , 0,0)	(t ₁ , 0,3)	(t ₃ , 0,0)	(t ₃ , -0,4)
E ₈	(t ₅ , -0,5)	(t ₄ , 0,0)	(t ₄ , 0,0)	(t ₂ , 0,0)	(t ₁ , 0,0)	(t ₅ , 0,0)	(t ₃ , -0,4)
E ₉	(t ₃ , -0,2)	(t ₂ , 0,0)	(t ₃ , 0,0)	(t ₅ , 0,0)	(t ₄ , 0,0)	(t ₃ , 0,0)	(t ₃ , 0,0)
E ₁₀	(t ₄ , 0,3)	(t ₃ , 0,0)	(t ₄ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₂ , 0,4)
$\bar{E}(s_{ij}, \alpha_{ij})$ (Equação 16)	(t₄, 0,1)	(t₃, 0,1)	(t₄, 0,33)	(t₄, -0,37)	(t₄, 0,06)	(t₄, 0,26)	(t₃, 0,43)

Fonte: Resultados dos cálculos do LIMPARP proposto.

4.2.3 Etapa 3 - Processamento

AGA unifica a importância e a influência gerando o potencial Impacto do ID na organização - Passo 3.1

Para obter-se o impacto I_j , devidamente normalizado, formado pela importância somado a influência que o mesmo exerce sobre o sistema utiliza-se a equação (20). O resultado deste cálculo é apresentado na Tabela 13. A junção de importância e influência gerando o indicador de impacto é uma das maiores contribuições do LIMPARP, pois define um indicador gerencial pertinente a diversos contextos e uma forma sistematizada de obtê-lo.

Tabela 13 – Etapas do cálculo do impacto (I_j).

Etapas do Cálculo	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇
Importância (w_j)	0,194	0,063	0,106	0,102	0,162	0,158	0,215
Influência ($F\tilde{w}_j$)	0,000	0,443	0,491	0,000	0,056	0,000	0,010
Impacto (I_j) Equação (20)	0,097	0,253	0,299	0,051	0,109	0,079	0,113

Fonte: Resultados dos cálculos do LIMPARP.

AGA calcula o intervalo (*gap*) entre a meta e a avaliação agregada da organização - Passo 3.2

Visto que todos os IDs são de benefício, com base na equação (21) obtém-se o coeficiente de distância Gap_j entre o valor agregado do ID $\bar{E}(s_{ij}, \alpha_{ij})$ observado na avaliação e a meta (*target*) estabelecida pelo decisor. Os valores obtidos são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Etapas do cálculo do intervalo (Gap_j) entre a meta e a avaliação agregada.

Etapas do Cálculo	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇
$\bar{E}(s_{ij}, \alpha_{ij})$	(t ₄ , 0,1)	(t ₃ , 0,1)	(t ₄ , 0,33)	(t ₄ , -0,37)	(t ₄ , 0,06)	(t ₄ , 0,26)	(t ₃ , 0,43)
$(r_j^{target}, \alpha_j^{target})$	(t ₆ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)
Gap_j Equação (21)	1,900	2,900	1,670	2,370	1,940	1,740	3,430

Fonte: Resultados dos cálculos do LIMPARP.

4.2.4 Etapa 4 - Resultado

AGA atribui o impacto sobre os intervalos (*gaps*) evidenciados na avaliação - Passo 4.1

Nesta etapa os gaps identificados Gap_j recebem o impacto I_j para obter-se o coeficiente θ_{ij} correspondente ao intervalo da avaliação $\bar{E}(s_{ij}, \alpha_{ij})$ em relação a meta potencializado pelo impacto I_j dos IDs por meio da Equação (23). Os valores deste são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Etapas do cálculo do coeficiente (θ_{ij}) e da priorização linguística.

Etapas do Cálculo	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇
Coeficiente θ_{ij} Equação (23)	0,184	0,734	0,498	0,121	0,211	0,137	0,386
φ Equação (24)	0,41	4,00	2,46	0,00	0,59	0,11	1,73
$\varphi (v_j, \alpha_j)$ (2-Tuple)	(v ₀ , 0,41)	(v ₄ , 0,00)	(v ₂ , 0,46)	(v ₀ , 0,00)	(v ₁ , -0,41)	(v ₀ , 0,11)	(v ₂ , -0,27)
$\varphi \Delta^{-1} (v_j, \alpha_j)$ (Tradução Linguística)	MBP	MAP	MP	MBP	BP	MBP	MP

Fonte: Resultados dos cálculos do LIMPARP.

AGA ordena, traduz e apresenta ao decisor o resultado linguístico da avaliação dos IDs que potencialmente irão gerar mais resultado para o coletivo com a alocação de recursos - Passo 4.2

O coeficiente de intervalo da avaliação em relação a meta potencializado pelo impacto dos IDs θ_{ij} é convertido para o Indicador *2-Tuple* linguístico de impacto do ID na organização $\varphi (V_j, \alpha_j)$ por meio da equação (24). Nesta operação os coeficientes de cada ID são ajustados a base zero e comparados com a variação máxima observada entre os IDs, sendo este produto aplicado a granularidade do conjunto de variáveis linguísticas *2-Tuple* utilizado (4 para o conjunto proposto). Os resultados do cálculo de $\varphi (v_j, \alpha_j)$ são apresentados na Tabela 15.

Com os dados de $\varphi (V_j, \alpha_j)$ definidos, com base na equação (3) realiza-se a tradução linguística $\varphi \Delta^{-1} (v_j, \alpha_j)$ destes e se determina os IDs avaliados de forma linguística com relação a seu impacto conforme escala utilizada. Organiza-se em ordem decrescente o indicador de prioridade linguísticos de cada ID $\varphi \Delta^{-1} (v_j, \alpha_j)$ no grupo conforme demonstrado na Tabela 16. Este resultado linguístico, com a ordem dos IDs, deve ser relatado ao decisor como orientação para alocação de recursos que possibilitarão alcançar os objetivos desejados.

Tabela 16 – Ordem decrescente linguística de prioridade – resultado do LIMPARP.

	Descrição	φ	$\varphi (v_j, \alpha_j)$	$\varphi \Delta^{-1} (v_j, \alpha_j)$
ID ₂	Idade	4,00	(v ₄ , 0,00)	Muito Alta Prioridade
ID ₃	Dieta	2,46	(v ₂ , 0,46)	Média Prioridade
ID ₇	Custo	1,73	(v ₂ , -0,27)	Média Prioridade
ID ₅	Rastreabilidade	0,59	(v ₁ , -0,41)	Baixa Prioridade
ID ₁	Qualidade da Carne	0,41	(v ₀ , 0,41)	Muito Baixa Prioridade
ID ₆	Pegada de Carbono	0,11	(v ₀ , 0,11)	Muito Baixa Prioridade
ID ₄	Peso Médio	0,00	(v ₀ , 0,00)	Muito Baixa Prioridade

Fonte: Resultados dos cálculos do LIMPARP.

A clareza dos resultados quanto a priorização de recursos pode ser destacada como um dos principais benefícios do LIMPARP, em função da apresentação linguística dos resultados. De forma concomitante conseguiu-se captar a importância, influência e distância em relação ao resultado almejado. Tendo assim os resultados expostos na forma linguística permitiram a facilidade de entendimento pelo decisor quanto a alocação de recursos que podem contribuir significativamente para o alcance dos objetivos organizacionais.

4.2.5 Etapa 5 - Reavaliação

Reavaliar desempenho após ações realizadas, período de tempo ou modificação do contexto - Passo 5.1

Não foi possível realizar esta etapa na aplicação escolhida, pois necessitaria que ações fossem executadas, passasse um determinado período, ou houvesse modificação do contexto para reavaliação do problema com a reaplicação do LIMPARP de forma cíclica. Esta última etapa tem por finalidade tornar o LIMPARP uma ferramenta de gestão, sendo aliado do decisor na priorização de recursos em seu cotidiano.

4.3 CONSIDERAÇÕES

Além dos aspectos relatados anteriormente, com base nos resultados obtidos, pode-se inferir que na aplicação do LIMPARP as abordagens escolhidas para

compor o método permitiram a captação das interações do problema de decisão e o devido tratamento das mesmas no contexto da computação com palavras.

Ao observar os resultados apresentados, é questionável analisar que o ID₆ - Pegada de Carbono aparece com sendo de “Muito Baixa Prioridade”, indo em desacordo ao que preza o objetivo de ser ecologicamente correto. Porém, observando as avaliações feitas pelos especialistas, pode-se entender que a Pegada de carbono é um ID que, devido a interdependência, é influenciado pelos demais, ou seja, segundo o que foi captado pelo LIMPARP dos especialistas, ao se alocar recursos na busca de abater o gado na Idade adequada, e concentrar-se na Dieta ideal do gado, além de atentar-se ao Custo, indiretamente se impactará na Pegada de Carbono. Por isso, vale ressaltar que o método não menospreza IDs, apenas busca gerar mais resultado com o menor volume de recursos.

Na Tabela 17, apresenta-se uma análise comparativa entre os trabalhos de Singh *et al.* (2018) e Meksavang *et al.* (2019) que utilizaram os mesmos dados, mas possuíam metodologias diferentes, pode-se observar que o fornecedor E₁₀ foi classificado em primeiro lugar entre os quatro métodos apresentados.

Tabela 17 – Classificação dos fornecedores comparando os métodos MCDM.

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀
Final Ranking	7	7	4	6	5	1	9	3	10	1
Fuzzy TOPSIS	7	8	5	3	6	2	9	4	10	1
IF-VIKOR	8	6	4	3	7	2	8	5	10	1
IF-GRA	2	5	7	4	6	3	10	8	9	1

Fonte: Meksavang *et al.* (2019).

Comparando-se os dados da Tabela 18 com os resultados definidos pelo LIMPARP (Tabela 16) como prioritários: Idade (t₃, 0,0), Dieta (t₄, 0,33) e o Custo (t₃, 0,43) demonstrados na Tabela 19, se verifica que o fornecedor E₁₀ apresentou um desempenho próximo a média de desempenho dos fornecedores nos IDs Idade e Dieta e um pouco abaixo da média para o Custo. Porém, nos demais IDs ele estava acima da média justificando, deste modo, sua escolha como melhor opção conforme apresentado na Tabela 16.

Tabela 18 – Desempenho linguístico 2-Tuple dos fornecedores E₉ e E₁₀.

Elementos	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇
E ₉	(t ₃ , -0,2)	(t ₂ , 0,0)	(t ₃ , 0,0)	(t ₅ , 0,0)	(t ₄ , 0,0)	(t ₃ , 0,0)	(t ₃ , 0,0)
E ₁₀	(t ₄ , 0,3)	(t ₃ , 0,0)	(t ₄ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₆ , 0,0)	(t ₂ , 0,4)

Fonte: Resultados dos cálculos do LIMPARP.

Tabela 19 – Média do desempenho linguístico 2-Tuple dos fornecedores obtida com o LIMPARP.

Elementos	ID ₁	ID ₂	ID ₃	ID ₄	ID ₅	ID ₆	ID ₇
$\bar{E}(s_{ij}, \alpha_{ij})$ (Equação 16)	(t ₄ , 0,1)	(t ₃ , 0,1)	(t ₄ , 0,33)	(t ₄ , -0,37)	(t ₄ , 0,06)	(t ₄ , 0,26)	(t ₃ , 0,43)

Fonte: Resultados dos cálculos do LIMPARP.

Quanto ao fornecedor E₉, que obteve o pior desempenho em quase todas as avaliações anteriores, se pode observar que sua avaliação é a que está mais distante dos IDs definidos pelo LIMPARP como prioritários: Idade (t₃, 0,0), Dieta (t₄, 0,33) e Custo (t₃, 0,43). Tendo obtido o pior desempenho em relação aos demais nos IDs: Qualidade da Carne (t₄, 0,1) e Pegada de Carbono (t₄, 0,26), que justifica sua posição na classificação como alternativa de pior desempenho.

O método LIMPARP foi aplicado e verificado com as informações provenientes dos trabalhos de Singh *et al.* (2018) e Meksavang *et al.* (2019) com a demonstração de sua funcionalidade. O contexto escolhido para aplicação gerou questionamentos interessantes, pois nos trabalhos originais, selecionando apenas um fornecedor, buscava-se diminuir a pegada de carbono e o LIMPARP conseguiu contribuir para a análise do problema sob a ótica do pensamento colaborativo com recursos restritos. Pois, no caso em questão, a escolha do mais próximo do ideal não impedirá os demais elementos (fornecedores) avaliados de continuarem no rumo. Afinal a pegada de carbono é um problema global, em que as organizações são indissociavelmente convocadas a colaborar.

Pode-se determinar que, consideradas as limitações comparativas, as sugestões de priorização captadas pelo LIMPARP estão alinhadas com as sugestões de seleção dos métodos elaborados por Singh *et al.* (2018) e Meksavang *et al.* (2019) verificando o adequado sequenciamento, execução e funcionalidade do LIMPARP.

Ressalta-se também que diferentemente dos trabalhos de Zhou, Huang e Zhang (2011), Fu *et al.* (2015), Nagpal, Kumar, Khatri (2017) e Roy *et al.* (2018) que se preocuparam em priorizar FCS, o LIMPARP contemplou a avaliação e o acompanhamento como parte do processo, tornando-o cíclico e incentivando sua reaplicação para monitoramento e realocação dos recursos conforme o contexto organizacional se altera.

5 CONCLUSÃO

Com o objetivo de desenvolver um método multicritério linguístico para ambientes colaborativos com avaliação de desempenho a partir de informações subjetivas visando priorizar alocação de recursos para gerar maior impacto na organização destacam-se as conclusões apresentadas a seguir.

O método proposto nesta dissertação foi desenvolvido com base em uma revisão sistemática de literatura e na adaptação de metodologias existentes. Consiste na avaliação de desempenho linguística, na determinação da importância com base na determinação da importância com o Peso Linguístico *2-Tuple* e na captação da influência por meio do método DEMATEL *2-Tuple*, sendo todos operacionalizados em um ambiente computacional *2-Tuple*. O método proposto introduz o conceito de Impacto que combina a importância (utilidade percebida) e influência (causalidade) como grandezas diferentes atuantes em um mesmo sistema. As principais etapas do método são: Estruturação, Avaliação, Processamento, Resultado e Reavaliação.

Por considerar a interdependência na estruturação do problema de decisão incorporou-se um cenário mais próximo do mundo real e estruturou-se uma alternativa para uma limitação das metodologias tradicionais da MCDM. O fato de analisar um ambiente colaborativo concede ao método proposto uma característica que é pouco explorada na literatura MCDM, visto que a presunção de competição entre os elementos (alternativas) é quase unânime neste meio. Sendo assim, permite uma visão frequente em diversos contextos, em que os elementos avaliados buscam um crescimento conjunto rumo a um objetivo comum.

Ao final da aplicação do método proposto no contexto de ambientes colaborativos com IDs subjetivos e linguísticos com a organização avaliando melhorar rumo ao objetivo de desenvolver fornecedores ecologicamente corretos e economicamente viáveis, estabeleceram-se os seguintes resultados para priorização de recursos: (ID₂) Idade - (v_4 , 0,00) - muito alta prioridade; (ID₃) Dieta - (v_2 , 0,46) - média prioridade; (ID₇) Custo - (v_2 , -0,27) - média prioridade; (ID₅) Rastreabilidade - (v_1 , -0,41) - baixa prioridade; (ID₁) Qualidade da carne - (v_0 , 0,41) - muito baixa prioridade; (ID₆) Pegada de carbono - (v_0 , 0,11) - muito baixa prioridade e (ID₄) Peso médio - (v_0 , 0,00) - muito baixa prioridade.

Consideradas as limitações comparativas, observou-se que as sugestões de priorização captadas pelo método proposto estão alinhadas com as sugestões de seleção dos métodos elaborados por Singh *et al.* (2018) e Meksavang *et al.* (2019) verificando que os passos desenvolvidos pelo método proposto são adequadamente estruturados e exequíveis.

Em pesquisas futuras, sugere-se estender a abordagem proposta, incorporando a transformação e/ou utilização de dados numéricos, exatos ou intervalares. Observa-se também que o uso de MCDM em ambientes colaborativos ainda foi pouco explorado, portanto sugere-se a aplicação de outras metodologias com o intuito de contribuir neste contexto. Explorar novas aplicações permitiria observar novas limitações do método, bem como estes novos estudos permitiriam a validação do método proposto. Ainda, podem-se explorar variações das formas de agregação e unificação das opiniões linguísticas e/ou aplicações de outras metodologias para a captação da importância e influência. Desta forma, estes seriam alguns dos caminhos possíveis para o desenvolvimento do método proposto.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, L.; ZULKIFLI, N. Integration of fuzzy AHP and interval type-2 fuzzy DEMATEL: An application to human resource management. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 9, p. 4397–4409, 2015.
- ACUÑA-CARVAJAL, F. *et al.* An integrated method to plan, structure and validate a business strategy using fuzzy DEMATEL and the balanced scorecard. **Expert Systems with Applications**, v. 122, p. 351–368, 2019.
- ALWAER, H.; CLEMENTS-CROOME, D. J. Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings. **Building and Environment**, v. 45, n. 4, p. 799–807, 2010.
- ANTHONY, R. N. (ROBERT N.; VANCIL, R. F.; DEARDEN, J. **Management control systems : text, cases and readings**. Rev. ed ed. [s.l.] Homewood, Ill. : R.D. Irwin, 1972.
- BARFOD, M. B. An MCDA approach for the selection of bike projects based on structuring and appraising activities. **European Journal of Operational Research**, v. 218, n. 3, p. 810–818, 2012.
- BAYKASOĞLU, A. *et al.* Integrating fuzzy DEMATEL and fuzzy hierarchical TOPSIS methods for truck selection. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 3, p. 899–907, 2013.
- BAYKASOĞLU, A.; GÖLCÜK, İ. Development of an interval type-2 fuzzy sets based hierarchical MADM model by combining DEMATEL and TOPSIS. **Expert Systems with Applications**, v. 70, p. 37–51, 2017.
- BAYKASOĞLU, A.; GÖLCÜK, İ. Development of a novel multiple-attribute decision making model via fuzzy cognitive maps and hierarchical fuzzy TOPSIS. **Information Sciences**, v. 301, p. 75–98, 2015.
- BECKER, J. Making sustainable development evaluations work. **Sustainable Development**, v. 12, n. 4, p. 200–211, 2004.
- BELLMAN, R. E.; ZADEH, L. A. Decision-Making in a Fuzzy Environment. **Management Science**, v. 17, n. 4, p. B-141-B-164, dez. 1970.
- BELTON, V.; STEWART, T. J. **Multiple Criteria Decision Analysis**. Boston, MA: Springer US, 2002.
- BHATTACHARYA, A. *et al.* Green supply chain performance measurement using fuzzy ANP-based balanced scorecard: A collaborative decision-making approach. **Production Planning and Control**, v. 25, n. 8, p. 698–714, 2014.
- BONISSONE, P. P.; DECKER, K. S. Selecting Uncertainty Calculi and Granularity: An Experiment in Trading-Off Precision and Complexity**This work was partially supported by the Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) contract F30602-85-C0033. Views and conclusions contained in t. In: KANAL, L. N.; LEMMER, J. F. B. T.-M. I. AND P. R. (Eds.). . **Uncertainty in Artificial Intelligence**.

[s.l.] North-Holland, 1986. v. 4p. 217–247.

CHAN, F. T. S. *et al.* Global supplier selection: a fuzzy-AHP approach. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 14, p. 3825–3857, 15 jul. 2008.

CHATTERJEE, K.; PAMUCAR, D.; ZAVADSKAS, E. K. Evaluating the performance of suppliers based on using the R'AMATEL-MAIRCA method for green supply chain implementation in electronics industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 184, n. 1, p. 101–129, 2018.

CHEN, C.-T.; TAI, W.-S. **Measuring the Intellectual Capital Performance Based on 2-tuple Fuzzy Linguistic Information**. The 10th Annual Meeting of APDSI, Asia Pacific Region of Decision Sciences Institute, 2005

CHEN, F.-H.; HSU, T.-S.; TZENG, G.-H. A balanced scorecard approach to establish a performance evaluation and relationship model for hot spring hotels based on a hybrid MCDM model combining DEMATEL and ANP. **International Journal of Hospitality Management**, v. 30, n. 4, p. 908–932, dez. 2011.

CHEN, Y.; KILGOUR, D. M.; HIPEL, K. W. Screening in multiple criteria decision analysis. **Decision Support Systems**, v. 45, n. 2, p. 278–290, 2008.

CHRISTER CARLSSON, AND R. F. Multiple criteria decision making: The case for interdependence. **Computers & Operations Research**, v. 22, n. 3, p. 251–260, 2000.

CHURCHMAN, C. W.; ACKOFF, R. L.; ARNOFF, E. L. **Introduction to operations research**. New York: Wiley, 1957.

DALALAH, D.; HAYAJNEH, M.; BATIEHA, F. A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 7, p. 8384–8391, 2011.

DANIEL, D. R. Management information crisis. **Harvard business review: HBR**, Harvard business review: HBR. - Boston, Mass.: Harvard Business School Publ. Corp., ISSN 0017-8012, ZDB-ID 2382-6. - Vol. 39.1961, 5, p. 111-121. v. 39, n. 5, p. 111–121, 1961.

DE ALMEIDA, A. T. *et al.* Multicriteria and multiobjective models for risk, reliability and maintenance decision analysis. **International Series in Operations Research & Management Science**, v. 231, 2015.

DE ALMEIDA, A. T. *et al.* A systematic literature review of multicriteria and multi-objective models applied in risk management. **IMA Journal of Management Mathematics**, v. 28, n. 2, p. 153–184, 2017.

DERFUS, P. J. *et al.* The red Queen effect: Competitive Actions and Firm Performance quest Evolutionary. **Academy of Management Journal**, v. 51, n. 1, p. 61–80, 2014.

DESANCTIS, G.; GALLUPE, R. B. A Foundation for the Study of Group Decision Support Systems. **Management Science**, v. 33, n. 5, p. 589–609, maio 1987.

DOUMPOS, M.; ZOPOUNIDIS, C. **Multicriteria decision aid classification methods**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. v. 73

ESTRELLA, F. J. *et al.* FLINTSTONES: A fuzzy linguistic decision tools enhancement suite based on the 2-tuple linguistic model and extensions. **Information Sciences**, v. 280, p. 152–170, out. 2014.

FENG, J.; LI, M.; LI, Y. Study of Decision Framework of Shopping Mall Photovoltaic Plan Selection Based on DEMATEL and ELECTRE III with Symmetry under Neutrosophic Set Environment. **Symmetry**, v. 10, n. 5, p. 150, 9 maio 2018.

FITZ-GIBBON, C. T. Performance indicators. **Performance Indicators**, 1990.

FONTELA, E.; GABUS, A. The DEMATEL observer, DEMATEL 1976 report. **The DEMATEL Observer, DEMATEL 1976 Report**, 1976.

FOULADGAR, M. M. *et al.* A new hybrid model for evaluating the working strategies: Case study of construction company. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 18, n. 1, p. 164–188, 2012.

FOULADGAR, M. M.; YAZDANI-CHAMZINI, A.; ZAVADSKAS, E. K. An integrated model for prioritizing strategies of the Iranian mining sector. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 17, n. 3, p. 459–483, 4 out. 2011.

FU, H. P. *et al.* Combining Multicriteria Decision-Making Tools to Identify Critical Success Factors that Affect the Performance of Training Course Projects. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 32, n. 3, p. 388–401, 2015.

GANJI, S. R. S.; RASSAFI, A. A.; KORDANI, A. A. Vehicle Safety Analysis based on a Hybrid Approach Integrating DEMATEL, ANP and ER. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 22, n. 11, p. 4580–4592, 2018.

GENG, X.; QIU, H.; GONG, X. An extended 2-tuple linguistic DEA for solving MAGDM problems considering the influence relationships among attributes. **Computers and Industrial Engineering**, v. 112, n. 2, p. 135–146, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. ed. São Paulo-SP: EDITORA ATLAS S.A., 2002.

GOHR, C. F. *et al.* **Um método para a revisão sistemática da literatura em pesquisas de Engenharia de Produção**. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Salvador, Ba - Brazil: 2013

GÖLCÜK, I.; BAYKASOĞLU, A. An analysis of DEMATEL approaches for criteria interaction handling within ANP. **Expert Systems with Applications**, v. 46, p. 346–366, 2016.

GRAY, B. **Collaborating: Finding common ground for multiparty problems**. San Francisco, CA, USA: Jossey-Bass, 1989.

HAMDANI, H.; WARDOYO, R.; MUSTOFA, K. Weighting model for group decision support system: A review. **Indonesian Journal of Electrical Engineering and**

Computer Science, v. 11, n. 3, p. 962–974, 2018.

HERRERA, F.; HERRERA-VIDEAMA, E. Linguistic decision analysis: Steps for solving decision problems under linguistic information. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 115, n. 1, p. 67–82, 2000.

HERRERA, F.; HERRERA-VIDEAMA, E.; MARTINEZ, L. A Fuzzy Linguistic Methodology to Deal With Unbalanced Linguistic Term Sets. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 16, n. 2, p. 354–370, abr. 2008.

HERRERA, F.; MARTINEZ, L. A model based on linguistic 2-tuples for dealing with multigranular hierarchical linguistic contexts in multi-expert decision-making. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B (Cybernetics)**, v. 31, n. 2, p. 227–234, abr. 2001.

HERRERA, F.; MARTÍNEZ, L. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 8, n. 6, p. 746–752, 2000.

HERRERA, F.; MARTÍNEZ, L.; SÁNCHEZ, P. J. Managing non-homogeneous information in group decision making. **European Journal of Operational Research**, v. 166, n. 1 SPEC. ISS., p. 115–132, 2005.

HINZE, J.; THURMAN, S.; WEHLE, A. Leading indicators of construction safety performance. **Safety Science**, v. 51, n. 1, p. 23–28, 2013.

HWANG, B.-N.; HUANG, C.-Y.; WU, C.-H. A TOE approach to establish a green supply chain adoption decision model in the semiconductor industry. **Sustainability (Switzerland)**, v. 8, n. 2, 2016.

HWANG, C.-L.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1981. v. 186

IJADI MAGHSOODI, A. *et al.* Evaluation of the Influencing Factors on Job Satisfaction Based on Combination of PLS-SEM and F-MULTIMOORA Approach. **Symmetry**, v. 11, n. 1, p. 24, 28 dez. 2018.

ISHIKAWA, K., LOFTUS, J. H. **Introduction to Quality Control**. Tokyo, Japan: 3A Corporation, 1990.

JEFFERSON, I. *et al.* Sustainability indicators for environmental geotechnics. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability**, v. 160, n. 2, p. 57–78, jun. 2007.

JEONG, J. S.; RAMÍREZ-GÓMEZ, Á. Optimizing the location of a biomass plant with a fuzzy-DEcision-MAking Trial and Evaluation Laboratory (F-DEMATEL) and multi-criteria spatial decision assessment for renewable energy management and long-term sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 182, p. 509–520, 2018.

JYH-FU JENG, D.; BAILEY, T. Assessing customer retention strategies in mobile telecommunications. **Management Decision**, v. 50, n. 9, p. 1570–1595, 2012.

KANNAN, D. Role of multiple stakeholders and the critical success factor theory for the sustainable supplier selection process. **International Journal of Production Economics**, v. 195, p. 391–418, 2018.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. The balanced scorecard--measures that drive performance. **Harvard business review**, v. 70, n. 1, p. 71–79, 1992.

KARSAK, E. E.; DURSUN, M. An integrated fuzzy MCDM approach for supplier evaluation and selection. **Computers and Industrial Engineering**, v. 82, p. 82–93, 2015.

KELEMENIS, A.; ASKOUNIS, D. A new TOPSIS-based multi-criteria approach to personnel selection. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 7, p. 4999–5008, jul. 2010.

KELLER, S. B.; DAUGHERTY, P. J.; STANK, T. P. Supply Chain Collaboration and Logistical Service Performance. **Journal of Business Logistics**, v. 22, n. 1, p. 29–48, 2001.

KEPNER, CHARLES H.; TREGOE, B. J. **The Rational Manager: A Systematic Approach to Problem Solving and Decision-Making**. 1st. ed. Princeton, New Jersey: McGraw-Hill Book Company, 1981.

L.A.ZADEH. The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning-III*. **Information Sciences**, v. 80, n. 9, p. 43–80, 1975.

LEARNED, E. P. *et al.* **Business policy: text and cases**, Richard D. Irwin. Homewood, Illinois: Irwin, 1969.

LEE, S.; AHN, H. Assessment of process improvement from organizational change. **Information and Management**, v. 45, n. 5, p. 270–280, 2008.

LI, C.-W.; TZENG, G.-H. Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 6, p. 9891–9898, 2009.

LI, Y. *et al.* Review of Critical Success Factors (CSFs) for green building projects. **Building and Environment**, v. 158, n. May, p. 182–191, 2019.

LILIEN, G. L. *et al.* DSS Effectiveness in Marketing Resource Allocation Decisions: Reality vs. Perception. **Information Systems Research**, v. 15, n. 3, p. 216–235, set. 2004.

LIN, C.-J.; WU, W.-W. A causal analytical method for group decision-making under fuzzy environment. **Expert Systems with Applications**, v. 34, n. 1, p. 205–213, 2008.

LIN, R. J. Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 40, p. 32–39, 2013.

LIN, Z.; VLACHOS, I.; OLLIER, J. Prioritizing destination attributes for optimal

resource allocation: a study of Chinese tourists visiting Britain. **Journal of Travel and Tourism Marketing**, v. 35, n. 8, p. 1013–1026, 2018.

LIOU, J. J. H. *et al.* A hybrid MCDM model for improving the electronic health record to better serve client needs. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 10, 2017.

LIU, H.-C. *et al.* Evaluating health-care waste treatment technologies using a hybrid multi-criteria decision making model. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 932–942, jan. 2015.

LUCE, R. D.; BUSH, R. R.; GALANTER, E. H. **Handbook of Mathematical Psychology**. Vol. III ed. New York: Wiley, 1965. v. 3

MANGLA, S. K.; GOVINDAN, K.; LUTHRA, S. Critical success factors for reverse logistics in Indian industries: a structural model. **Journal of Cleaner Production**, v. 129, p. 608–621, ago. 2016.

MARDANI, A.; JUSOH, A.; ZAVADSKAS, E. K. Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications - Two decades review from 1994 to 2014. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 8, p. 4126–4148, 2015.

MARTÍNEZ, L.; HERRERA, F. An overview on the 2-tuple linguistic model for computing with words in decision making: Extensions, applications and challenges. **Information Sciences**, v. 207, p. 1–18, 2012.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à administração**. 8ª Ed. ed. São Paulo-SP: Atlas, 2011.

MEIER, H. *et al.* Key performance indicators for assessing the planning and delivery of industrial services. **Procedia CIRP**, v. 11, p. 99–104, 2013.

MEKSAVANG, P. *et al.* An extended picture fuzzy VIKOR approach for sustainable supplier management and its application in the beef industry. **Symmetry**, v. 11, n. 4, 2019.

MENDOZA, G. A.; MARTINS, H. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. **Forest Ecology and Management**, v. 230, n. 1–3, p. 1–22, 2006.

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **Psychological Review**, v. 63, n. 2, p. 81–97, 1956.

MIRON, E.; RAVID, G. Facebook groups as an academic teaching aid: Case study and recommendations for educators. **Educational Technology and Society**, v. 18, n. 4, p. 371–384, 2015.

MORABITO, R. *et al.* Modelagem e Simulação. In: **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. Ed. ed. [s.l.] Elsevier Editora Ltda., 2018.

NAGPAL, S.; KUMAR, A.; KHATRI, S. K. Modeling interrelationships between CSF in

ERP implementations: total ISM and MICMAC approach. **International Journal of Systems Assurance Engineering and Management**, v. 8, n. 4, p. 782–798, 2017.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design: A literature review and research agenda. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 25, n. 12, p. 1228–1263, 2005.

NELSON, K. G.; SOMERS, T. M. The impact of critical success factors across the stages of ERP implementations. **Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences**, v. 00, n. c, p. 1–10, 2001.

OPRICOVIC, S.; TZENG, G.-H. Fuzzy Multicriteria Model for Postearthquake Land-Use Planning. **Natural Hazards Review**, v. 4, n. 2, p. 59–64, 1 maio 2003.

OPRICOVIC, S.; TZENG, G. H. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. **European Journal of Operational Research**, v. 156, n. 2, p. 445–455, 2004.

PADHI, S. S.; PATI, R. K.; RAJEEV, A. Framework for selecting sustainable supply chain processes and industries using an integrated approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 184, p. 969–984, 2018.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 2015.

PARMENTER, D. **Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2015.

PÉREZ-DOMÍNGUEZ, L. *et al.* Hesitant fuzzy linguistic term and TOPSIS to assess lean performance. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 9, n. 5, p. 873, 28 fev. 2019.

PILTAN, M.; SOWLATI, T. Multi-criteria assessment of partnership components. **Expert Systems with Applications**, v. 64, p. 605–617, 2016.

PUKKALA, T. **Multi-objective Forest Planning**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2002. v. 6

QUADER, M. A. *et al.* Evaluation of criteria for CO₂ capture and storage in the iron and steel industry using the 2-tuple DEMATEL technique. **Journal of Cleaner Production**, v. 120, p. 207–220, 2016.

RABBANI, A. *et al.* Proposing a new integrated model based on sustainability balanced scorecard (SBSC) and MCDM approaches by using linguistic variables for the performance evaluation of oil producing companies. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 16, p. 7316–7327, nov. 2014.

RADULESCU, C. Z.; RADULESCU, M. Group decision support approach for cloud quality of service criteria weighting. **Studies in Informatics and Control**, v. 27, n. 3, p. 275–284, 2018.

RIBEIRO, R. A. Fuzzy multiple attribute decision making: A review and new preference elicitation techniques. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 78, n. 2, p. 155–181, 1996.

RIKHTEGAR, N. *et al.* Environmental impact assessment based on group decision-making methods in mining projects. **Economic Research-Ekonomska Istrazivanja**, v. 27, n. 1, p. 378–392, 2014.

ROCKART, J. F. Chief executives define their own data needs. **Harvard Business Review**, v. 57, n. 2, p. 81–93, 1979.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. Boston, MA: Springer US, 1996. v. 12

ROY, B. Paradigms and Challenges. In: **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. New York: Springer-Verlag, 2015. p. 3–24.

ROY, B.; MOUSSEAU, V. A theoretical framework for analysing the notion of relative importance of criteria. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 5, n. 2, p. 145–159, 1996.

ROY, J. *et al.* A rough strength relational DEMATEL model for analysing the key success factors of hospital service quality. **Decision Making: Applications in Management and Engineering**, v. 1, n. 1, p. 121–142, 1 mar. 2018.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234–281, 1977.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T. L. Decision making with dependence and feedback: The analytic network process. **Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process**, 1996.

SAATY, T. L.; TAKIZAWA, M. Dependence and independence: From linear hierarchies to nonlinear networks. **European Journal of Operational Research**, v. 26, n. 2, p. 229–237, 1986.

SAYADI, M. K.; HEYDARI, M.; SHAHANAGHI, K. Extension of VIKOR method for decision making problem with interval numbers. **Applied Mathematical Modelling**, v. 33, n. 5, p. 2257–2262, 2009.

SETTI, D.; VERONA, M.N.; MEDEIROS, B.B.; RESTELLI, A. Materials selection using a 2-tuple linguistic multi-criteria method. **Materials Research**, 2019.

SHAH, R.; WARD, P. T. Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 2, p. 129–149, 2003.

SHAIK, M. N.; ABDUL-KADER, W. Comprehensive performance measurement and causal-effect decision making model for reverse logistics enterprise. **Computers & Industrial Engineering**, v. 68, n. 1, p. 87–103, fev. 2014.

SHEN, K.-Y.; TZENG, G.-H. A new approach and insightful financial diagnoses for the IT industry based on a hybrid MADM model. **Knowledge-Based Systems**, v. 85, p. 112–130, 2015.

SI, S. L. *et al.* Identifying key performance indicators for holistic hospital management with a modified DEMATEL approach. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 8, 2017.

SI, S. L. *et al.* DEMATEL Technique: A Systematic Review of the State-of-the-Art Literature on Methodologies and Applications. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2018, n. 1, 2018.

SINGH, A. *et al.* Big data cloud computing framework for low carbon supplier selection in the beef supply chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 202, p. 139–149, 2018.

STEWART, N.; REIMERS, S.; HARRIS, A. J. L. On the Origin of Utility, Weighting, and Discounting Functions: How They Get Their Shapes and How to Change Their Shapes. **Management Science**, v. 61, n. 3, p. 687–705, 2014.

STEWART, T. A critical survey on the status of multiple criteria decision making theory and practice. **Omega**, v. 20, n. 5–6, p. 569–586, 1992.

TORRA, V. Negation functions based semantics for ordered linguistic labels. **International Journal of Intelligent Systems**, v. 11, n. 11, p. 975–988, 1996.

TSENG, M.-L. Application of ANP and DEMATEL to evaluate the decision-making of municipal solid waste management in Metro Manila. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 156, n. 1–4, p. 181–197, 2009.

TSENG, M. L. *et al.* Ecotourism development in Thailand: Community participation leads to the value of attractions using linguistic preferences. **Journal of Cleaner Production**, v. 231, p. 1319–1329, 2019.

TSENG, M. L.; LIN, R. J.; CHEN, H. P. Evaluating the effectiveness of e-learning system in uncertainty. **Industrial Management and Data Systems**, v. 111, n. 6, p. 869–889, 2011.

TZENG, G. H.; CHIANG, C. H.; LI, C. W. Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL. **Expert Systems with Applications**, v. 32, n. 4, p. 1028–1044, 2007.

VARMAZYAR, M.; DEHGHANBAGHI, M.; AFKHAMI, M. A novel hybrid MCDM model for performance evaluation of research and technology organizations based on BSC approach. **Evaluation and Program Planning**, v. 58, p. 125–140, out. 2016.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. Chichester: John Wiley & Sons, 1992.

VINODH, S.; SAI BALAGI, T. S.; PATIL, A. A hybrid MCDM approach for agile concept selection using fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 83, n. 9–12, p. 1979–1987, 2016.

VINODH, S.; SWARNAKAR, V. Lean Six Sigma project selection using hybrid approach based on fuzzy DEMATEL–ANP–TOPSIS. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 6, n. 4, p. 313–338, 2015.

VINOGRADOVA, I.; PODVEZKO, V.; ZAVADSKAS, E. The Recalculation of the Weights of Criteria in MCDM Methods Using the Bayes Approach. **Symmetry**, v. 10, n. 6, p. 205, 7 jun. 2018.

VON WINTERFELDT, D.; FASOLO, B. Structuring decision problems: A case study and reflections for practitioners. **European Journal of Operational Research**, v. 199, n. 3, p. 857–866, 2009.

WANG, C.-S.; YANG, H.-L.; LIN, S.-L. To Make Good Decision: A Group DSS for Multiple Criteria Alternative Rank and Selection. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2015, p. 1–15, 2015.

WILKES, G.; KREBS, W. **The Collins Concise Dictionary of the English Language**. 2nd Ed. ed. London: William Collins & Sons, 1988.

XU, Z. Linguistic Aggregation Operators. In: XU, Z. (Ed.). **Linguistic Decision Making**. Berlin, Heidelberg: Springer; 2012, 2012. p. 15–85.

XU, Z. S. Group decision making based on multiple types of linguistic preference relations. **Information Sciences**, v. 178, n. 2, p. 452–467, 2008.

YANG, J. L.; TZENG, G. H. An integrated MCDM technique combined with DEMATEL for a novel cluster-weighted with ANP method. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 3, p. 1417–1424, 2011.

YANG, Y. *et al.* A novel hybrid MCDM model combined with DEMATEL and ANP with applications. **International Journal of Operations Research**, v. 5, n. 3, p. 160–168, 2008.

YURDAKUL, M.; IÇ, Y. T. Analysis of the benefit generated by using fuzzy numbers in a TOPSIS model developed for machine tool selection problems. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 209, n. 1, p. 310–317, 2009.

ZADEH, L. A. From computing with numbers to computing with words - From manipulation of measurements to manipulation of perceptions. **IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications**, v. 46, n. 1, p. 105–119, 1999.

ZADEH, L. A. A new direction in AI: Toward a computational theory of perceptions. **AI Magazine**, v. 22, n. 1, p. 73–84, 2001.

ZADEH, L. A. Is there a need for fuzzy logic? **Information Sciences**, v. 178, n. 13, p. 2751–2779, 2008.

ZAK, J. Multiple-Criteria and Group-Decision Making in the Fleet Selection Problem for a Public Transportation System. **Transportation Research Procedia**, v. 27, p. 43–52, 2017.

ZAKERI, S.; YANG, Y.; HASHEMI, M. Grey strategies interaction model. **Journal of Strategy and Management**, v. 12, n. 1, p. 30–60, 2019.

ZARE, M. *et al.* Multi-criteria decision making approach in E-learning: A systematic review and classification. **Applied Soft Computing Journal**, v. 45, p. 108–128, 2016.

ZHOU, Q.; HUANG, W.; ZHANG, Y. Identifying critical success factors in emergency management using a fuzzy DEMATEL method. **Safety Science**, v. 49, n. 2, p. 243–252, 2011.

ZHOU, X. *et al.* D-DEMATEL: A new method to identify critical success factors in emergency management. **Safety Science**, v. 91, p. 93–104, 2017.

ZIMMERMANN, H.-J. **Fuzzy Set Theory—and Its Applications**. Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, Boston, 2001.

ZULUETA, Y. *et al.* A linguistic fusion approach for heterogeneous Environmental Impact Significance Assessment. **Applied Mathematical Modelling**, v. 40, n. 2, p. 1402–1417, jan. 2016.