

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



**SELEÇÃO DE FORNECEDORES SUSTENTÁVEIS UTILIZANDO**

***FUZZY DEMATEL-ANP***

**LETÍCIA REIS RODRIGUES**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**LETÍCIA REIS RODRIGUES**

**Seleção de fornecedores sustentáveis utilizando *Fuzzy* DEMATEL-ANP**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

**Orientador:** Prof. Dr. Gilberto Miller Devós Ganga

**SÃO CARLOS-SP**

**2017**



# UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

---

## Folha de Aprovação

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Leticia Reis Rodrigues, realizada em 18/05/2017:

---

Prof. Dr. Gilberto Miller Devos Ganga  
UFSCar

---

Prof. Dr. Pedro Augusto Munari Junior  
UFSCar

---

Prof. Dr. Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti  
USP

**Dedico** este estudo a minha família, que sempre me apoiou e incentivou. Aos meus amigos, por toda a alegria e ajuda que me proporcionam.

Também dedico a todos que colaboram, melhoram e aprimoram uma cadeia de suprimentos mais consciente.

**Agradeço** aos meus pais, pela educação que me foi dada, pelos valores transmitidos e pelo amor concedido. Por me fornecerem a liberdade para que eu tomasse minhas próprias escolhas e seguir meu caminho. Por sempre me lembrarem de por os pés no chão e enfrentar a realidade e as responsabilidades.

Ao meu orientador Gilberto Miller Devós Ganga, por ter compartilhado seu vasto conhecimento em suas orientações, pela calma e compreensão nos momentos de dificuldade. Agradeço sua disponibilidade e ao amor com que faz seu trabalho.

À CAPES (órgão de fomento) que financiou esta pesquisa, e proporcionou o apoio financeiro para que este trabalho se tornasse possível.

À coordenadora de *Supply Chain* da empresa que apliquei a minha pesquisa. Obrigada pela paciência e ao tempo despendido para o auxílio ao trabalho.

Aos meus amigos do departamento de Engenharia de Produção da UFSCar, que nos momentos de dificuldade me ajudaram e me orientaram. À minha amiga Júnia que sempre esteve presente comigo desde a graduação e me ajudou a continuar.

Aos meus amigos de Franca, do colegial, que estão comigo há 10 anos, por saberem o que falar, o que aconselhar, por falarem a verdade mesmo quando ninguém mais tem esta coragem, por serem meu apoio e minha força.

A todos aqueles que já me fizeram rir e chorar, por toda a minha caminhada, acompanharam minha formação e contribuíram na construção da minha personalidade.

“A vida começa onde termina sua zona de conforto.”

**Autor Desconhecido**

## RESUMO

RODRIGUES, Letícia Reis. **Seleção de fornecedores sustentáveis utilizando fuzzy DEMATEL-ANP**. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, 2016.

A temática sustentável, cada vez mais presente e atuante no cotidiano das operações das empresas precisa ser tratada no contexto da seleção de fornecedores. Aplicar abordagens de decisão multicritério para a seleção de fornecedores sustentáveis demonstra ser uma alternativa interessante a fim de lidar com a natureza complexa deste processo. Por meio de uma revisão sistemática da literatura foi possível destacar algumas lacunas de pesquisa, como a falta de uma visão detalhada dos métodos multicritérios e uma escassa abordagem de critérios sustentáveis, abordando as três perspectivas (Econômica, Ambiental e Social). Desta forma, o objetivo central da pesquisa é detalhar e aplicar em um caso real a modelagem *fuzzy* DEMATEL (*Decision-making Trial and Evaluation Laboratory*) e *fuzzy* ANP (*Analytic Network Process*) para a seleção de fornecedores sustentáveis. A abordagem metodológica empregada na pesquisa é quantitativa descritiva empírica, com aplicação de modelagem e simulação em MATLAB ®. Espera-se que o modelo possa internalizar as especificidades do processo de seleção de fornecedores sustentáveis de modo a tornar-se uma ferramenta útil às empresas e aos pesquisadores que estudam o método. A revisão sistemática da pesquisa pode destacar os principais métodos na literatura e os principais critérios utilizados pela seleção de fornecedores verdes e sustentáveis no estado da arte. O modelo foi detalhado em um *framework*, destacando-se cada passo da aplicação. Posteriormente foi aplicado em uma empresa de grande porte de embalagens vítreas, onde a coordenadora de *Supply Chain* se dispôs a auxiliar na pesquisa. Como saídas da segunda fase do modelo, o *cluster* Econômico revelou ser o mais importante e exerce influência sob o *cluster* Ambiental, já o *cluster* Social permanece praticamente inerte sem exercer ou receber influência. Também pode-se destacar que os três critérios mais influentes de cada perspectiva foram: ‘Custo’, ‘Compliance’ e ‘Qualidade’ na perspectiva Econômica; ‘Certificações Ambientais / ISO 14001’, Reuso / Recuperação e ‘Controle da Poluição’ na perspectiva Ambiental; e ‘Direitos dos Stakeholders’, ‘Respeito pelas políticas’ e ‘Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis’ na perspectiva Social. Ao final, um fornecedor é escolhido com o *framework* apresentado, e os critérios mais influentes na decisão foram destacados. Esta discussão é válida para auxiliar empresas em busca de soluções sustentáveis e pesquisadores na área que desenvolvem o conhecimento para a comunidade científica

**Palavras-chave:** Seleção de fornecedores, sustentabilidade, seleção de fornecedores sustentáveis, DEMATEL, ANP, *Fuzzy*

## ABSTRACT

RODRIGUES, Letícia Reis. **Sustainable supplier selection using fuzzy DEMATEL-ANP.** 165 pp. Master's dissertation (MSc in Production Engineering) Federal University of São Carlos (UFSCar), São Carlos, 2017.

The issue of sustainability, which is an increasingly important consideration in the day-to-day operations of businesses, needs to be addressed in the context of supplier selection. The use of multi-criteria approaches in decisions concerning the selection of sustainable suppliers can be a valuable approach for helping to resolve the complexity of this process. A systematic review of the literature highlighted gaps in the research in this area, such as the lack of a detailed description of multi-criteria methods, as well as a scarcity of sustainability criteria that take into account the three main perspectives (Economic, Environmental, and Social). This work describes the development and real case application of a DEMATEL (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) and ANP (Analytic Network Process) fuzzy modeling technique for the selection of sustainable suppliers. The methodological approach used in the research was quantitative, descriptive, and empirical. The modeling and simulations were performed using MATLAB®. Incorporation of the specificities of the process of selection of sustainable suppliers makes the model a useful tool for use by both businesses and researchers concerned with the issue of sustainability. A systematic review of the published research highlights the main state-of-art methods and criteria used for the selection of green and sustainable suppliers. The model is described in a framework highlighting each step of the application. It was subsequently applied by a major glass packaging company, where the supply chain coordinator agreed to assist in the research. The outputs of the second phase of the model showed that the Economic cluster was most important and interacted with the Environmental cluster, while the Social cluster remained practically inert, without interactions with the other clusters. For the three perspectives, the three most influential criteria were as follows: cost, compliance, and quality (Economic perspective); environmental certifications/ISO 14001, reuse/recovery, and pollution control (Environmental perspective); and stakeholder rights, respect for policies, and encouragement of the development of self-sustainable recycling programs (Social perspective). Finally, a supplier was selected using the framework presented, and the criteria that most influenced the decision were highlighted. The procedure developed here offers a tool to assist businesses searching for sustainable solutions, as well as researchers in the scientific community concerned with the development of knowledge in this area.

**Keywords:** Selection of suppliers, sustainability, selection of sustainable suppliers, DEMATEL, ANP, fuzzy.



## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Estrutura integrada da Gestão do Relacionamento com fornecedor .....   | 17 |
| Figura 2 – Processo do método de modelagem .....  | 24 |
| Figura 3 – Sustentabilidade e o <i>Triple Bottom Line</i> .....   | 27 |
| Figura 4 – Crescimento das publicações ao longo dos anos .....  | 28 |
| Figura 5 – Áreas das publicações sobre 'sustentabilidade' ou 'sustentável' .....  | 28 |
| Figura 6 – Posicionamento conceitual adotado neste trabalho .....   | 30 |
| Figura 7 – Tipologias de ferramentas usadas na seleção de fornecedores .....  | 31 |
| Figura 8 – Processo de escolha e desenvolvimento MCDM .....   | 36 |
| Figura 9 – Passo a passo DEMATEL .....  | 39 |
| Figura 10 – Exemplo de matriz criada por um especialista .....  | 39 |
| Figura 11 – Exemplo de mapa da rede de influências .....  | 40 |
| Figura 12 – Diferença entre AHP e ANP .....   | 43 |
| Figura 13 – Passo a Passo método ANP .....  | 44 |
| Figura 14 – Estrutura padrão de uma supermatriz .....   | 47 |
| Figura 15 – Exemplo ilustrativo da diferença entre a lógica clássica e a lógica <i>fuzzy</i> .....                                | 49 |
| Figura 16 – Representação gráfica de um conjunto <i>fuzzy</i> convexo e não convexo .....   | 51 |
| Figura 17 – Representação de um número fuzzy trapezoidal (PTFN) .....   | 52 |
| Figura 18 – Representação de um número <i>fuzzy</i> triangular (TFN) .....  | 53 |
| Figura 19 – Representação gráfica dos termos linguísticos da Tabela 3 .....   | 54 |
| Figura 20 – Aplicações de DEMATEL + ANP .....   | 54 |
| Figura 21 – Classificação das técnicas que suportam a seleção de fornecedores verdes/sustentáveis .....                           | 63 |
| Figura 22 – Frequência de artigos publicados .....  | 64 |
| Figura 23 – <i>Tag cloud</i> para palavras contidas nos títulos dos artigos .....   | 66 |
| Figura 24 – <i>Tag cloud</i> das palavras-chave usadas nos artigos .....  | 67 |
| Figura 25 – <i>Tag cloud</i> das palavras-chave considerando apenas as técnicas de seleção de fornecedores .....                  | 67 |
| Figura 26 – Mapa perceptual relacionando foco da seleção de fornecedores (verde ou sustentável) e uso combinado de técnicas ..... | 68 |
| Figura 27 – Diagrama de Venn para exemplificar a quantidade de artigos em cada perspectiva .....                                  | 70 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 28 – Porcentagem de critérios de acordo com cada perspectiva .....                           | 70  |
| Figura 29 – Fluxograma do método reestruturado pela pesquisa Fonte: Reestruturado pela autora ..... | 74  |
| Figura 30 – <i>Clusters</i> sugeridos para a seleção de fornecedores verdes/sustentáveis .....      | 77  |
| Figura 31 – Representação gráfica dos termos linguísticos por TFN.....                              | 79  |
| Figura 32 – Diagrama de Causa e Efeito ( <i>Clusters</i> ).....                                     | 92  |
| Figura 33 – Diagrama de Causa e Efeito (Critérios) .....  | 93  |
| Figura 34 – Relação Causal de dependência entre os <i>Clusters</i> .....                            | 94  |
| Figura 35 – Rede de relações causais entre Critérios .....  | 95  |
| Figura 36 – Rede de relacionamentos ANP .....   | 96  |
| Figura 37 – Matrizes de relação direta dos 19 especialistas.....                                    | 126 |
| Figura 38 – Matriz <i>Z</i> e <i>D</i> calculadas de acordo com o 3º e 4º passo.....                | 126 |
| Figura 39 – Matriz <i>T</i> calculada de acordo com o 5º passo.....                                 | 126 |
| Figura 40 – Diagrama causal de relacionamento.....  | 128 |
| Figura 41 – Rede estruturada para exemplo de seleção de fornecedores .....                          | 135 |

## LISTA DE TABELAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 1 – Escala Fundamental de Saaty .....  | 44  |
| Tabela 2 – Índices de Coerência Aleatória.....  | 46  |
| Tabela 3 – Variáveis linguísticas para avaliar alternativas.....                          | 54  |
| Tabela 4 – Critérios mais citados nos artigos analisados .....                            | 61  |
| Tabela 5 – Uso combinado de técnicas .....  | 65  |
| .Tabela 6 – Matriz $Z$ de relação direta entre <i>Clusters</i> .....                      | 89  |
| Tabela 7 – Matriz $Z$ de relação direta entre os critérios .....                          | 90  |
| Tabela 8 – Matriz $X$ , normalizada relacionada aos <i>Clusters</i> .....                 | 90  |
| Tabela 9 – Matriz $X$ , normalizada relacionada aos Critérios .....                       | 90  |
| Tabela 10 – Matriz $T$ de relação Total ( <i>Clusters</i> ) .....                         | 90  |
| Tabela 11 – Matriz $T$ de relação total (Critérios) .....                                 | 91  |
| Tabela 12 – Matriz de ponderação dos clusters.....  | 104 |
| Tabela 13 – A soma das influências fornecidas e recebidas dos 7 critérios escolhidos..... | 127 |

## LISTA DE QUADROS

|   |     |
|---|-----|
| Quadro 1 – Os correspondentes termos linguísticos .....   | 38  |
| Quadro 2 – Comparação das categorias híbridas.....  | 56  |
| Quadro 3 – 10 artigos mais citados que utilizam DEMATEL + ANP .....   | 57  |
| Quadro 4 – Técnicas de seleção de fornecedores .....  | 59  |
| Quadro 5 – Procedimentos para a realização da revisão sistemática da literatura .....   | 62  |
| Quadro 6 – Principais critérios adotados pelos artigos da revisão sistemática .....   | 71  |
| Quadro 7 – Termos linguísticos para avaliação dos critérios .....   | 78  |
| Quadro 8 – Critérios selecionados para o desenvolvimento do modelo.....   | 88  |
| Quadro 9 – Matriz de relação direta entre os <i>clusters</i> .....  | 88  |
| Quadro 10 – Matriz de relação direta entre os critérios selecionados .....  | 89  |
| Quadro 11 – Quadro de relações finais entre os <i>Clusters</i> .....  | 91  |
| Quadro 12 – Quadro de relações finais entre os Critérios.....   | 92  |
| Quadro 13 – Ranking de Importância entre os <i>Clusters</i> .....   | 94  |
| Quadro 14 – Ranking de Importância entre Critérios.....   | 94  |
| Quadro 15 – Critérios suprimidos da Fase 3 .....  | 95  |
| Quadro 16 – Matriz de alcance global.....   | 97  |
| Quadro 17 – Matriz de alcance local .....   | 98  |
| Quadro 18 – Comparação de fornecedores em relação ao custo.....   | 99  |
| Quadro 19 – Comparação de fornecedores em relação à Qualidade.....  | 99  |
| Quadro 20 – Comparação de fornecedores em relação ao <i>Compliance</i> .....  | 99  |
| Quadro 21 – Comparação de fornecedores em relação às Certificações Ambientais / ISO<br>14001 .....  | 99  |
| Quadro 22 – Comparação de fornecedores em relação ao Controle da Poluição.....  | 99  |
| Quadro 23 – Comparação de fornecedores em relação ao Reuso/Recuperação.....   | 99  |
| Quadro 24 – Comparação de fornecedores em relação ao critério Respeito pelas<br>Políticas .....   | 100 |
| Quadro 25 – Comparação de fornecedores em relação ao critério Diretos dos<br><i>Stakeholders</i> .....  | 100 |
| Quadro 26 – Comparação de fornecedores em relação ao critério Incentivo ao<br>Desenvolvimento de Programas de Reciclagem Auto-Sustentáveis..... | 100 |

|   |     |
|---|-----|
| Quadro 27 – Comparação entre os critérios econômicos em relação ao Fornecedor 1.....  | 100 |
| Quadro 28 – Comparação entre os critérios econômicos em relação ao Fornecedor 2.....  | 100 |
| Quadro 29 – Comparação entre os critérios Ambientais e o Fornecedor 1.....  | 101 |
| Quadro 30 – Comparação entre os critérios Ambientais e o Fornecedor 2.....  | 101 |
| Quadro 31 – Comparação entre os critérios Sociais e o Fornecedor 1.....   | 101 |
| Quadro 32 – Comparação entre os critérios Sociais e o Fornecedor.....   | 102 |
| Quadro 33 – Comparação entre o critério Custo (E1) e os critérios do <i>cluster</i> Ambiental....                             | 102 |
| Quadro 34 – Comparação entre o critério Qualidade (E2) e os critérios do <i>cluster</i><br>Ambiental.....                     | 102 |
| Quadro 35 – Comparação entre o critério <i>Compliance</i> (E5) e os critérios do <i>cluster</i><br>Ambiental.....             | 103 |
| Quadro 36 – Relação do <i>loop</i> resultante no <i>cluster</i> Econômico.....  | 103 |
| Quadro 37 – Relação do <i>loop</i> resultante no <i>cluster</i> Ambiental.....  | 103 |
| Quadro 38 – Relação do <i>loop</i> resultante no <i>cluster</i> Ambiental.....  | 104 |
| Quadro 39 – Supermatriz sem peso.....   | 105 |
| Quadro 40 – Supermatriz com peso.....   | 105 |
| Quadro 41 – Supermatriz ponderada estocástica.....  | 105 |
| Quadro 42 – Matriz Limite.....  | 106 |
| Quadro 43 – Desempenho dos 3 fornecedores segundo mesmo produto.....  | 135 |
| Quadro 44 – Matriz de alcance global entre <i>clusters</i> .....  | 136 |
| Quadro 45 – Matriz de alcance local entre todos os elementos da rede, destacando-se os<br><i>clusters</i> .....               | 136 |
| Quadro 46 – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do <i>cluster</i> “Alternativas” à<br>luz do Fornecedor A.....    | 137 |
| Quadro 47 – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do <i>cluster</i> “Alternativas”<br>à luz do Fornecedor B.....    | 137 |
| Quadro 48 – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do <i>cluster</i> “Alternativas” à<br>luz do Fornecedor C.....    | 137 |
| Quadro 49 – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do <i>cluster</i> “Critérios” com<br>relação ao Fornecedor A..... | 137 |
| Quadro 50 – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do <i>cluster</i> “Critérios” com<br>relação ao Fornecedor B..... | 138 |
| Quadro 51 – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do <i>cluster</i> “Critérios” com<br>relação ao Fornecedor C..... | 138 |

|  |     |
|--|-----|
| Quadro 52 – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do <i>cluster</i> “Alternativas” com relação à “Entrega” .....   | 138 |
| Quadro 53 – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do <i>cluster</i> “Alternativas” com relação à “Qualidade” ..... | 138 |
| Quadro 54 – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do <i>cluster</i> “Alternativas” com relação ao “Preço” .....    | 139 |
| Quadro 55 – Matriz de decisão, autovetor e CR entre os <i>clusters</i> “Alternativas” e “Critérios” .....                    | 139 |
| Quadro 56 – Supermatriz sem peso .....   | 140 |
| Quadro 57 – Supermatriz ponderada .....  | 140 |
| Quadro 58 – Supermatriz ponderada estocástica.....   | 140 |
| Quadro 59 – Matriz Limite.....   | 141 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACA – *Ant colony algorithm*  
AHP – *Analytic Hierarchy Process*  
ANACOR – *Análise de Correspondência*  
ANP – *Analytic Network Process*  
AR – *Association rule*  
B2B – *Business to Business*  
BN – *Bayesian networks*  
CBR – *Raciocínio Baseado em Casos*  
CLM – *Council of Logistics Management*  
CR – *Razão de consistência*  
CRM – *Customer Relationship Management*  
DEA – *Análise Envoltória de Dados*  
DST – *Dempster shafer theory of evidence*  
DT – *Decision tree*  
GA – *Genetic algorithm*  
GP – *Goal programming*  
GST – *Grey system theory*  
DEMATEL – *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*  
ELECTRE – *Elimination and Choice Expressing Reality*  
FAHP – *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*  
FANP – *Fuzzy Analytic Network Process*  
FST – *Fuzzy Set Theory*  
IA – *Inteligência Artificial*  
ISCM – *Internal supply chain management*  
KBS – *Knowledge based system*  
LP – *Linear Programming*  
MADA – *Multi Attribute Decision Analysis*  
MADM – *Multiple Atribute Decision Making*  
MCDM – *Multi Criteria Decision Making*  
MODM – *Multiple Objective Decision Making*

MOP – *Multiobjective programming*

NLP – *Non linear Programming*

NN – *Neural networks*

NRM – *Network Relationship Map*

PM – *Programação Matemática*

PROMETHEE – *Preference ranking organization method for enrichment evaluation*

PSOL – *Particle swarm optimization*

QFD – *Quality Function Deployment*

RST - *Rough set theory*

SC – *Supply Chain*

SCM – *Supplier Relationship Management*

SMART – *Simple Multi-Attribute Rating Technique*

SP – *Stochastic programming*

SRM – *Supplier Relationship Management*

SVM – *Support vector machine*

TFN – *Triangular Fuzzy Numbers*

TOPSIS – *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*

VIKOR – *VIseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenj (Multicriteria Optimization and Compromise Solution)*



## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO</b> .....   | 17 |
| 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....   | 17 |
| 1.2 DEFINIÇÃO DA PROBLEMÁTICA E OBJETIVO DE PESQUISA.....  | 20 |
| 1.3 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA .....  | 22 |
| 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....   | 24 |
| <b>CAPÍTULO 2 REFERENCIAL TEÓRICO PRELIMINAR</b> .....   | 25 |
| 2.1 SUSTENTABILIDADE.....  | 25 |
| 2.2 SELEÇÃO DE FORNECEDORES SUSTENTÁVEIS .....   | 29 |
| 2.3 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO .....  | 34 |
| 2.3.1 DEMATEL ( <i>Decision-making Trial and Evaluation Laboratory</i> ) .....   | 37 |
| 2.3.2 ANP ( <i>Analytic Network Process</i> ).....   | 42 |
| 2.3.3 Teoria dos Conjuntos <i>Fuzzy</i> .....  | 48 |
| 2.3.4 <i>Fuzzy</i> DEMATEL e <i>Fuzzy</i> ANP.....   | 54 |
| <b>CAPÍTULO 3 UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS QUANTITATIVOS PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES SUSTENTÁVEIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL)</b> ..... | 58 |
| 3.1 MÉTODOS QUANTITATIVOS QUE SUPORTAM A SELEÇÃO DE FORNECEDORES.....  | 59 |
| 3.2 PROCEDIMENTOS E PARÂMETROS USADOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....  | 61 |
| 3.3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....  | 63 |
| 3.4 ANÁLISE DE CRITÉRIOS VERDES X SUSTENTÁVEIS .....   | 69 |
| 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....  | 72 |
| <b>CAPÍTULO 4 <i>FRAMEWORK</i> DETALHADO E APLICAÇÃO DO MODELO</b> .....   | 74 |
| 4.1 EXPLANAÇÃO E DETALHAMENTO DO MODELO.....   | 74 |

|   |            |
|---|------------|
| 4.1.1 Avaliação preliminar (Fase 1) .....   | 76         |
| 4.1.2 <i>Fuzzy</i> DEMATEL (fase 2).....  | 79         |
| 4.1.3 <i>Fuzzy</i> ANP (Fase 3).....  | 83         |
| <b>CAPÍTULO 5 APLICAÇÃO DO MODELO.....</b>  | <b>87</b>  |
| 5.1 MÉTODO DE APLICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....  | 87         |
| 5.2. APLICAÇÃO E RESULTADOS DO MODELO – <i>FUZZY</i> DEMATEL.....   | 88         |
| 5.3 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS FASE 2 – <i>FUZZY</i> DEMATEL .....                                  | 93         |
| 5.4. APLICAÇÃO E RESULTADOS DO MODELO FASE 3 – <i>FUZZY</i> ANP .....                                       | 95         |
| 5.5 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS FASE 3 – <i>FUZZY</i> ANP.....                                       | 106        |
| <b>CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES .....</b>  | <b>108</b> |
| 6.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS .....  | 109        |
| 5.2 PROPOSTAS DE PESQUISAS FUTURAS.....   | 110        |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>112</b> |
| <b>APÊNDICE A – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DEMATEL .....</b>  | <b>124</b> |
| <b>APÊNDICE B – CÓDIGOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO EXEMPLO,<br/>APLICANDO-SE o método DEMATEL EM MATLAB® .....</b> | <b>129</b> |
| <b>APÊNDICE C – EXEMPLO DE APLICAÇÃO ANP .....</b>  | <b>134</b> |
| <b>APÊNDICE D – CÓDIGOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO EXEMPLO,<br/>APLICANDO-SE O MÉTODO ANP EM MATLAB® .....</b>     | <b>142</b> |
| <b>APÊNDICE E – LISTA DE TRABALHOS RESULTANTES DA REVISÃO<br/>SISTEMÁTICA .....</b>                         | <b>151</b> |
| <b>APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO PARA A SELEÇÃO DE CRITÉRIOS PARA A<br/>APLICAÇÃO DO MODELO.....</b>            | <b>155</b> |
| <b>APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO PARA O INÍCIO DA FASE 2 – <i>FUZZY</i><br/>DEMATEL.....</b>                    | <b>158</b> |
| <b>APÊNDICE H – QUESTIONÁRIO PARA O INÍCIO DA FASE 3 – <i>FUZZY</i> ANP.....</b>                            | <b>161</b> |

## CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

A finalidade deste capítulo é apresentar o tema estudado e a pesquisa realizada. Para tanto parte-se da contextualização, seguido pela definição do problema de pesquisa, objetivo geral e objetivos específicos a serem alcançados no estudo. Os procedimentos metodológicos e a estrutura da dissertação são apresentados em seguida.

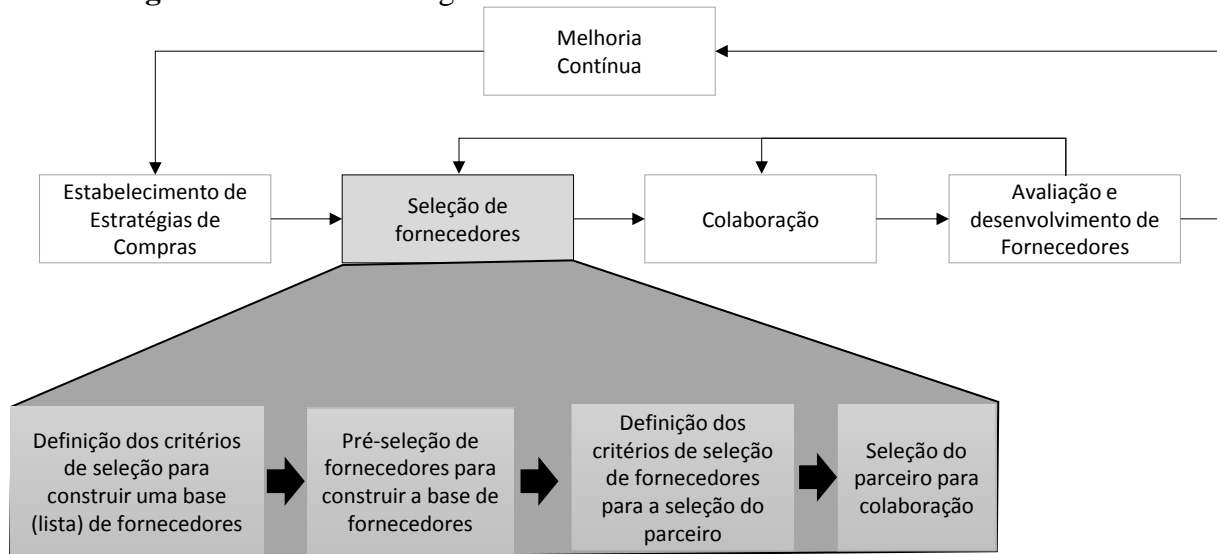
### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A acirrada competição nos mercados globalizados, corroborada pela introdução de um *mix* variado de produtos com ciclos de vida cada vez mais curtos e as altas expectativas dos consumidores (em relação aos custos, qualidade, entrega, flexibilidade, sustentabilidade) têm forçado as empresas a investir e focar a atenção na gestão de suas cadeias de suprimentos.

É necessário que a tomada de decisão incorpore os desafios citados para melhor gerenciar os processos de negócios (tanto internos quanto externos) de uma empresa focal. Nesse contexto, a gestão do relacionamento com o fornecedor constitui um elemento crucial para o desempenho superior de uma empresa.

Uma análise sistêmica e integrada da gestão do relacionamento com o fornecedor permite destacar a seleção de fornecedores como uma atividade importante desta cadeia de valor (PARK et al., 2010), conforme ilustrado na Figura 1.

Nesse contexto, De Boer, Van Der Wegen e Telgen (1998) ressaltam o aumento da importância e complexidade da atividade de seleção de fornecedores em função de uma série de motivos, como por exemplo, as variações qualitativas e quantitativas de demanda, resultando em alterações frequentes nas quantidades e tipos de produtos comprados; o uso da internet que possibilita aumentar a quantidade de opções de empresas de fornecimento, mas que ao mesmo tempo dificulta a seleção do fornecedor; a necessidade de considerar cada vez mais critérios na avaliação de fornecedores. Um dos critérios veementes é a questão ambiental, denotada pelo termo “verde”. O termo “sustentável”, mais abrangente, incorpora além da perspectiva ambiental ou verde, as perspectivas econômica e social (NORMAN; MACDONALD, 2004; HACKING; GUTHRIE, 2008; HUBBARD, 2009).

**Figura 1** – Estrutura integrada da Gestão do Relacionamento com fornecedor

**Fonte:** Proposto pelo Autor a partir de Park et al. (2010).

Dessa forma, as empresas estão percebendo que a gestão sustentável é uma questão estratégica, com um potencial impacto positivo duradouro sobre o desempenho organizacional (HUBBARD, 2009).

Com a incorporação da perspectiva ambiental e social no desempenho das empresas, há um crescente reconhecimento de que essa preocupação não se restrinja ao ambiente interno das mesmas, mas que ultrapasse as fronteiras da organização e se expanda para toda a cadeia de suprimentos, envolvendo dessa forma fornecedores, clientes e demais *stakeholders*. Nesse contexto, inúmeros trabalhos exploraram os temas ‘gestão da cadeia de suprimentos verde’ ou ‘*green supply chain management*’ (SRIVASTAVA, 2007; ZHU; SARKIS; LAI, 2008; ZHU; SARKIS, 2004) e a ‘gestão da cadeia de suprimentos sustentável’ (CARTER; ROGERS, 2008; PAGELL; WU, 2009; SEURING; MÜLLER, 2008).

A incorporação da dimensão sustentável na gestão da cadeia de suprimentos acaba por estender-se também à gestão do relacionamento com fornecedores e, por conseguinte, à seleção de fornecedores sustentáveis, tema principal desta pesquisa.

Assim, além da preocupação tradicional das empresas em selecionarem fornecedores com alto padrão de desempenho operacional (custo, qualidade, responsividade, flexibilidade, confiabilidade, entre outros), surge a necessidade de incorporar critérios sustentáveis no desempenho global da empresa ou da cadeia em que está inserida. Diante do exposto, neste trabalho a seleção de fornecedores sustentáveis envolve as perspectivas econômica (operacional), ambiental (verde) e social.

Inúmeros Métodos Multicritério de Tomada de Decisão (do inglês *Multi Criteria Decision Making* - MCDM) vem sendo utilizados para seleção de fornecedores (GOVINDAN et al., 2015; HSU et al., 2013). Dentre esses métodos podem ser citados o *Analytic Hierarchy Process* - AHP (HANDFIELD et al., 2002), o *Analytic Network Process* - ANP (HSU; HU, 2009), o TOPSIS - *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (KASIRIAN; YUSUFF, 2013) e o *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory* - DEMATEL (HSU et al., 2013).

No entanto, alguns destes métodos (como o AHP, o ANP, o DEMATEL, o TOPSIS e o VIKOR), por utilizarem uma escala qualitativa na comparação de critérios de seleção de fornecedores, estão sujeitos à subjetividade no julgamento do tomador de decisão. Esta subjetividade está intrínseca às características de alguns critérios utilizados nesta qualificação dos fornecedores, como valor entregue, flexibilidade, confiabilidade, entre outros (ARAZ; OZKARAHAN, 2007; CHAMODRAKAS; BATIS; MARTAKOS, 2010; KILINCCI; ONAL, 2011; LEE, 2009; PUNNIYAMOORTHY; MATHIYALAGAN; PARTHIBAN, 2011).

Uma técnica apropriada para lidar com problemas de decisão multicritério e situações de incerteza e subjetividade é a lógica *fuzzy* (ZADEH, 1978). Dessa forma, inúmeros métodos multicritério, utilizados na seleção de fornecedores (considerando critérios econômicos, ambientais e/ou sociais), vêm incorporando a teoria dos conjuntos *fuzzy* em sua álgebra matricial (AWASTHI; CHAUHAN; GOYAL, 2010; BÜYÜKÖZKAN; ÇIFÇI, 2012; CHANG; CHANG; WU, 2011; MEHREGAN et al., 2014).

Outra tendência além da incorporação da lógica *fuzzy* nos métodos tradicionais é a utilização combinada ou integrada de vários métodos de decisão multicritério aplicados na seleção de fornecedores considerando critérios econômicos, ambientais e/ou sociais (HASHEMI et al., 2015; KUO; LIN, 2012; KUO; WANG; TIEN, 2010; KUO; HSU; LI, 2015; LIOU et al., 2015; SENVAR; TUZKAYA; KAHRAMAN, 2014; TSUI; WEN, 2014; UYGUN; KAÇAMAK; KAHRAMAN, 2015; YAZDANI, 2014; ZHAO; GUO, 2014; ZHOU et al., 2012).

## 1.2 DEFINIÇÃO DA PROBLEMÁTICA E OBJETIVO DE PESQUISA

A realização de uma revisão sistemática da literatura sobre o uso de métodos quantitativos<sup>1</sup> para suportar a seleção de fornecedores sustentáveis identificou alguns aspectos:

- a) Utilização integrada de métodos quantitativos para seleção de fornecedores<sup>2</sup>;
- b) Pouca descrição sobre as etapas (passo a passo) do uso combinado de métodos para seleção de fornecedores sustentáveis;
- b) Incorporação da teoria dos conjuntos *fuzzy* (lógica *fuzzy*) na álgebra matricial dos métodos quantitativos, tanto para uso singular como combinado de técnicas;
- c) Adoção de uma perspectiva multifacetada para seleção de fornecedores, incorporando cada vez mais critérios ambientais (verdes) e sociais.

Conforme enaltecido anteriormente, um dos métodos mais empregados para seleção de fornecedores é o AHP (HANDFIELD et al., 2002). Este método permite, por exemplo, a seleção dos fornecedores mais adequados, segundo um conjunto de critérios julgados mais importantes pelos especialistas (ou gestores da área ou processo de gestão de abastecimento de uma empresa) em uma estrutura hierárquica. No entanto, este método, proposto por Saaty em 1970 (SAATY, 1980) não pressupunha a possibilidade de existência de relações (de causa e efeito ou não) entre os critérios de seleção dentro de um mesmo *cluster* (*loop*) ou mesmo um *feedback* entre os níveis da hierarquia proposta. A não consideração de relações entre os critérios de seleção podem incorrer em *trade-offs* que por sua vez podem distorcer o resultado final da decisão a ser tomada.

Para tanto, Saaty propôs um refinamento do método (SAATY, 2008) e passou a denominá-lo *Analytical Network Process* (ANP), possibilitando, por exemplo, que a seleção de fornecedores levasse em consideração possíveis relações entre os critérios de decisão, *clusters* e *feedbacks* entre os níveis de hierarquia (HSU; HU, 2009). No entanto, a delimitação das possíveis relações entre os critérios de decisão deveriam ser definidas a priori para o

---

<sup>1</sup> A revisão sistemática da literatura sobre métodos quantitativos utilizados para suportar a seleção de fornecedores sustentáveis será apresentada na forma de capítulo nesta dissertação.

<sup>2</sup> Essa combinação ocorre em métodos de diferentes tipos, além do MCDM, como métodos baseados em Inteligência Artificial, métodos baseados em Programação Matemática, entre outros.

emprego do ANP, formando-se uma rede. Essa definição das relações entre os critérios de decisão não é uma tarefa trivial.

Um método que permite a identificação de relações (que podem ser causais ou não) entre critérios de seleção de fornecedores é o DEMATEL (HSU et al., 2013). Este método pode ser definido como um modelo estrutural para mensurar relações entre os critérios de seleção de fornecedores, por exemplo. Ele auxilia também na estruturação da hierarquia de critérios quando essa é desconhecida (GABUS; FONTELA, 1972).

Dessa forma o uso integrado do DEMATEL e ANP tem sido explorado pela literatura de métodos multicritério para tomada de decisão (GÖLCÜK; BAYKASOGLU, 2016) em áreas variadas, mais especificamente na seleção de fornecedores (HSU; CHEN; CHIOU, 2011) ou na seleção de fornecedores verdes (LIOU et al., 2015).

Estes métodos de tomada de decisão multicritério vêm sendo amplamente utilizados com a incorporação da lógica *fuzzy* em sua álgebra matricial, incluindo assim a incerteza da decisão humana no processo (BARADARAN; SHAHMOHAMMAD; GEDAALI, 2013; BAYKASOGLU; DURMUSOGLU, 2014; SENVAR; TUZKAYA; KAHRAMAN, 2014; UYGUN et al., 2015).

No entanto, o uso integrado dos métodos DEMATEL e ANP, aliados à incorporação da lógica *fuzzy*, em problemas de seleção de fornecedores é mais frequente nos artigos que tratam exclusivamente da perspectiva verde ou ambiental (ABDOLLAHI; ARVAN; RAZMI, 2015; BAKESHLOU et al., 2014; BÜYÜKÖZKAN; ÇİFÇİ, 2012; CHAGHOOSHI; SAFARI; REZA FATHI, 2012; LEE et al., 2009).

Importante se faz ressaltar que a incorporação de múltiplas perspectivas (critérios) na seleção de fornecedores constitui um fator de complexidade no processo de análise e decisão, devido às prováveis relações (conflituosas ou não) entre as perspectivas de desempenho. A utilização combinada dos métodos DEMATEL-ANP (correlatos à incorporação da lógica *fuzzy*) minimiza essa complexidade e possibilita a escolha da melhor decisão na identificação do fornecedor que atenda aos critérios de desempenho da empresa situada na cadeia de suprimentos.

Para tanto, o desenvolvimento de um *framework* que descreva passo a passo a utilização combinada dos métodos *Fuzzy* DEMATEL e *Fuzzy* ANP, na seleção de fornecedores sustentáveis constitui fator de relevância científica e tecnológica.

Mediante a contextualização realizada, definiu-se como o objetivo central de pesquisa a proposição de um *framework* que descreva passo a passo a utilização combinada

dos métodos *fuzzy* DEMATEL e *fuzzy* ANP para a seleção de fornecedores sustentáveis e sua aplicação em um caso real.

Para o cumprimento deste objetivo principal, foi necessária a execução dos seguintes objetivos específicos:

- a) Elaborar uma revisão sistemática da literatura (DENYER; TRANFIELD, 2009) descritiva-explicativa (GANGA, 2012) que permitisse coletar, identificar, selecionar e avaliar criticamente os métodos multicritério adotados na seleção de fornecedores sustentáveis bem como os critérios e indicadores mais utilizados;
- b) Selecionar critérios e indicadores para o modelo de seleção de fornecedores sustentáveis;
- c) Explanar e detalhar o modelo com base no método de inferência *fuzzy*, utilizando a metodologia *fuzzy* DEMATEL e *fuzzy* ANP;
- d) Simular o modelo com base em exemplos consagrados e certificados na literatura;
- e) Aplicar o modelo desenvolvido em um caso real.

### 1.3 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

Para se tomar as decisões corretas em relação às escolhas acerca da pesquisa em questão, é necessário seguir uma sequência pré-estabelecida de decisões que podem mudar o caminho em que o projeto irá seguir, desta forma a pesquisa é considerada científica (FLEURY, 2012).

Segundo a proposta de Bertrand e Fransoo (2002) e Morabito Neto e Pureza (2012) esta pesquisa pode ser considerada como quantitativa empírica descritiva utilizando-se modelagem e simulação.

A pesquisa baseada em modelagem quantitativa pode ser classificada como uma abordagem de geração de conhecimento. Logo, a modelagem baseia-se na construção de modelos objetivos que explicam parte do comportamento dos processos operacionais reais ou podem capturar problemas de tomada de decisão rotineiros que são enfrentados pelos gestores das empresas (BERTRAND; FRANSOO, 2002).

Na literatura, há uma distinção entre modelagem quantitativa empírica e modelagem quantitativa axiomática. A pesquisa axiomática trata de um modelo idealizado, onde a principal questão do pesquisador é obter soluções para o modelo proposto, buscando-se esclarecer a estrutura do modelo, produzindo conhecimento sobre o comportamento de



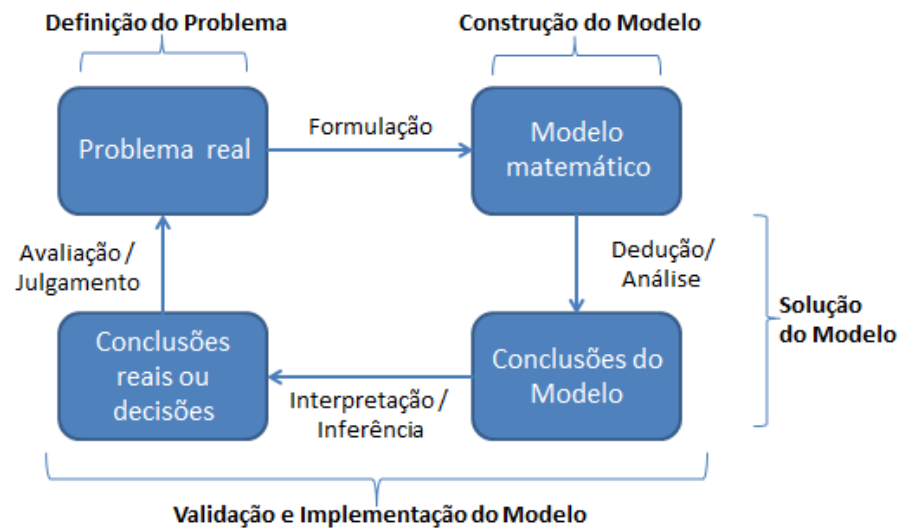
variáveis específicas pré-definidas. Já a pesquisa empírica tem como principal preocupação do pesquisador a garantia que exista adesão entre observações e ações na realidade e o modelo elaborado daquela realidade (BERTRAND; FRANSOO, 2002). Para Morabito Neto e Pureza (2012), diferente da pesquisa axiomática, a pesquisa empírica está principalmente interessada em criar modelos que se adequem às relações causais existentes no problema real.

A seleção de fornecedores sustentáveis pode ser classificada como uma modelagem quantitativa empírica, pois tem como objetivo principal o entendimento entre as relações causais das variáveis de escolha dos fornecedores sustentáveis com dados reais. Assim, segundo Bertrand e Fransoo (2002) a modelagem quantitativa empírica pode ser dividida entre descritiva e normativa. A pesquisa empírica descritiva é interessada em criar modelos que descrevem adequadamente as relações causais que podem existir na realidade, o que leva ao entendimento de processos reais. Já a pesquisa empírica normativa se interessa em desenvolver políticas, estratégias e ações que melhorem a situação atual. Mediante o exposto, a pesquisa neste trabalho retratada é classificada como uma modelagem quantitativa empírica descritiva, pois esta visa a descrição das relações entre as variáveis, buscando-se o entendimento destas e como isto afeta a realidade.

Morabito Neto e Pureza (2012) destacam que a modelagem define as variáveis de interesse e as relações matemáticas para descrever o comportamento relevante do sistema ou problema real, escolhendo quais variáveis (critérios) devem ser incluídas no modelo e define as relações causais entre estas, veja a Figura 2, que demonstra o passo a passo a ser seguido para a implantação do método de modelagem em uma pesquisa. A simulação a ser realizada pode ser caracterizada segundo as definições de Pidd (2004): estático, onde o tempo simplesmente não desempenha um papel importante na simulação; discreta, pois faz uso de variáveis desta natureza; e determinístico, que significa não conter variáveis aleatórias, mantendo um conjunto conhecido de entradas que resultarão em um conjunto de saídas. A simulação é necessária para reproduzir o modelo proposto e chegar aos resultados esperados. No sistema de inferência *fuzzy* normalmente são empregados softwares matemáticos para as simulações necessárias, como o MATLAB ®.

Sendo assim, para aplicar o modelo desenvolvido, após a simulação, este será empregado em casos reais, com entrevistas a gestores para o desenvolvimento do método e obter resultados condizentes com a realidade.

**Figura 2** – Processo do método de modelagem



**Fonte:** Adaptado de Morabito Neto e Pureza (2010).

#### 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A pesquisa está estruturada em cinco capítulos principais. O Capítulo 2 descreve o referencial teórico preliminar, incorporando conceitos de Sustentabilidade, Gestão da Cadeia de Suprimentos, Seleção de Fornecedores Sustentáveis, Métodos Multicritério, Método DEMATEL, Método ANP e Teoria dos conjuntos *Fuzzy*. O Capítulo 3 apresenta a Revisão sistemática da literatura realizada acerca dos métodos quantitativos utilizados na seleção de fornecedores verdes e sustentáveis. O modelo reestruturado pela pesquisa é detalhado no Capítulo 4. Sua aplicação e resultados de cada Fase do modelo são discutidos e apresentados no Capítulo 5. O Capítulo 6 expõe as conclusões acerca da pesquisa e possíveis trabalhos futuros. Para dar suporte à pesquisa, alguns apêndices foram elaborados. O Apêndice A exemplifica o método DEMATEL em um estudo de Shieh, Wu e Huang (2010). Já no Apêndice B, é mostrado o código em MATLAB® do exemplo anterior, desenvolvido pela atual pesquisa. O Apêndice C detalha um exemplo do método ANP, e sua codificação em MATLAB se encontra no Apêndice D. A lista de artigos pesquisados na revisão Sistemática no Capítulo 3 se encontra no Apêndice E. Os questionários utilizados para a aplicação da modelagem estão nos Apêndices F, G e H.

## CAPÍTULO 2 REFERENCIAL TEÓRICO PRELIMINAR

Este capítulo apresenta uma revisão teórica acerca da problemática delineada nesta pesquisa. Primeiramente faz-se necessário e inerente integrar o tema da Sustentabilidade, e sua diferenciação em relação a outros termos. Assim, na segunda Seção, aborda a questão da Gestão da Cadeia de Suprimentos Sustentável, destacando a seleção de fornecedores como uma atividade intrínseca ao processo de compras e este inerente à gestão do abastecimento na cadeia de suprimentos. Posteriormente são revisados os dois métodos multicritérios usados no modelo reestruturado nessa pesquisa, a saber, DEMATEL e ANP. Por fim, a teoria dos conjuntos *fuzzy* é tratada, dado que foi incorporada na álgebra dos métodos multicritérios utilizados no modelo para seleção de fornecedores sustentáveis.

### 2.1 SUSTENTABILIDADE

A pressão popular, o desenvolvimento da sociedade, o meio ambiente e políticas públicas fazem com que a sustentabilidade seja um dos termos atuais de maior importância nas pesquisas nas mais variadas áreas.

A palavra sustentabilidade é um termo complexo, conhecida como fazer uso dos recursos para satisfazer as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer suas próprias necessidades (WCED - *World Commission on Economic Development*, 1987).

A exigência de que os países apliquem políticas voltadas para o "desenvolvimento sustentável" ou a "sustentabilidade" tornou-se um apelo para muitos desde a definição apresentada. Alguns dos principais eventos podem reivindicar o estabelecimento desse princípio no cenário político. Além do já citado Relatório Brundtland (WCED, 1987), a Cúpula da Terra no Rio de Janeiro em 1992 e, mais recentemente, a Cúpula Mundial sobre desenvolvimento sustentável em 2002 (chamada de Rio +10) na cidade de Johannesburgo tiveram discussões sobre o termo e suas aplicações (ATKINSON; DIETZ; NEUMAYER, 2006).

Desta forma, este conceito resultou em inúmeras interpretações diferentes, como questões sobre emissões de poluentes, nível de exploração dos recursos, novas perspectivas e não só a ambiental, tipos de políticas para garantir a sustentabilidade, entre outras (LINTON; KLASSEN; JAYARAMAN, 2007). Contudo, a definição da WCED foca

na satisfação das necessidades humanas, mas não esclarece o que se entende por “necessidades”.

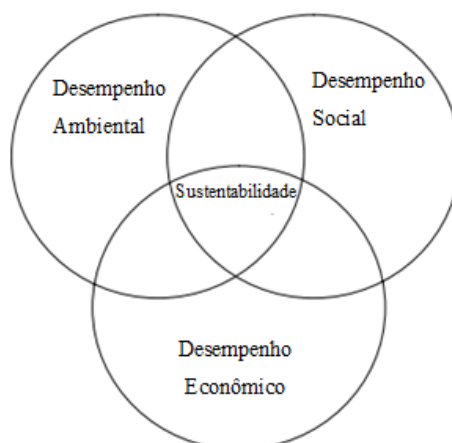
Assim, várias definições permeiam o termo sustentável. O termo ganhou destaque e começou a ser usado em uma vasta linha de pesquisa com a publicação da edição britânica de John Elkington “*Cannibals With Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*” (NORMAN; MACDONALD, 2004). Este trabalho faz uso do chamado *Triple bottom line (TBL)*, que divide o desempenho das organizações em três perspectivas: econômica, ambiental e social (ELKINGTON, 1997).

Cada uma destas perspectivas representa uma condição necessária, mas não suficiente; se algum dos princípios não for apoiado, o desenvolvimento econômico não será sustentável. Em extensa discussão e uso dos conceitos desde a definição citada, foi reconhecido o crescimento dos três aspectos da definição de TBL (BANSAL, 2005; HARRIS et al., 2001):

- Econômico: um sistema econômico sustentável deve ser capaz de produzir bens e serviços de forma contínua, manter níveis gerenciáveis de despesas e evitar desequilíbrios setoriais extremos que prejudiquem a produção agrícola ou industrial.
- Integridade Ambiental: um sistema ambientalmente sustentável deve manter uma base de recursos estável, evitando a exploração desmedida de sistemas de recursos renováveis, pois o ecossistema tem um limite de capacidade de regeneração. Isto inclui manutenção da biodiversidade, estabilidade atmosférica e outras funções do ecossistema que, normalmente, não são classificadas como recursos econômicos.
- Equidade Social: um sistema socialmente sustentável deve alcançar justiça na distribuição e oportunidades, provisão adequada de serviços sociais, incluindo saúde e educação, equidade de gênero e responsabilidade e participação política. Preza pela distribuição igualitária de recursos e oportunidades para todos os membros da sociedade.

A Figura 3 mostra onde o conceito de sustentabilidade se relaciona com o TBL, deixando claro que o conceito sustentável é a composição das três dimensões.

**Figura 3** - Sustentabilidade e o *Triple Bottom Line*



**Fonte:** Carter e Rogers (2008b).

Hersh (2006) considera o termo sustentável pelas suas 3 perspectivas, focando-se principalmente na ambiental e social. Este inclui na perspectiva social conceitos como, população e recursos, saúde e expectativa de vida, direitos humanos, educação, discriminação de gênero, desigualdades sociais, desemprego, entre outros. Mediante o impacto ambiental, o autor considera conceitos como poluição da água e do ar, o consumo de energia, a depredação de recursos naturais, a perda da biodiversidade, etc.

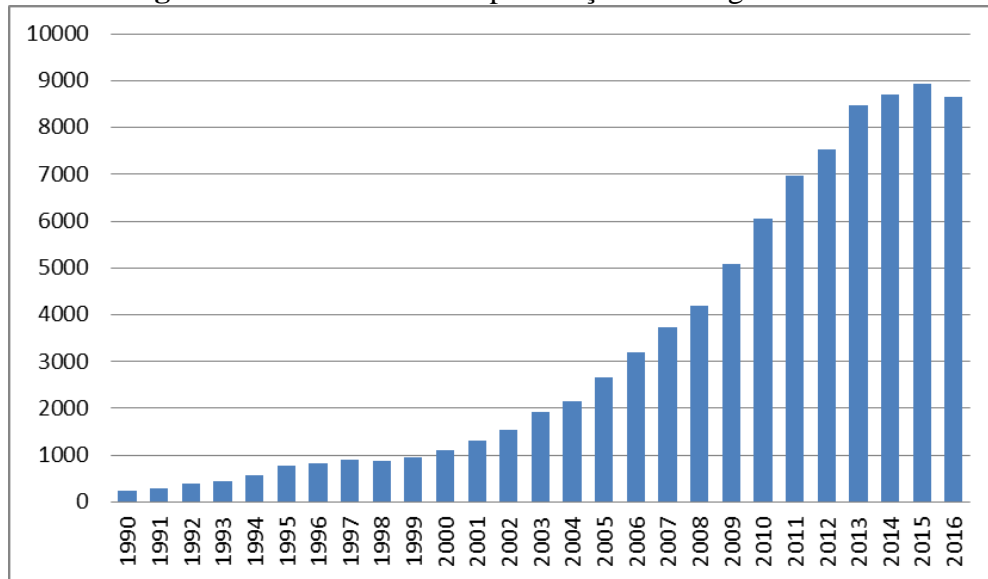
Assim quando as pesquisas querem enfatizar apenas o termo ambiental, utilizam a palavra “verde”, estudando-se nesta perspectiva critérios como poluição, gerenciamento ambiental, certificados, entre outros. Esta discussão será melhor vista na Seção 3.4.

Para a GRI (*Global Reporting Initiative* - instituição pioneira de relatórios de sustentabilidade) há vários motivos para que as empresas abordem o tema sustentável e desenvolvam relatórios sustentáveis para a sua empresa como: demonstrar compromisso e ser transparente, demonstrar capacidade de participar em mercados competitivos, planejar atividades, tornar-se mais sustentável e posicionar a empresa e seguir a legislação. Segundo dados da GRI, 92% das 250 maiores corporações do mundo fazem relatórios de sustentabilidade, mostrando assim a importância desta aplicação no cenário atual do mercado competitivo (GRI, [s.d.]).

As publicações envolvendo os conceitos “sustentabilidade” e “sustentável” também cresceram no decorrer dos anos, demonstrando o comprometimento da área acadêmica com o desenvolvimento e importância para a sociedade destes conceitos. A Figura 4 mostra um gráfico representativo do crescimento das publicações ao longo dos anos, resultando-se em um total de 90.162 artigos. Foi utilizada a base de dados Scopus, procurando-se as

palavras “Sustainable” ou “Sustainability”. O termo ‘sustentável’ aparece pela primeira vez em um artigo publicado em 1960.

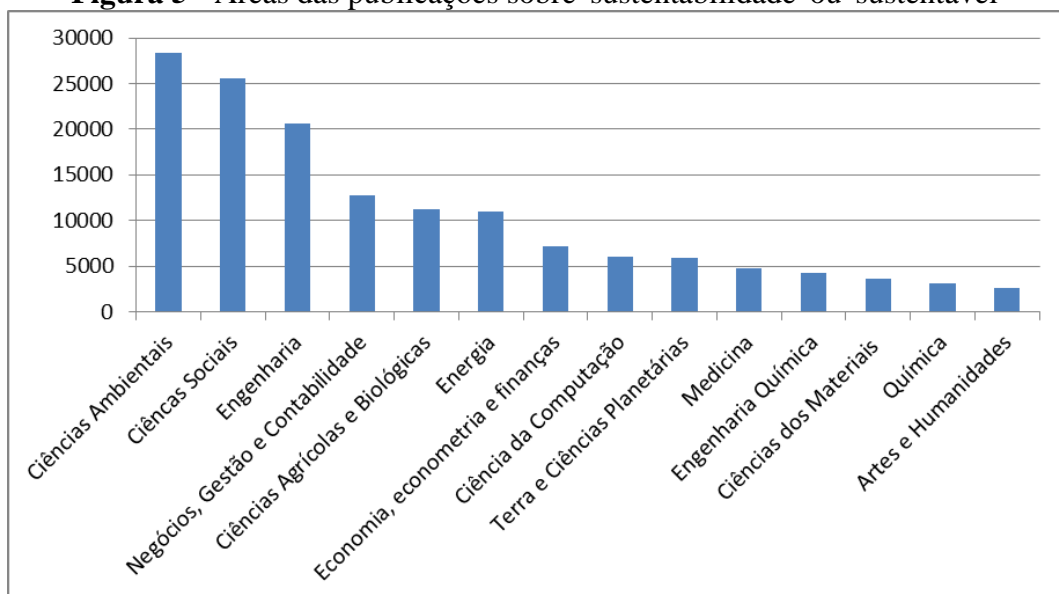
**Figura 4 - Crescimento das publicações ao longo dos anos**



Fonte: Desenvolvida pela autora.

A Figura 5 sumariza todas as áreas com mais publicações com os termos ‘sustentável’ e ‘sustentabilidade’. Nota-se uma grande diversidade de áreas, mostrando a natureza multidisciplinar dos termos. A próxima Seção aborda o termo sustentável juntamente com o conceito de seleção de fornecedores, foco deste trabalho.

**Figura 5 - Áreas das publicações sobre 'sustentabilidade' ou 'sustentável'**



Fonte: Desenvolvida pela autora.

## 2.2 SELEÇÃO DE FORNECEDORES SUSTENTÁVEIS

Os primeiros trabalhos<sup>3</sup> publicados em periódicos relacionando cadeia de suprimentos e a abordagem ambiental, denotada neste trabalho por “verde”, datam do período de 1994 a 1999 (HOEK, 1999; RIEBEL, 1999; SMITH, 1998; WEBB, 1994). O trabalho de Webb (1994) evidenciou, por exemplo, a consideração de critérios ambientais como parâmetros de compra de matéria prima. O termo Gestão da Cadeia de Suprimentos Verde (*green supply chain management*) aparece pela primeira vez como artigo de periódico em 2003, com o trabalho de Sarkis (2003). Neste e nos demais trabalhos que adotaram a temática da questão ambiental (verde) no âmbito da gestão da cadeia de suprimentos tinham o foco na busca de vantagens competitivas por meio da melhoria do desempenho ambiental, sem comprometer os resultados econômicos ou operacionais da empresa, ou da cadeia imediata, em que estava inserida.

O primeiro trabalho que aparece o termo “*sustainable supply chain*” é o de Stevenson, Jones e Macrae (2002) que discute problemas no processo de abastecimento considerando uma perspectiva em termos de desempenho mais ampla. Nesse sentido, o termo “sustentável”, mais abrangente, incorpora além da perspectiva ambiental ou verde, as perspectivas econômica e social (HACKING; GUTHRIE, 2008; HUBBARD, 2009; NORMAN; MACDONALD, 2004), fazendo alusão ao conceito do *triple bottom line* (ELKINGTON, 1997). A literatura levantada nas bases de dados considerou tanto a abordagem singular “verde”, denotando preocupação à questão ambiental, como uma perspectiva mais ampla, considerando o termo sustentabilidade na seleção de fornecedores. Contudo, como será evidenciado no Capítulo 3, em que foi realizado uma revisão sistemática da literatura sobre seleção de fornecedores verdes/sustentáveis, existe uma predominância de trabalhos que focam apenas a temática ambiental (verde), também ressaltado por Seuring e Müller (2008).

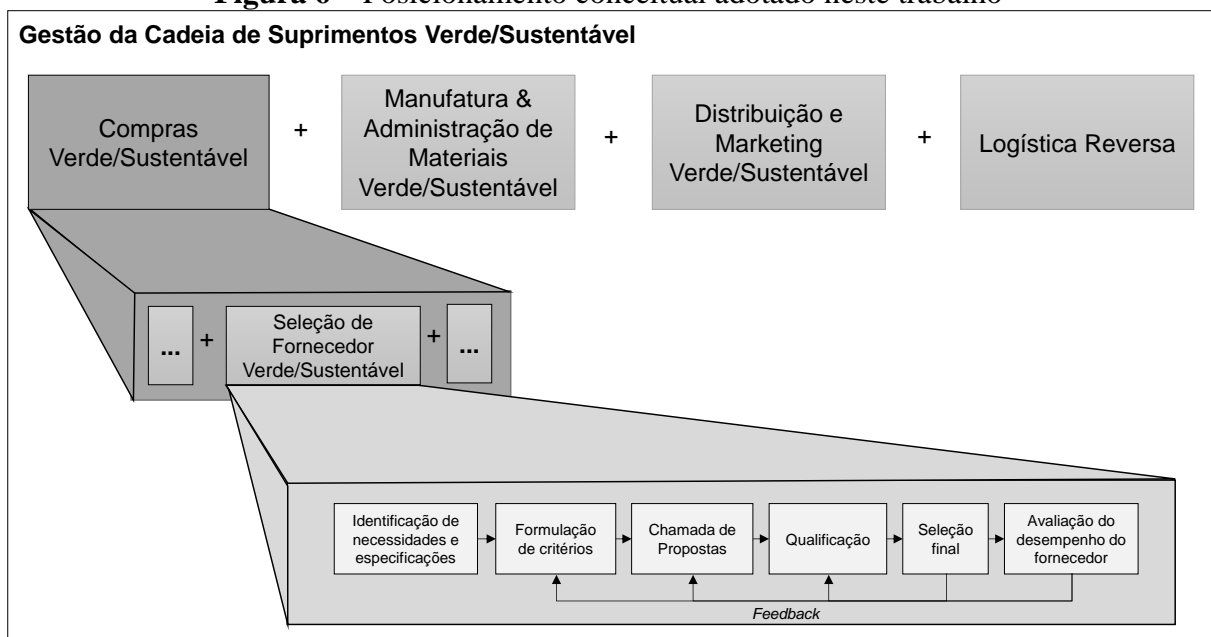
Hervani, Helms e Sarkis (2005) definem a gestão da cadeia de suprimentos verde como a incorporação da temática ambiental (verde) nas práticas, processos ou atividades relativas a compras, manufatura, administração de materiais, marketing & distribuição e a logística reversa. Neste trabalho adotou-se o mesmo conceito de Hervani, Helms e Sarkis (2005), porém considerando além da perspectiva ambiental, a visão mais

---

<sup>3</sup> Buscas nas bases de dados SCOPUS, Web of Science e Engineering Village, usando como chaves de busca o termo “*green supply chain*”, somente em artigos de periódicos e nos títulos destes.

abrangente denotada pelo termo “sustentável”. Além disso, considerou-se a forte relação entre compras verde e a seleção de fornecedores, ora como efeito de compras sobre a seleção de fornecedor (MIN; GALLE, 2001), ora a seleção de fornecedor como uma das atividades de compras verde (LIN; CHEN; TING, 2012; ZSIDISIN; SIFERD, 2001). A Figura 6 ilustra a hierarquia existente entre processo, subprocesso, atividade e tarefa, entre a gestão da cadeia de suprimentos, compras e seleção de fornecedores, respectivamente, numa perspectiva de desempenho verde/sustentável. Esta hierarquização foi adotada como posicionamento teórico-conceitual deste trabalho.

**Figura 6** – Posicionamento conceitual adotado neste trabalho



**Fonte:** Proposto pela pesquisa a partir de Hervani, Helms e Sarkis (2005), Min e Galle (2001), Zsidisin e Siferd (2001), Lin, Chen e Ting (2012) e Igarashi, De Boer e Fet (2013).

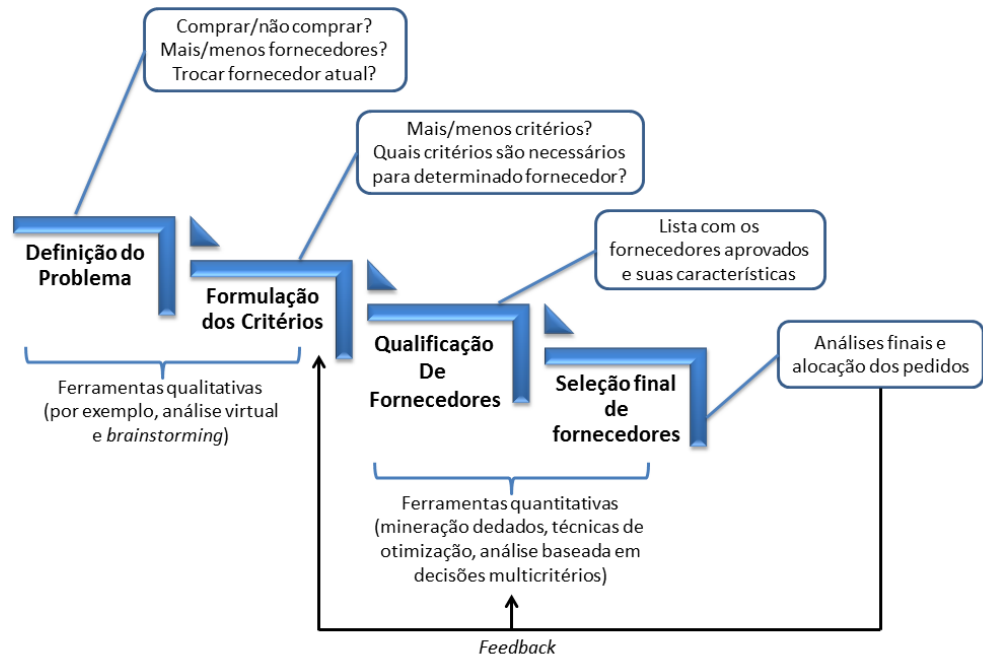
A seleção de fornecedores é composta de um conjunto de atividades, que varia de empresa para empresa, mas geralmente ela se inicia pelo processo de identificação de necessidades. Após os compradores definirem os critérios de desempenho dos fornecedores potenciais, uma chamada é realizada junto aos mesmos. A seleção é realizada após o envio e a revisão da documentação enviada pelos candidatos a fornecedores. Nesta etapa, geralmente ocorrem várias iterações, e a escolha final é feita a partir de um número de fornecedores pré-qualificados. Em algumas empresas, pode ocorrer uma avaliação posterior do desempenho dos fornecedores (COUSINS et al., 2008; DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; IGARASHI; DE BOER; FET, 2013; VAN WEELE, 2010).

De maneira muito similar ao processo de seleção de fornecedores ilustrado na Figura 6, De Boer, Labro e Morlacchi (2001) e Igarashi, De Boer e Fet (2013) relacionam



ainda o uso de ferramentas que apoiem cada uma das etapas, conforme pode ser observado na Figura 7.

**Figura 7** – Tipologias de ferramentas usadas na seleção de fornecedores



**Fonte:** Adaptado de De Boer, Labro e Morlacchi (2001) e Igarashi, De Boer e Fet (2013).

Nas etapas “definição do problema” e “formulação dos critérios” são utilizadas basicamente ferramentas qualitativas (como por exemplo, análise virtual, *brainstorming*, etc.), enquanto que nas etapas “Qualificação de fornecedores” e “Seleção final de fornecedores” são utilizadas ferramentas quantitativas, como garimpagem de dados, programação matemática, inteligência artificial, métodos multicritério, entre outras.

Esta pesquisa foca predominantemente no desenvolvimento de um modelo híbrido *Fuzzy DEMATEL-ANP* que apoie as tarefas “qualificação de fornecedores” e “seleção final de fornecedores”. Tais ferramentas são consideradas métodos quantitativos, mas são capazes de lidar com situações-problema típicas da seleção de fornecedores, como por exemplo, existência de critérios qualitativos, conflitos entre critérios, subjetividade entre outros aspectos.

A seleção de fornecedores com perspectivas verdes/sustentáveis difere da seleção tradicional de fornecedores pelo uso de outras dimensões na seleção de fornecedores, como por exemplo, a ambiental e a social, além das tradicionais perspectivas econômica e operacional. Para tanto, se faz necessário, levantar os critérios de seleção mais usados na seleção de fornecedores.

Pesquisas sobre a seleção de fornecedores são abundantes. As primeiras publicações podem ser rastreadas até a década de 1960. Porém, os termos verde e sustentável são recentes no quadro de desenvolvimento de pesquisas sobre o assunto.

Diante do conceito de sustentabilidade, Seuring e Müller (2008) apresentam que critérios econômicos estão intrinsicamente ligados nas esferas ambientais e sociais, e separaram em três categorias: “ambientais”, “sociais” e “ambientais e sociais” conjuntamente, categoria esta que chamaram de sustentável. Os autores relatam que a maioria dos artigos (140 de 191) aborda conceitos ambientais, mas apenas uma pequena parte (31 de 191) adota o conceito sustentável na escolha do fornecedor. O conceito social é abordado em apenas 20 artigos de 191.

Bai e Sarkis (2010) apresentam um estudo pioneiro de seleção de fornecedores, utilizando o termo sustentável com as três dimensões (econômicas, ambientais e sociais) e listam uma série de critérios e medidas que podem ser consideradas inclusas nestas métricas. A **dimensão econômica** foi subdividida em duas perspectivas: *desempenho estratégico e fatores organizacionais*. Dentro do *desempenho estratégico*, existem critérios macro como “Custo”, “Qualidade”, “Tempo” (incluindo tempo de entregas, tempo de desenvolvimento de produtos, entre outros), “Flexibilidade” e “Inovação”; já nos *fatores organizacionais* foram abordados macro critérios como “Cultura”, “Tecnologia” e “Relacionamento”. A **dimensão ambiental** também foi subdividida em duas perspectivas: *práticas ambientais e desempenho ambiental*. Dentro das *práticas ambientais* são inclusos os fatores de “Controle de poluição”, “Prevenção da poluição” e “Sistema de gerenciamento ambiental”; no *desempenho ambiental* encontra-se os critérios de “Consumo de recursos” e “Poluição da produção”. A **dimensão social** se subdividiu em *perspectivas sociais internas, perspectivas sociais externas*. Nas *perspectivas sociais internas* encontram-se “Práticas de contratação” e “Saúde e segurança”; já na *perspectiva social externa* encontram-se “Influência das comunidades locais”, “Influência de contratos com *stakeholders*” e “Outras influências de *stakeholders*”.

Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2013) elaboram um panorama da arte da seleção de fornecedores tradicionais, mais voltados para as dimensões operacionais e econômicas. Segundo os autores, há grande incidência de critérios relacionados ao potencial do fornecedor em inovar e desenvolver produtos conjuntamente, como, por exemplo, “nível de tecnologia”, “poder financeiro” e “crescimento em conjunto”. Critérios abordando conceitos de qualidade e custos, como “abordagem gerencial”, “habilidades de identificar

necessidades”, “flexibilidade” e “localização geográfica”, também são abundantes e denotam extrema importância na seleção de fornecedores tradicionais.

Lee et al. (2009) incluem apenas o termo verde na seleção de fornecedores, apresentando um estudo precursor sobre o tema em uma indústria de alta tecnologia. Estes dividiram os critérios em duas partes: Avaliação tradicional de fornecedores e Avaliação verde de fornecedores. Dentro da avaliação tradicional de fornecedores foram abordados os macro critérios de “qualidade”, “financeiro”, “organização”, “capacidade de tecnologia”, “serviço”, “custo total do ciclo de vida do produto”, “imagem verde”, “controle de poluição” e “gerenciamento ambiental”. Já na perspectiva verde de avaliação foram adotados os macro critérios de “qualidade”, “capacidade de tecnologia”, “custo total do ciclo de vida”, “imagem verde”, “gerenciamento ambiental”, “produto verde” e “competências verdes”. Percebe-se que alguns dos critérios possuem a mesma denominação, mas o enfoque e interpretação é diferente de acordo com os subcritérios tradicionais e verdes sugeridos na pesquisa.

Desta forma, em quadros sustentáveis, os critérios são subjetivos e divergentes, na maioria das vezes. Como por exemplo, um produto de baixo custo (perspectiva econômica), terá uma qualidade menor (perspectiva operacional) e, conseqüentemente uma imagem verde mais deficiente (perspectiva ambiental). Assim, incertezas e *trade-offs* são inerentes no processo de seleção de fornecedores.

Um *trade-off* representa uma relação de incompatibilidade, em que a melhoria de uma dimensão necessariamente leva a uma perda em outra (PIRES, 2007). Sendo assim, em nível organizacional, a seleção de fornecedores é um problema complexo que inclui vários tipos de *trade-offs* quando precisa-se escolher a melhor opção diante de vários critérios envolvidos, principalmente com a característica sustentável.

No entanto, as escolhas acerca dos fornecedores não são triviais e, de acordo com Reuter, Goebel e Foerstl (2012), tomando como base o conceito do *triple bottom line* (TBL), as organizações precisam tomar decisões conscientes à medida que as empresas focam nos conceitos de sustentabilidade, ou seja, precisam tomar decisões conscientes acerca de aspectos sociais, ambientais e econômicos. Estas escolhas são um dilema que profissionais de compra precisam enfrentar: o *trade-off* entre os objetivos potencialmente conflitantes de redução de custos e práticas éticas empresariais em alinhamento com objetivos não econômicos da organização.

Van der Rhee, Verma e Plaschka (2009) propõem o entendimento dos *trade-offs* com uma abordagem econométrica na seleção de fornecedores focando nos critérios mais

tradicionais, como flexibilidade, entrega, serviços e valor agregado ao produto. Os dados empíricos para este estudo foram coletados de organizações de manufatura de perfis de alumínio da Europa (Alemanha, França, Itália e Reino Unido), continham conjuntos de escolha entre 16 fornecedores que compararam 23 atributos. Encontraram que a variável flexibilidade é a mais considerada pelos gestores, seguida pela variável custo.

Desta forma, métodos de análise multicritério ajudam a encontrar e analisar os critérios mais relevantes de acordo com as necessidades de cada empresa, entendendo os *trade-offs* entre as dimensões sustentáveis.

### 2.3 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

A tomada de decisão é extremamente intuitiva quando considera-se apenas um critério de um problema, onde tem-se que escolher a melhor alternativa. Entretanto, quando tomadores de decisão querem escolher a melhor alternativa diante várias, múltiplos critérios (usualmente conflitantes), qualitativos ou quantitativos, com mais de um problema, e levando em consideração pesos diferentes, é inerente afirmar que a tomada de decisão se tornará mais complexa e é preciso fazer uso de métodos mais sofisticados, para assegurar alta efetividade e baixo risco (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004; HWANG; YOON, 1981; KAHRAMAN, 2008; TZENG; HUANG, 2011; YAZDANI, 2014).

Até a primeira metade do século XX, utilizava-se basicamente a esperança matemática para a tomada de decisões em condições aleatórias; porém, em muitas situações o risco era muito alto. Com o fim da Segunda Guerra Mundial, com o avanço dos problemas logísticos militares, um grande número de organizações de pesquisa dedicou-se à análise e à preparação de decisões, surgindo a Pesquisa Operacional para a otimização de recursos. Desta forma, a partir da década de 1970 começaram a surgir os primeiros métodos de apoio ou auxílio multicritério para a tomada de decisão, com o intuito de enfrentar situações específicas com vários objetivos e critérios a serem levados em consideração (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004).

Nos problemas de tomada de decisão multicritério (*Multiple Criteria Decision-Making* – MCDM), alternativas relevantes são avaliadas de acordo com o número de critérios. Estas decisões são afetadas por vários fatores, como tempo disponível para decidir, qual a disponibilidade das informações, qual a importância das decisões, as opiniões dos gestores e se essas opiniões divergem ou convergem (KLIR; BO, 1995).

Para que a maioria dos fatores mencionados sejam levados em consideração, para se ter uma decisão mais assertiva, o processo de tomada de decisão envolve uma série de passos. O primeiro passo que precisa ser feito é identificar o problema e as variáveis que influenciam na decisão. Posteriormente é preciso construir preferências e estabelecer os critérios que agreguem valor à decisão, levando em consideração sua natureza; avaliar alternativas com atribuição de pesos, ou não, e determinar a melhor escolha para garantir que o objetivo seja atingido. Também é importante determinar previamente quais os tipos de decisões a serem tomadas e o número de tomadores de decisões, fazendo com que o problema a ser resolvido seja o mais completo possível, refletindo a realidade (DE BOER; WEGEN; TELGEN, 1998; GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004; SHIMIZU, 2006; TZENG; HUANG, 2011).

Para facilitar esta análise sistemática de critérios, foi sugerido que os problemas MCDM fossem divididos em duas categorias principais: tomada de decisão multiobjetivo (*Multiple Objective Decision Making – MODM*) e tomada de decisão multiatributo (*Multiple Attribute Decision Making – MADM*) (HWANG; YOON, 1981; KAHRAMAN, 2008; TZENG; HUANG, 2011).

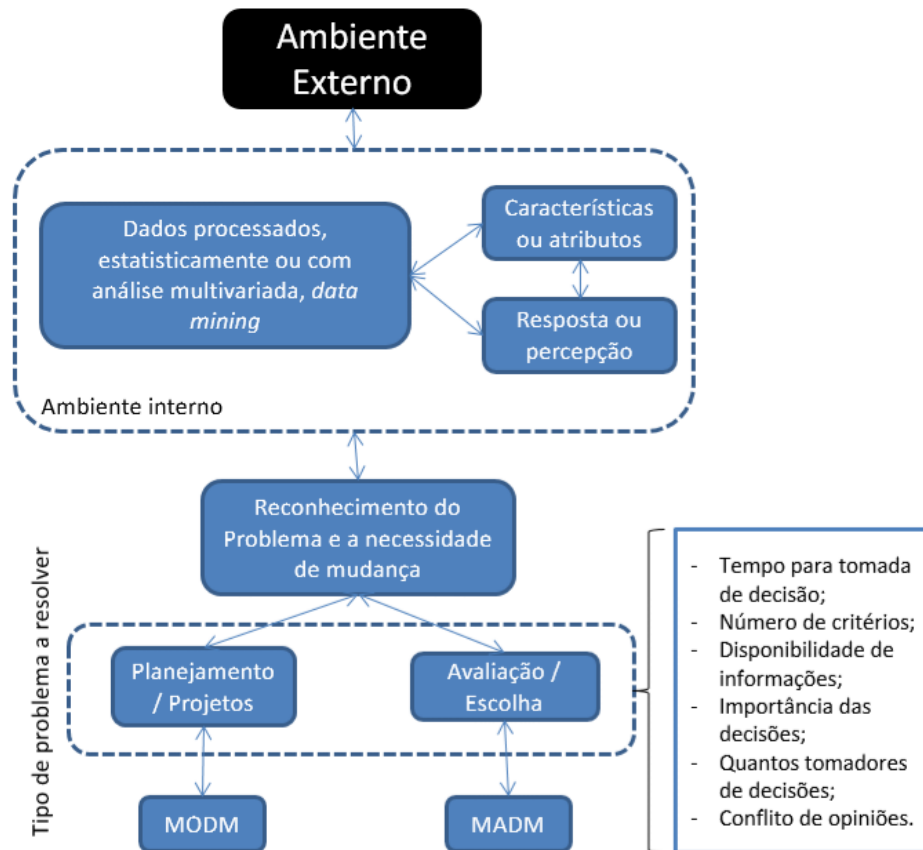
Para Hwang e Yoon (1981), os problemas do tipo MODM são voltados para projetos, em que as alternativas não são pré-determinadas, mas pode-se encontrar a melhor alternativa considerando as várias interações dentro das restrições do projeto que correspondem aos níveis aceitáveis dos tomadores de decisão. Também é necessária uma função objetivo para atingir os melhores resultados. As características comuns de um MODM são: um conjunto de objetivos quantificáveis, um conjunto bem definido de restrições e um processo de obtenção de algumas informações de *trade off* entre os objetivos quantificáveis e não quantificáveis.

Já os problemas MADM são limitados, ou seja, têm um número pré-determinado de alternativas. Associados a essas alternativas, existem atributos, não necessariamente quantificáveis, com base nos quais a decisão deve ser feita. A seleção final da melhor alternativa é feita com comparações entre estes atributos que podem ser classificados e agrupados (HWANG; YOON, 1981; TZENG; HUANG, 2011).

A Figura 8 demonstra o processo de seleção do método multicritério, onde o ambiente externo influencia no ambiente interno, reconhecendo assim o problema e a necessidade de mudança. Este problema pode ser resolvido com a elaboração de um projeto

(e/ou planejamento) ou com a escolha (e/ou avaliação) de critérios. Desta forma, a melhor opção para a solução do problema é escolhida.

**Figura 8** – Processo de escolha e desenvolvimento MCDM



**Fonte:** Proposto pela autora a partir de Gomes, Araya, Carignano (2004); Hwang, Yoon (1981); Kahraman (2008) e Tzeng, Huang (2011).

Assim, diante dos conceitos expostos, pode-se afirmar que os métodos utilizados na presente pesquisa são do tipo MADM, por tratar de seleção de fornecedores utilizando a visão sustentável, com múltiplos critérios e análises, levando em consideração mais de um tomador de decisão. Dentro do MADM, existem alguns métodos de decisão para a seleção de fornecedores. Para um melhor entendimento destes, foi elaborada uma revisão sistemática da literatura, apresentada no Capítulo 3. Desta forma, a próxima Seção aborda um dos métodos de decisão utilizados nesta pesquisa, explicando seu passo a passo e expondo um exemplo prático contemplado pela literatura.

### 2.3.1 DEMATEL (*Decision-making Trial and Evaluation Laboratory*)

A natureza subjetiva dos critérios de decisão faz com que técnicas estatísticas, métodos de decisão multicritério, inteligência artificial, entre outras técnicas, sejam exploradas para elaboração de modelos para este tipo de escolha. Assim, a ferramenta *Decision-making Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) é apropriada para ajudar as empresas a tomarem a decisão mais apropriada diante dos critérios pré-especificados.

No final de 1971, o DEMATEL foi empregado pela primeira vez por Fontela e Gabus pelo Instituto Memorial Battelle de Genebra no Programa de Ciência e Assuntos Humanos para um problema com estrutura e problemática complexa. Usando-se este método, pode-se extrair inter-relações quantitativas entre múltiplos fatores para se resolver um problema (FALATOONITOOSI et al., 2013; GHARAKHANI et al., 2014; PANAHI FAR, 2015; SUMRIT; ANUNTAVORANICH, 2012).

O DEMATEL analisa as dependências entre fatores e permite a elaboração de relações de causa e efeito entre os critérios de um modo estrutural, ou seja, admite criar uma hierarquia, ou rede, entre os critérios e *clusters* quando esta não é conhecida. Para se conseguir estas relações, especialistas são entrevistados para se obter: (a) o nível de relacionamento que um elemento  $i$  exerce sobre outro elemento  $j$  e (b) o nível de relacionamento que um elemento  $j$  recebe de outro elemento  $i$  (GABUS; FONTELA, 1972; NEVES et al., 2011).

Com uma pesquisa na base de dados Scopus, procurando a palavra DEMATEL nos títulos dos artigos, obteve-se 221 resultados, entre métodos combinados e utilizando-se apenas o DEMATEL. Dentre os resultados que fizeram uso apenas do método DEMATEL, foram encontradas diversas análises em diversas áreas (destacando-se dos mais citados para os menos citados), como a avaliação de aprendizado online (TZENG; CHIANG; LI, 2007), a identificação de fatores de sucesso de qualidade de um hospital (SHIEH; WU; HUANG, 2010), a comparação de *clusters* industriais em várias localidades (LIN; TZENG, 2009), o desenvolvimento de um modelo de gerenciamento de carbono na seleção de fornecedores em uma cadeia de suprimentos verde (HSU et al., 2013), a integração das percepções de qualidade de serviço em um hotel (TSENG, 2009a), entre outros diversos. Como pode-se notar, as aplicações são vastas e o conteúdo é diverso, fazendo com que o DEMATEL seja empregado em inúmeros campos de pesquisa.

É importante destacar que, para as avaliações qualitativas, os gestores precisam mensurar suas escolhas de acordo com os critérios escolhidos para a solução do problema abordado. Para isto, é utilizada uma escala qualitativa categórica ordinal, com termos linguísticos, para expressar diferentes graus de influência ou causalidades. Estes termos podem ser escolhidos pelo pesquisador, e a maioria dos trabalhos que abordaram o método DEMATEL utiliza uma escala numérica de 0 a 4 para representar os termos linguísticos escolhidos para a pesquisa. O Quadro 1 mostra um exemplo de variáveis linguísticas abordadas e a escala numérica correspondente. Os termos do Quadro 1 podem ser listados a seguir: Influência Muito Alta (VH), Alta Influência (H), Baixa Influência (L), Muito Baixa Influência (VL) e Nenhuma Influência (NO) (FALATOONITOOSI; AHMED; SOROOSHIAN, 2014; FALATOONITOOSI et al., 2013; HSU et al., 2013; LEE et al., 2013; LIN; TZENG, 2009; SUMRIT; ANUNTAVORANICH, 2012; TZENG; CHIANG; LI, 2007).

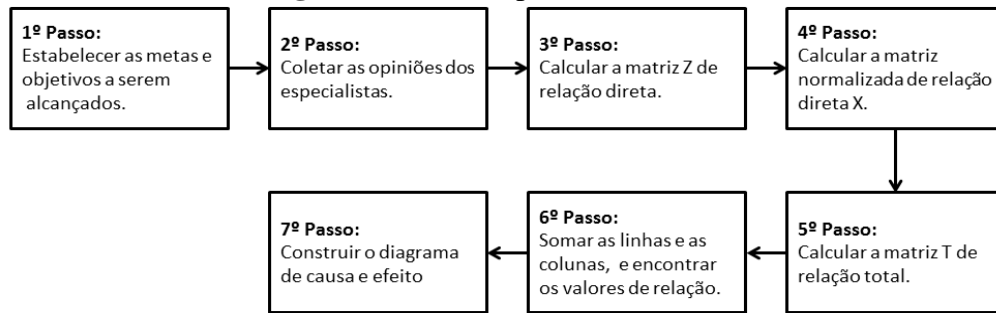
**Quadro 1** – Os correspondentes termos linguísticos

| <b>Termos Linguísticos</b> | <b>Código</b> | <b>Números Representativos</b> |
|----------------------------|---------------|--------------------------------|
| <i>Very High Influence</i> | VH            | 4                              |
| <i>High Influence</i>      | H             | 3                              |
| <i>Low Influence</i>       | L             | 2                              |
| <i>Very Low Influence</i>  | VL            | 1                              |
| <i>No Influence</i>        | NO            | 0                              |

**Fonte:** Desenvolvido pela autora.

A Figura 9 descreve as etapas para execução do referido método (AMIRI et al., 2011; FALATOONITOOSI; AHMED; SOROOSHIAN, 2014; FALATOONITOOSI et al., 2013; HSU et al., 2013; LEE et al., 2013; LIN; TZENG, 2009; SHIEH; WU; HUANG, 2010; SHIMIZU, 2010; SUMRIT; ANUNTAVORANICH, 2012; TZENG; CHIANG; LI, 2007; WANG et al., 2012; WU; TSAI, 2011; WU; CHANG, 2015; WU et al., 2013) definido como segue:



**Figura 9** – Passo a passo DEMATEL

**Fonte:** Adaptado de Sumrit e Anuntavoranich (2012).

- 1º Passo: Identificar as metas de decisões com um comitê. Tomadores de decisão de um processo devem definir as metas, as informações relevantes, gerando diferentes alternativas, com suas respectivas vantagens e desvantagens, selecionando opiniões alternativas;
- 2º Passo: No passo anterior são selecionados  $n$  fatores e/ou critérios para se resolver o problema em questão. Este grupo, de  $p$  especialistas, é questionado sobre o grau de influência direta que o fator  $i$  afeta no fator  $j$  (os termos das linhas em relação às colunas) de acordo com o Quadro 1, sempre de par em par. A Figura 10 exemplifica uma matriz de relação direta preenchida por um especialista;

**Figura 10** – Exemplo de matriz criada por um especialista

|                  | O <sub>1</sub> | O <sub>2</sub> | O <sub>3</sub> | ... | O <sub>j-2</sub> | O <sub>j-1</sub> | O <sub>j</sub> |
|------------------|----------------|----------------|----------------|-----|------------------|------------------|----------------|
| O <sub>1</sub>   | -              | VL             | LO             | ... | VL               | L                | NO             |
| O <sub>2</sub>   | VH             | -              | LO             | ... | L                | L                | VH             |
| O <sub>3</sub>   | VL             | L              | -              | ... | L                | NO               | VL             |
| ...              | ...            | ...            | ...            | ... | ...              | ...              | ...            |
| O <sub>i-2</sub> | H              | H              | VL             | ... | -                | NO               | L              |
| O <sub>i-1</sub> | L              | H              | VH             | ... | H                | -                | L              |
| O <sub>i</sub>   | VH             | VH             | L              | ... | VL               | VH               | -              |

**Fonte:** Desenvolvido pela autora.

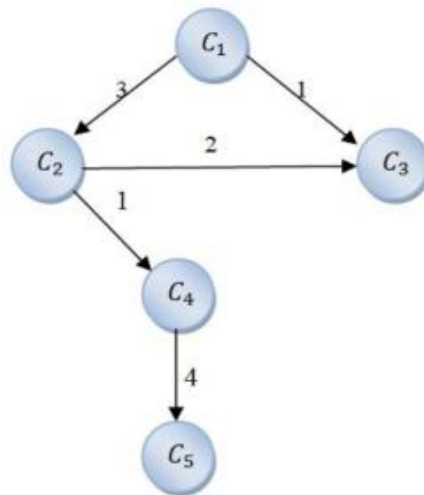
- 3º Passo: Transformar os valores linguísticos em termos numéricos, segundo o Quadro 1. Depois disso, fazer a média (1) entre os valores dos especialistas entrevistados, criando a matriz  $Z$  de relação direta, sendo  $z_{ij}$  os itens da matriz  $Z$ ,  $z_{ij}^p$  o valor representado pelos termos numéricos de cada especialista e  $p$  é igual ao número de especialistas entrevistados.

$$z_{ij} = \frac{z_{ij}^1 + z_{ij}^2 + z_{ij}^3 + \dots + z_{ij}^p}{p} \quad (1)$$

Formando a chamada matriz de relação direta inicial  $Z$ , representada em (2), indicando os efeitos diretos iniciais que cada critério exerce e recebe de outros critérios. Além disso, neste passo, obtém-se o efeito causal entre cada par de parâmetros, assim pode-se criar um mapa de influência para melhor entender os critérios e suas relações de acordo com os especialistas, veja a Figura 11 que ilustra uma rede de relacionamentos entre 5 critérios.

$$Z = \begin{pmatrix} 0 & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & 0 & \dots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

**Figura 11** – Exemplo de mapa da rede de influências



**Fonte:** Falatoonitoosi et al. (2013).

- 4º Passo: Calcular a matriz normalizada de relação direta  $D$ , em (3), onde  $D=[d_{ij}]$ , utilizando as fórmulas (4), (5) e (6). Desta forma, todos os valores precisam estar entre 0 e 1.

$$D = \begin{pmatrix} d_{12} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{12} & \dots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$s = \frac{1}{\max \left( \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n z_{ij} \right)} \quad (4)$$

$$D = [d_{ij}] = [s \times z_{ij}], \text{ para } (s > 0 \text{ e } i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

$$\lim_{m \rightarrow \infty} D^m = [0]_{n \times n}, \text{ onde } D = [d_{ij}] \quad (6)$$

Dada a matriz  $Z$  (2), os componentes de cada linha  $i$  são somados ( $\sum_{j=1}^n z_{ij}$ ). Esta soma representa o efeito direto total que cada fator em  $i$  **exerce** nos fatores em  $j$ . Desta forma, dentre todas as somatórias resultantes, o maior valor ( $\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}$ ) representa o fator  $i$  que **mais influencia** nos fatores em  $j$ . Por conseguinte, a soma dos componentes de cada coluna de  $Z$  ( $\sum_{i=1}^n z_{ij}$ ) traduz os efeitos diretos **recebidos** dos fatores  $i$  por cada fator  $j$ . Ou seja, o valor máximo das somas das colunas ( $\max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n z_{ij}$ ) representa o fator  $j$  que **mais recebe influência** dos fatores  $i$ .

- 5º Passo: Posteriormente, a matriz de relação total  $T$  (8) é calculada, segundo a fórmula 7. A letra ' $T$ ' indica uma matriz identidade, da mesma ordem que a matriz  $D$ , já calculada no passo anterior.

$$T = D(I - D)^{-1} \quad (7)$$

$$T = [t_{ij}], \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

- 6º Passo: Obter os valores normalizados do relacionamento total:

A Equação 9 calcula o vetor  $w$ . Este vetor representa o valor do relacionamento total, direto e indireto, que o fator  $i$  exerce sobre os outros fatores, ou seja, é a soma dos elementos da linha  $i$  em  $T$  (7). A Equação 10 calcula o vetor  $v$ , o qual representa o valor do relacionamento total que o fator  $j$  recebe dos outros fatores, ou seja, é a soma da coluna  $j$ , transposta  $[v_j]'$ , para que esta fique no mesmo formato do vetor  $w$ .

$$W = [w_i]_{n \times 1} = \left( \sum_{j=1}^n t_{ij} \right)_{n \times 1} \quad (9)$$

$$V = [v_j]'_{1 \times n} = \left( \sum_{i=1}^n t_{ij} \right)'_{1 \times n} \quad (10)$$

Calculados (9) e (10), a soma e subtração dos dois vetores é executada. Assim, quando  $j = i$ ,  $(w_i + v_i)$  fornece uma medida da força de influência dada e recebida, isto é  $(w_i + v_i)$  mostra o grau de importância que o fator  $i$  desempenha no problema. Já na subtração, se  $(w_i - v_i)$  for positivo, o fator  $i$  está afetando outros fatores, e se  $(w_i - v_i)$  for negativo, este fator  $i$  está sendo influenciado pelos outros fatores. Desta forma o fator  $(w_i + v_i)$  é chamado de “Importância” e o fator  $(w_i - v_i)$  é chamado de “Relação”.

- 7º Passo – Construir o diagrama da relação de causa e efeito

Para esta análise, a maioria dos autores recomenda fazer um diagrama causal. Este é construído com o eixo horizontal ( $x$ ) sendo os valores de  $(w_i + v_i)$  com o nome de ‘Importância’ (RDI – Relação de Importância) e o eixo vertical ( $y$ ) com os valores de  $(w_i - v_i)$  com o nome de ‘Relação/Impacto’ (RDR – Relação de Dependência/Impacto). O eixo ‘Importância’ mostra quão relevante são os fatores, enquanto o eixo vertical pode ser dividido em dois grupos: grupo das causas e grupo dos efeitos. Quando  $(w_i - v_i)$  é positivo, o fator pertence ao grupo ‘causas’, caso contrário, o fator pertence ao grupo ‘efeitos’. Assim, diagramas de relação causa e efeito permitem visualizações entre as relações causais complexas de fatores em um modelo estrutural visível, fornecendo informações valiosas para a solução de problemas. Além disso, com a ajuda de um diagrama causal, podemos tomar decisões adequadas ao reconhecer a diferença entre os fatores estudados e sua influência no problema a ser resolvido.

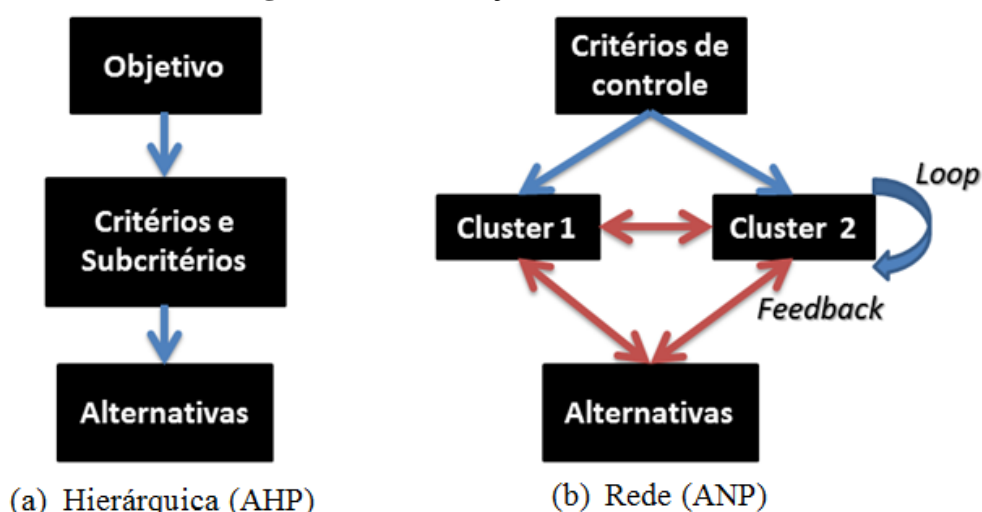
Além da apresentação do passo a passo demonstrado acima, se encontra no Apêndice A um exemplo prático da aplicação do método DEMATEL, para melhor entendimento deste. A programação em MATLAB® do exemplo explicado no Apêndice A se encontra no Apêndice B.

### 2.3.2 ANP (*Analytic Network Process*)

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é uma teoria de medida relativa com escalas absolutas para critérios tangíveis e intangíveis baseados no julgamento de especialistas ou aqueles que tenham o conhecimento (SAATY, 2005). Este método foi desenvolvido por Saaty em 1970 com a finalidade de escolher a melhor opção dentre muitas (análise multicritério - MADM) matematicamente. O AHP utiliza o princípio da decomposição

hierárquica do problema, sendo os critérios independentes entre si (JHARKHARIA; SHANKAR, 2007; SAATY, 2003). Desde a introdução do método, inúmeras aplicações foram desenvolvidas, mas precisava-se de mais opções para problemas mais complexos e sistemáticos. Então, surgiu o ANP (*Analytic Network Process*), também desenvolvido por Saaty, utilizado onde a estrutura hierárquica não poderia ser aplicada, pois havia interações entre os critérios e *clusters*, incluindo também *feedbacks* de relações (RAVI; SHANKAR; TIWARI, 2005; SAATY; VARGAS, 2006; SAATY, 1980, 1996). A Figura 12 mostra a diferença entre a estrutura hierárquica (12a), utilizada no AHP, e a estrutura em rede (12b) utilizada no ANP.

**Figura 12 - Diferença entre AHP e ANP**



**Fonte:** Desenvolvida pela autora.

Para encontrar os *tradeoffs* entre os muitos objetivos e muitos critérios, os julgamentos são, usualmente, feitos em termos qualitativos. Para isto, deve-se fazer comparações par a par de uma forma científica e cuidadosamente projetada, pois o ANP tem uma estrutura não linear, representando problemas reais, podendo ser analisados em um problema sobre benefícios, oportunidades, custos e riscos. Assim, foi desenvolvida a Escala Fundamental de Saaty, que indica uma escala com números correspondentes aos termos utilizados para os julgamentos, veja Tabela 1. Estes julgamentos são transferidos para matrizes, fazendo com que o elemento  $i$  seja comparado com o elemento  $j$ . Quando a influência for ao contrário (o elemento  $j$  influenciando em  $i$ ), utiliza-se o inverso do número correspondente (RAVI; SHANKAR; TIWARI, 2005; SAATY, 2005; YÜKSEL; DAGDEVIREN, 2007; YURDAKUL, 2003).

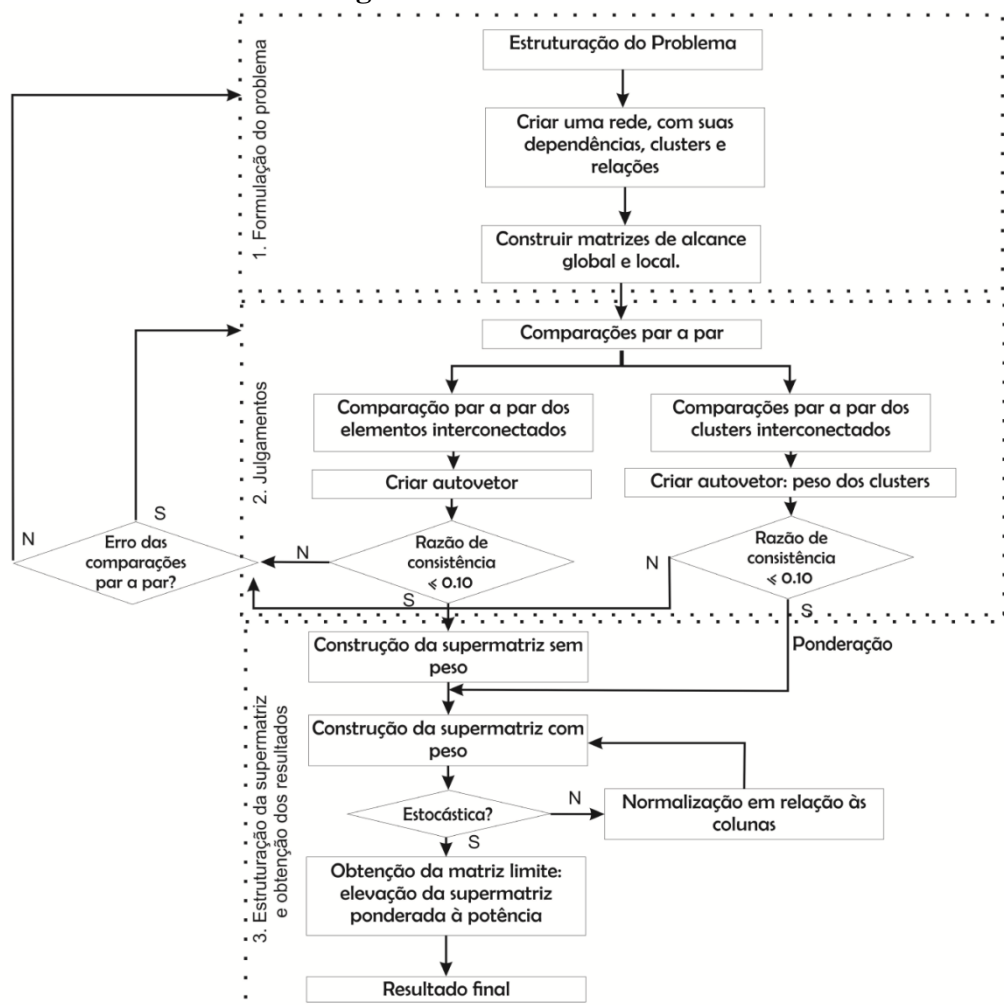
**Tabela 1 – Escala Fundamental de Saaty**

| <b>Escala Fundamental</b> |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| <b>1</b>                  | Importância Igual              |
| <b>3</b>                  | Importância Moderada           |
| <b>5</b>                  | Importância Forte ou Essencial |
| <b>7</b>                  | Importância Muito Forte        |
| <b>9</b>                  | Importância Extrema            |
| <b>2, 4, 6, 8</b>         | Valores Intermediários         |

**Utilize o inverso para comparações inversas**

Fonte: Saaty (2005).

Para o cumprimento do objetivo, o uso do ANP também exige um procedimento para ser seguido. Desta forma, as decisões de escolha e seleção se tornam mais eficazes e certas com análise multicritérios e com vários tomadores de decisão. A Figura 13 apresenta o detalhamento do procedimento do método ANP (CHUNG; LEE; PEARN, 2005; LIN; CHIU; TSAI, 2008; SAATY, 2005; SALOMON, 2010; SILVA; OLIVEIRA; BELDERRAIN, 2010).

**Figura 13 – Passo a Passo método ANP**

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

- Etapa 1: Formulação do Problema.
  - Passo 1.1: Estruturação do Problema e definição dos tomadores de decisão.  
Neste passo definem-se o objetivo do processo decisório, os *clusters* (agrupamentos), os elementos e as alternativas para a solução do problema. Também é importante definir o grupo que irá participar da tomada decisão, incorporando complexidade e domínios relevantes para o sistema. Os *clusters* são grupos de elementos que possuem alguma característica relevante ao problema;
  - Passo 1.2: Construção da rede.  
Definir as relações de dependência, *feedback* e laços entre *clusters*, critérios e alternativas. Para facilitar este passo, Saaty (1980) sugere a utilização das matrizes de alcance global e alcance local. A matriz de alcance global indica se existem relações entre *clusters*, ou entre elementos de um mesmo *cluster* (*loop*). Já a matriz de alcance local define as relações entre quaisquer elementos da rede. Em ambas as matrizes, o valor 0 será atribuído se não houver dependência e o valor 1, caso contrário;
- Etapa 2: Julgamentos
  - Passo 2.1 – comparações par a par.  
As comparações são realizadas para todas as conexões existentes, utilizando a Escala Saaty, pelos especialistas. Eles devem se perguntar quais critérios de decisão devem ser enfatizados para atingir o objetivo global, preenchendo assim um questionário aplicado. As comparações podem ser entre os elementos da rede e também entre os *clusters*, objetivando um vetor de prioridade relativa destes elementos. Os julgamentos efetuados são organizados em uma matriz quadrada de comparações ( $A$ ) para se obter os autovetores associados ( $w$ ) e autovalores máximos ( $\lambda$ ) que traduz o vetores de prioridade dos elementos comparados, como mostrado em (11), no software utilizado existe uma função específica que calcula automaticamente  $w$  e  $\lambda$ . Para esta comparação e julgamentos assume-se sempre o quanto a linha influencia (ou interfere) na coluna, ou seja, termo  $i$  comparado com o termo  $j$  ( $a_{ij}$ ). Quando a comparação for inversa, assumir que  $a_{ji} = 1/a_{ij}$  e  $a_{ii} = 1$ .

$$A w = \lambda w \quad (11)$$

- Passo 2.2 – Verificar a razão de consistência (CR).

Após a criação dos autovetores, as matrizes são avaliadas para a verificação da consistência dos julgamentos dos especialistas. Quando uma matriz de comparações apresenta todas as comparações coerentes entre si, tem-se  $\lambda = n$ , onde  $n$  é a ordem da matriz. Deste modo, a razão de consistência (CR) é calculada pela expressão (12) e indica se as comparações estão coerentes ou não, levando em consideração o afastamento entre  $\lambda$  e  $n$ .

$$CR = \frac{\lambda - n}{(n - 1)RI} \quad (12)$$

O CR considera em seu cálculo um erro aleatório associado à ordem da matriz, chamado de Índice de Coerência Aleatória (RI – *Random Consistency Index*), este índice é tabelado, veja Tabela 2.

O CR precisa ser menor ou igual a 0,1 para ser considerado aceitável e satisfatório, caso contrário, precisa-se voltar na estruturação do problema.

**Tabela 2** – Índices de Coerência Aleatória

| <i>n</i> | <i>RI</i> |
|----------|-----------|
| 3        | 0,52      |
| 4        | 0,89      |
| 5        | 1,11      |
| 6        | 1,25      |
| 7        | 1,35      |
| 8        | 1,4       |
| 9        | 1,45      |

Fonte: Saaty (2005) e Salomon (2010).

- Etapa 3: Estruturação da supermatriz e obtenção dos resultados.

Existem 3 supermatrizes em cada rede elaborada: 1) supermatriz sem peso; 2) supermatriz ponderada; e 3) matriz limite.

- Passo 3.1 - Construção da supermatriz sem peso

Os autovetores derivados das matrizes de comparações pareadas são inseridas como partes das colunas de uma supermatriz. A Figura 14 mostra uma supermatriz genérica, onde  $C_h$  ( $h=1,2, \dots, N$ ) representa os *clusters* e os elementos de cada *cluster* são identificados por  $e_{hn}(e_{h1}, e_{h2}, \dots, e_{hn})$ . As





computadores. Um estudo de caso em uma indústria têxtil é feito por Yüksel, Dagdeviren (2007) e utilizam o ANP para uma análise SWOT, entre outras muitas aplicações para o método em questão.

Mediante a revisão exposta, algumas desvantagens do método foram destacadas por Ravi, Shankar e Tiwari (2005), como: (a) a identificação dos atributos relevantes à resolução do problema demanda discussões extensas e sessões de *brainstorming*; (b) ANP requer muitos cálculos e, quando a rede possui muitas conexões o sistema fica muito complexo; (c) o resultado depende da opinião dos especialistas e isto pode prejudicar os resultados. O Apêndice C apresenta um exemplo de aplicação do método ANP dado por Silva, Oliveira e Belderrain (2010) e Salomon (2010). No Apêndice D se encontra a programação em MATLAB® do exemplo proposto.

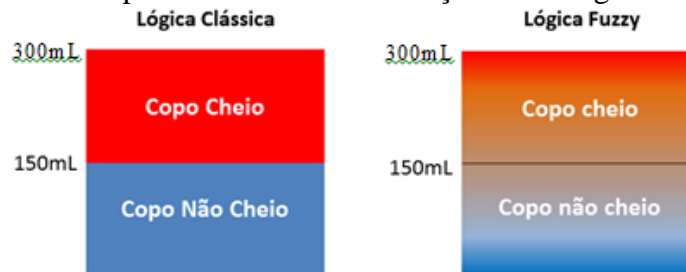
### 2.3.3 Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*

Proposta por Zadeh (1965), a teoria dos conjuntos *Fuzzy* (*Fuzzy Set Theory* - FST) tem sido usada nos mais diversos campos de pesquisa, com variáveis linguísticas, resolvendo problemas do mundo real. FST tenta explorar formas que as pessoas usam para o tratamento de informações qualitativas e incertas. Esta lógica permite uma maneira simples de racionalizar com a entrada de um conhecimento vago, ambíguo e impreciso. Imprecisão é mais uma regra do que uma exceção nos problemas de engenharia. Normalmente não há uma solução bem definida e ponderada, e as restrições e consequências possíveis das ações não são conhecidas com exatidão. As variáveis linguísticas (qualitativas) são utilizadas naturalmente no processo de decisão dos gestores, mas dado que sua implementação computacional é complicada, a FST auxilia neste sentido (BELLMAN; ZADEH, 1970; GOGUEN, 1967; KAHRAMAN, 2008).

Na teoria clássica, ou lógica booleana, as fronteiras são bem definidas, cada termo ou declaração é verdadeiro ou falso, ou seja, quando é verdadeiro tem se atribuído o valor 1, caso contrário 0. Em contraste, a FST permite que um termo seja “mais ou menos” falso ou “mais ou menos” verdadeiro, permitindo uma adesão parcial ao conjunto, levando em consideração a subjetividade humana (KAHRAMAN, 2008). A Figura 15 ilustra a diferença entre as duas lógicas com copos de 300mL. Como se pode notar, na lógica clássica existe uma transição clara e bem definida em relação à definição da quantidade de que se precisa para ter

um copo cheio ou um copo vazio. Já na lógica *fuzzy* esta transição é gradual, fazendo com que o copo possa estar “meio cheio” ou “meio vazio”.

**Figura 15** – Exemplo ilustrativo da diferença entre a lógica clássica e a lógica *fuzzy*



**Fonte:** Elaborado pela autora.

Assim, como mencionado, o grau de pertencimento (grau de pertinência) de um conjunto na FST pode estar entre 0 e 1, como definido em (13) (ZADEH, 1965),

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0, 1]; x \in X \quad (13)$$

onde,  $\mu_A(x)$  retorna o grau de pertinência do elemento  $x$ , pertencente ao universo de discurso  $X$ , em relação ao conjunto *fuzzy*  $A$ .

Neste sentido, para um conjunto *fuzzy*  $A$ , discreto e finito, este pode ser denotado pela fórmula dada em (14). O sinal de adição representa a composição dos elementos do conjunto  $A$ , onde é composto por pares ordenados  $\{x, \mu_A(x)\}$ , sendo  $\mu_A(x)$  o grau de pertinência do elemento  $x$  ao conjunto  $A$ .

$$A = \mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \mu_A(x_3)/x_3 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n \quad (14)$$

Outros aspectos relevantes são as definições adotadas para os conjuntos *fuzzy*. Seja  $A(x)$  um conjunto *fuzzy* de elementos,  $\mu_A(x)$  o grau de pertinência dos elementos do conjunto  $A(x)$ , Pedrycs e Gomide (2007) e Zadeh (1965) explicam cada uma das sete definições dadas abaixo:

- i. Conjunto *fuzzy* normalizado

Um conjunto *fuzzy* é normal se pelo menos um de seus elementos possui grau de pertinência igual a 1, isto é:

$$\sup_{x \in X} \mu_A(x) = 1 \quad (15)$$

## ii. Altura e normalização

A altura de um conjunto *fuzzy* A indica o maior grau de pertinência adotado por um de seus membros, isto é:

$$\mathbf{Altura}(A) = \max_{x \in X} \mu_A(x) \quad (16)$$

E, para o conjunto A ser normalizado, ou seja, maior altura ser igual a 1, utiliza-se a fórmula:

$$\mathbf{Norm}(A) = \frac{A(x)}{\mathbf{altura}(A)} \quad (17)$$

## iii. Suporte

O suporte de um conjunto *fuzzy* A, dado por  $\text{Supp}(A)$ , é um conjunto de elementos de X que possuem graus de pertinência que não são 0.

$$\mathbf{Supp}(A) = \{\mu_A(x) > 0\} \quad (18)$$

## iv. Núcleo

O núcleo de um conjunto *fuzzy*, dado por  $\text{Core}(A)$ , é um conjunto de todos os elementos do universo de discurso que têm grau de pertinência iguais a 1, ou seja, pertencem totalmente ao conjunto.

$$\mathbf{Core}(A) = \{x \in X \mid \mu_A(x) = 1\} \quad (19)$$

v. Cortes em um Conjunto *Fuzzy*

Um corte  $\alpha$  em um conjunto *fuzzy* A, dado por  $A_\alpha$ , é um conjunto que consiste em todos os elementos de A, que possuem grau de pertinência maior ou igual a  $\alpha$ , ou seja:

$$\mathbf{A}_\alpha = \{\mu_A(x) \geq \alpha\} \quad (20)$$

## vi. Convexidade

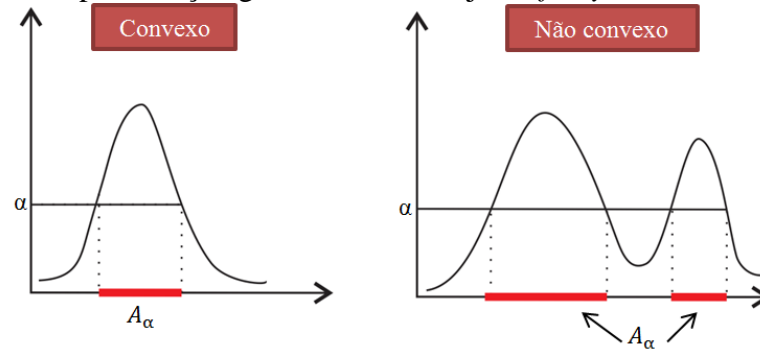
Pode-se dizer que um conjunto *fuzzy* é convexo (ou unimodal) se, e somente se, satisfaz a seguinte condição, para todo  $x_1, x_2 \in X; \lambda \in [0,1]$ :

$$\mathbf{A}[\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2] \geq \min[\mathbf{A}(x_1), \mathbf{A}(x_2)] \quad (21)$$

A Figura 16 ilustra dois conjuntos, um conjunto *fuzzy* convexo e outro não convexo, interpretando-se a fórmula 21 acima. Desta forma, entende-se que

um corte  $\alpha$  não pode resultar em dois conjuntos diferentes  $A_\alpha$  para ser convexo.

**Figura 16** – Representação gráfica de um conjunto *fuzzy* convexo e não convexo



**Fonte:** Pedrycz e Gomide (2007) e Zadeh (1965).

vii. Cardinalidade

A cardinalidade de um conjunto *fuzzy*, denotado por  $\text{Card}(A)$ , se dá pela soma dos graus de pertinência de todos os elementos de  $A$ , os quais pertencem ao universo de discurso finito  $X$ , podendo ser dado por (22) quando o conjunto for discreto ou (23), quando contínuo.

$$\text{Card}(A) = \sum_{x \in X} \mu_A(x) \quad (22)$$

$$\text{Card}(A) = \int_X \mu_A(x) dx \quad (23)$$

Números Fuzzy e operações

Em muitas situações, valores pontuais (números *crisp*) são insuficientes para modelar o mundo real, onde a maioria das situações envolve imprecisão, incerteza e subjetividade natural do pensamento humano (SHEN et al., 2012). Números *fuzzy* representam um tipo especial de conjuntos *fuzzy*, cujo valor é algo incerto, expressados em termos linguísticos, os quais são representados por funções de pertinência (KANNAN; JABBOUR; JABBOUR, 2014). Desta forma, na prática os valores linguísticos podem ser representados por números *fuzzy*, sendo os números *fuzzy* triangulares (TFN- *Triangular Fuzzy Numbers*) os mais utilizados nas pesquisas de seleção de fornecedores (SILER; BUCKLEY, 2005; WU; LEE, 2007).

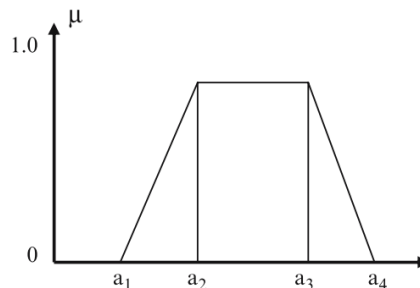
Os Números *fuzzy* podem ser triangulares (TFN) ou trapezoidais (PTFN – *Trapezoidal Fuzzy Numbers*). Estes são expressos por uma função de pertinência e expressam a indecisão e incerteza de um determinado termo ou pensamento. Veja a seguir as definições (CHEN, 2000; GHARAKHANI, 2012; HSU; CHEN, 1997; KAHRAMAN, 2008):

- Número *fuzzy* trapezoidal (PTFN): é representado por um grupo de quatro números, como visto em (24) e é definido pela função de pertinência dada em (25). Pode-se entender melhor visualizando a Figura 17.

$$\hat{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4) \quad (24)$$

$$\mu_{\hat{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{x - a_4}{a_3 - a_4}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x \geq a_4 \end{cases} \quad (25)$$

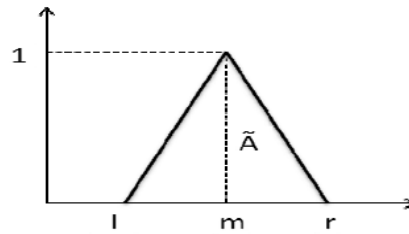
**Figura 17** – Representação de um número fuzzy trapezoidal (PTFN)



**Fonte:** Kahraman (2008).

Número *fuzzy* triangular (TFN): triangular é mostrado como um conjunto de três números ( $l, m, r$ ), onde  $l, m$  e  $r$  são números reais e  $l \leq m \leq r$ . A Figura 18 faz a representação gráfica de um TFN, e esse é descrito por uma função de pertinência  $\mu_A(x)$ , como mostrado em (26).

$$\mu_{\hat{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq l \\ \frac{x - l}{m - l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{x - r}{m - r}, & m \leq x \leq r \\ 0, & x \geq r \end{cases} \quad (26)$$

**Figura 18** – Representação de um número *fuzzy* triangular (TFN)

Fonte: Gharakhani (2012).

Este trabalho faz uso dos TFN, sendo assim, é preciso destacar as principais operações realizadas com estes números. Considerando dois números *fuzzy* triangulares  $\tilde{A}_1 = (l_1, m_1, r_1)$  e  $\tilde{A}_2 = (l_2, m_2, r_2)$ , e  $K$  uma constante qualquer, as operações são destacadas a seguir de (27) a (31) segundo (CHANG, 1996; CHEN, 2000; ZADEH, 1965):

$$(l_1, m_1, r_1) \oplus (l_2, m_2, r_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, r_1 + r_2) \quad (27)$$

$$(l_1, m_1, r_1) \ominus (l_2, m_2, r_2) = (l_1 - r_2, m_1 - m_2, r_1 - l_2) \quad (28)$$

$$(l_1, m_1, r_1) \otimes (l_2, m_2, r_2) = (l_1 l_2, m_1 m_2, r_1 r_2) \quad (29)$$

$$k \cdot (l_1, m_1, r_1) = (k \cdot l_1, k \cdot m_1, k \cdot r_1) \quad (30)$$

$$(l_1, m_1, r_1)^{-1} = (1/r_1, 1/m_1, 1/l_1) \quad (31)$$

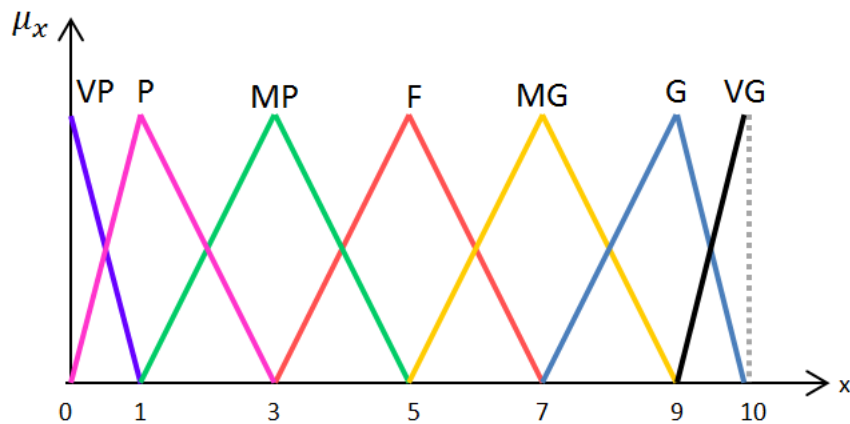
Conjuntos *Fuzzy* também podem ser representados por termos linguísticos, os quais incorporam subjetividade e imprecisão. Desta forma, FST aplicados e transformados em variáveis linguísticas auxiliam os métodos de decisão multicritério (MCDM), que, para Wang (2010), são importantes conjuntos de ferramentas para análise de difíceis decisões em organizações. Esta aplicação conjunta auxilia na tomada de decisão em qualquer área do conhecimento aplicada (KANNAN; JABBOUR; JABBOUR, 2014).

Um exemplo de termos linguísticos adotados está nos artigos de Kannan, Jabbour, Jabbour (2014) e Shen et al. (2012) que consideram a Tabela 3 para avaliar os critérios das pesquisas. Veja a representação gráfica na Figura 19 dos TFN adotados nas pesquisas citadas.

**Tabela 3** – Variáveis linguísticas para avaliar alternativas

| <b>Termos Linguísticos</b>                       | <b>Código</b> | <b>TFN</b>  |
|--|---------------|-------------|
| <b>Muito ruim</b> ( <i>Very poor</i> )           | VP            | (0, 0, 1)   |
| <b>Ruim</b> ( <i>Poor</i> )                      | P             | (0, 1, 3)   |
| <b>Moderadamente Ruim</b> ( <i>Medium Poor</i> ) | MP            | (1, 3, 5)   |
| <b>Regular</b> ( <i>Fair</i> )                   | F             | (3, 5, 7)   |
| <b>Moderadamente Bom</b> ( <i>Medium Good</i> )  | MG            | (5, 7, 9)   |
| <b>Bom</b> ( <i>Good</i> )                       | G             | (7, 9, 10)  |
| <b>Muito Bom</b> ( <i>Very Good</i> )            | VG            | (9, 10, 10) |

Fonte: Kannan, Jabbour e Jabbour (2014) e Shen et al. (2012).

**Figura 19** – Representação gráfica dos termos linguísticos da Tabela 3

Fonte: Desenvolvida pela autora.

Mediante o conceito exposto, as variáveis *fuzzy* linguísticas auxiliam na quantificação de termos linguísticos e, por isso, são bastante empregadas em análises multicritérios, como seleção de fornecedores. Os julgamentos dos especialistas serão em uma escala TFN para selecionar fornecedores sustentáveis segundo o método *fuzzy* DEMATEL ANP proposto no Capítulo 4.

### 2.3.4 *Fuzzy* DEMATEL e *Fuzzy* ANP

Existem vários métodos MADM utilizados na tomada de decisão estudados no próximo capítulo com uma revisão sistemática da literatura. Entretanto, a percepção das dificuldades oferece uma oportunidade interessante para a utilização de métodos combinados, aproveitando-se as vantagens de cada um e resultando na melhor solução. O volume de publicações demonstra um crescimento exponencial desta área, garantindo uma extensa contribuição na determinação do conhecimento. A hibridização do método DEMATEL

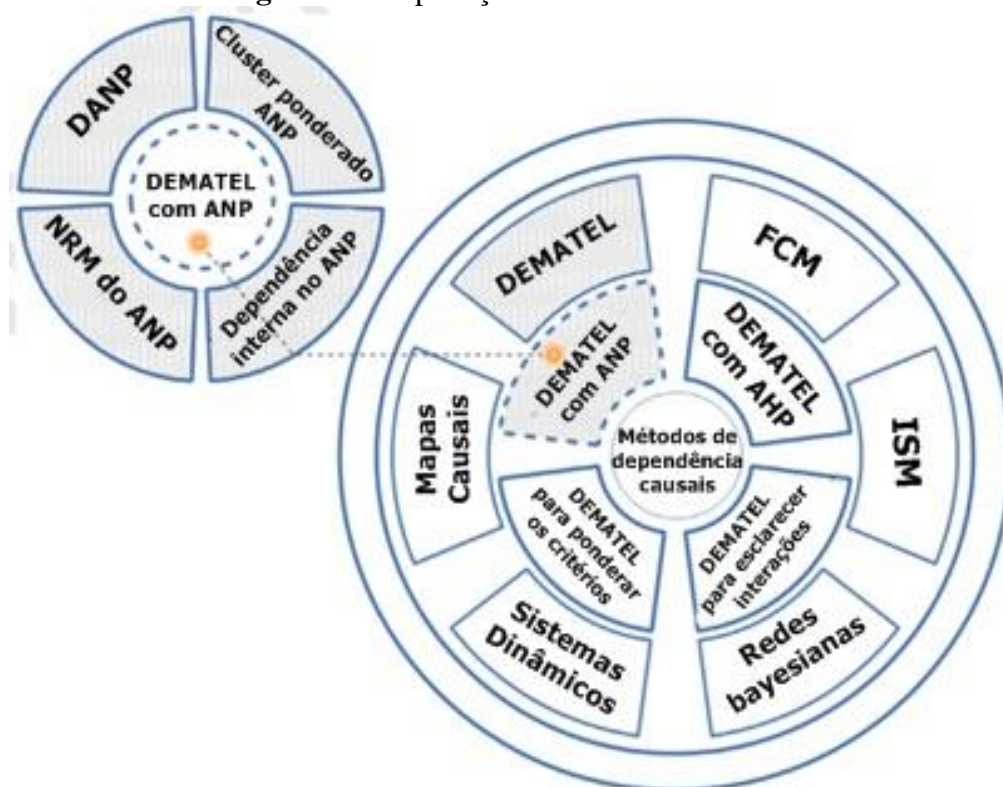


trabalhado conjuntamente com o ANP tem sido amplamente explorado, aumentando assim o número de aplicações e diferentes formas de combinar os dois métodos.

Gölcük e Baykasoglu (2016) elaboraram uma revisão das principais integrações de DEMATEL e ANP, explicando cada uma delas com uma síntese de 95 artigos que aplicam os diferentes métodos.

Como ilustrado na Figura 20, as aplicações de DEMATEL e ANP foram divididas em 4 diferentes categorias: NRM (*Network Relationship Map*) do ANP, Dependência interna do ANP, Ponderação de *clusters* do ANP e DANP. As diferenças entre estas metodologias podem ser resumidas conforme a Figura 20.

**Figura 20** – Aplicações de DEMATEL + ANP



**Fonte:** Adaptado de Gölcük e Baykasoglu (2016).

Na aplicação do método ANP tradicional, assim como no AHP, é assumido que a estrutura entre os critérios já é conhecida a priori. Entretanto, a complexidade dos problemas da vida real faz com que isto não seja verdade. Gölcük e Baykasoglu (2016) mostram que, dentre as 4 categorias, a metodologia mais utilizada é a NRM, com 43% das publicações disponíveis nas bases de dados pesquisadas.

**Quadro 2** – Comparação das categorias híbridas

| <b>Categoria</b>                                | <b>Estruturação<br/>Critérios</b> | <b>Dependência<br/>Interna</b> | <b>Dependência<br/>Externa</b> | <b>Ponderação<br/>de <i>Clusters</i></b> |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| <b>NRM do ANP</b>                               | DEMATEL                           | ANP                            | ANP                            | ANP                                      |
| <b>Dependência<br/>interna do ANP</b>           | Opinião especialista /<br>DEMATEL | DEMATEL                        | ANP                            | ANP                                      |
| <b>Ponderação de<br/><i>clusters</i> do ANP</b> | DEMATEL                           | ANP                            | ANP                            | DEMATEL                                  |
| <b>DANP</b>                                     | DEMATEL                           | DEMATEL                        | DEMATEL                        | DEMATEL                                  |

Fonte: Gölcük e Baykasoglu (2016).

Desta forma, a categoria escolhida para este trabalho é a NRM do ANP. A certificação das vantagens que auxiliam a lidar com esta metodologia, nesta pesquisa preconizada, são ressaltadas por Gölcük e Baykasoglu (2016):

- Determinação dos relacionamentos entre critérios/*clusters* de decisão;
- Rede de relacionamento criada pelo DEMATEL, sem a necessidade de fazer comparações par a par tradicionais.
- Utilização de características favoráveis do método DEMATEL, tais como a visualização de causa e efeito entre os critérios, obtendo uma visão holística sobre as relações, determinando também os critérios mais influentes no problema a ser resolvido.

A inclusão da abordagem *fuzzy* na metodologia, faz com que a incerteza humana, dos tomadores de decisão, seja contemplada resultando em um método mais preciso e eficaz. A inclusão dos TFN representados por variáveis linguísticas é uma solução para que cada comparação tenha um nível de incerteza, possibilitando assim uma visão mais assertiva dos relacionamentos encontrados.

O Quadro 3 mostra um resumo dos 10 artigos mais citados que utilizaram a hibridização DEMATEL + ANP que foram encontrados na base de dados SCOPUS, utilizando-se para pesquisa os termos “DEMATEL” E “ANP” nos títulos de artigos.

**Quadro 3 – 10 artigos mais citados que utilizam DEMATEL + ANP**

| <b>Autores</b>                       | <b>Métodos</b>  | <b>Citações</b> | <b>Contribuição</b>  |
|--------------------------------------|---|-----------------|--|
| <b>Wu(2008)</b>                      | ANP + DEMATEL   | 179             | Primeiro artigo sobre a análise combinada em questão. Utiliza para escolher estratégias de gerenciamento do conhecimento.  |
| <b>Büyüközkan e Çifçi (2012)</b>     | <i>Fuzzy</i> DEMATEL + <i>Fuzzy</i> ANP + <i>Fuzzy</i> TOPSIS | 173             | Propõe a hibridização dos métodos citados para avaliar fornecedores verdes   |
| <b>Tsai e Chou (2009)</b>            | DEMATEL + ANP + ZOGP  | 143             | Apresenta a junção dos métodos para selecionar os melhores sistemas de gestão para pequenas e médias empresas.   |
| <b>Chen, Hsu e Tzeng (2011)</b>      | DEMATEL + ANP (DANP)  | 84              | Utiliza a integração do <i>balanced scorecard</i> em conjunto com os métodos para avaliar o desempenho de hotéis termais reais.  |
| <b>Yang e Tzeng (2011)</b>           | DEMATEL + ANP   | 81              | Utiliza o DEMATEL para ponderar os <i>clusters</i> e visualizar as estruturas de relações entre os critérios em um estudo empírico.  |
| <b>Chen e Chen (2010)</b>            | DEMATEL + <i>fuzzy</i> ANP + TOPSIS                           | 77              | Propõe o novo modelo híbrido para um sistema de suporte de inovação na educação superior em Taiwan.  |
| <b>Ou Yang, Shieh e Tzeng (2013)</b> | VIKOR + DEMATEL + ANP   | 62              | Expõe um modelo de avaliação da eficácia do controle de riscos, envolvendo segurança da informação com um método MCDM de acordo com os critérios escolhidos.   |
| <b>Tseng (2009b)</b>                 | DEMATEL + ANP   | 44              | Utiliza a hibridização para ajudar um grupo de peritos a avaliar diferentes soluções na gestão de resíduos sólidos urbanos. Utiliza o DEMATEL para descobrir as causas e efeitos entre os critérios e também para estabelecer as dependências internas entre eles.       |
| <b>Wang e Tzeng (2012)</b>           | DEMATEL + ANP + VIKOR   | 42              | Esclarece as relações e inter-relações de marketing de uma marca afim de encontrar problemas ou lacunas, classificando também as prioridades nas estratégias de marketing. Além disso avalia a satisfação do cliente. O estudo é realizado em 3 empresas de eletrônicos. |
| <b>Tsai e Hsu (2010)</b>             | DEMATEL + ANP   | 34              | Propõe um modelo híbrido para lidar com as interdependências entre os critérios para demonstrar como selecionar o custo de qualidade ideal para uma organização  |

Fonte: Dados da pesquisa.

O próximo capítulo apresenta uma revisão sistemática de literatura sobre os métodos quantitativos usados na seleção de fornecedores verdes/sustentáveis.

### **CAPÍTULO 3 UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS QUANTITATIVOS PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES SUSTENTÁVEIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL)**

Compreender o emprego das técnicas de seleção de fornecedores sustentáveis à luz da literatura torna-se fundamental, dado que os trabalhos que buscaram organizar e sistematizar o conteúdo acadêmico e profissional na área ainda possuem limitações. Cabe ressaltar as seguintes: além de serem poucos os trabalhos, os mesmos possuem cobertura parcial e não utilizam de abordagens de análise de literatura mais sofisticadas, como os métodos descritivos de padrões relacionais (GOVINDAN et al., 2015; ZHANG; ABDUL HAMID; THOO, 2014), incluindo análise de conteúdo e de correspondência.

Para tanto, visando contribuir para reduzir tal lacuna de pesquisa, o objetivo deste capítulo foi realizar uma revisão sistemática da literatura com um propósito descritivo-explicativo (GANGA, 2012) que permita coletar, identificar, selecionar e avaliar criticamente os métodos (ferramentas ou técnicas) que apoiem a seleção de fornecedores sustentáveis. Ademais, este trabalho vai além de outros estudos que contribuíram para uma sistematização parcial da literatura (CHAI; LIU; NGAI, 2013; GOVINDAN et al., 2015; HO; XU; DEY, 2010; IGARASHI; DE BOER; FET, 2013; ZHANG; ABDUL HAMID; THOO, 2014), pois utilizou-se da análise de conteúdo via *tag cloud* (SINCLAIR; CARDEW-HALL, 2007) e da análise de correspondência (SALAMIN; HANAPPI, 2014). Espera-se que este levantamento contribua na identificação de lacunas e *insights* que sejam utilizados como *inputs* nesta dissertação de mestrado.

O capítulo foi estruturado da seguinte forma. A Seção 3.1 apresenta uma análise de alguns trabalhos que realizaram uma revisão e sistematização da literatura sobre seleção de fornecedores a fim de definir os critérios e parâmetros para analisar e descrever os artigos levantados nas bases de dados. A Seção 3.2 descreve os procedimentos adotados na realização da revisão sistemática de literatura. A Seção 3.3 apresenta os resultados encontrados e, finalmente, a Seção 3.4 apresenta as considerações finais do levantamento realizado.

### 3.1 MÉTODOS QUANTITATIVOS QUE SUPORTAM A SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Inúmeros métodos vêm sendo utilizados para a seleção de fornecedores (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001). De Boer, Wegen e Telgen (1998) destaca que na fase de qualificação e seleção final são utilizadas ferramentas quantitativas, o foco deste trabalho. O autor destaca como classes de métodos, os modelos de ponderação linear (o AHP, por exemplo), modelos baseados no custo total de propriedade, modelos baseados em programação matemática, modelos estatísticos e modelos baseados em inteligência artificial.

Ho, Xu e Dey (2010) por sua vez classificam os métodos em abordagens individuais e integradas. Nas abordagens individuais os autores destacam os métodos de Análise Envoltória de Dados (DEA), Programação matemática e variações (programação linear, inteira linear, inteira não linear, baseada em metas e multi objetivo), AHP e ANP, algoritmo genético, Lógica *Fuzzy*, Raciocínio baseado em casos (CBR) e SMART. Nas abordagens integradas destacam-se as técnicas associadas ao AHP (Bi negociação, DEA, redes neurais, *grey relational analysis*, programação não linear inteira mista, programação multi-objetivo) e aquelas que incorporam a lógica *fuzzy* em sua álgebra de cálculo matricial (AHP, análise de *cluster*, programação multiobjetivo, QFD, SMART, Algoritmo genético). Os autores classificam ainda em “outras abordagens combinadas” (Redes neurais e raciocínio baseado em casos; redes neurais e algoritmo genético; ANP e programação multiobjetivo; ANP e programação matemática por metas; DEA e programação multiobjetivo; DEA e SMART; e Algoritmo genético e programação multiobjetivo).

Na mesma linha de revisão de métodos de seleção de fornecedores, Chai, Liu e Ngai (2013) classificam-nos em três categorias: (a) métodos multicritério de tomada de decisão, (b) técnicas de programação matemática e (c) técnicas de inteligência artificial. O Quadro 4 ilustra as categorias e os métodos que compõem a mesma.

**Quadro 4** – Técnicas de seleção de fornecedores

| Categoria                       | Técnica  | Sigla     |
|---------------------------------|--|-----------|
| Tomada de decisão multicritério | <i>Analytic hierarchy process</i>  | AHP       |
|                                 | <i>Analytic network process</i>  | ANP       |
|                                 | <i>Elimination and Choice expressing reality</i>                         | ELECTRE   |
|                                 | <i>Preference ranking organization method for enrichment evaluation</i>  | PROMETHEE |
|                                 | <i>Technique for order performance by similitarity to ideal solution</i> | TOPSIS    |
|                                 | <i>Multicriteria optimization and compromise solution</i>                | VIKOR     |
|                                 | <i>Decision making trial and evaluation laboratory</i>                   | DEMATEL   |
|                                 | <i>Simple multiattribute rating technique</i>                            | SMART     |

| <b>Categoria</b>                          | <b>Técnica</b>                     | <b>Sigla</b> |
|---|------------------------------------|--------------|
| Programação matemática                    | <i>Data envelopment analysis</i>   | DEA          |
|   | <i>Linear programming</i>          | LP           |
|   | <i>Non linear programming</i>      | NLP          |
|   | <i>Multiobjective programming</i>  | MOP          |
|   | <i>Goal programming</i>            | GP           |
|   | <i>Stochastic programming</i>      | SP           |
| Inteligência Artificial                   | <i>Genetic algorithm</i>           | GA           |
|   | <i>Grey system theory</i>          | GST          |
|   | <i>Neural networks</i>             | NN           |
|   | <i>Rough set theory</i>            | RST          |
|   | <i>Bayesian networks</i>           | BN           |
|   | <i>Decision tree</i>               | DT           |
|   | <i>Case-based reasoning</i>        | CBR          |
|   | <i>Particle swarm optimization</i> | PSO          |
|   | <i>Support vector machine</i>      | SVM          |
|   | <i>Association rule</i>            | AR           |
|   | <i>Ant colony algorithm</i>        | ACA          |
| <i>Dempster shafer theory of evidence</i> | DST                                |              |

**Fonte:** Adaptado de Chai, Liu e Ngai (2013).

Os autores descrevem ainda o uso combinado de técnicas AHP, ANP e DEA. Destaca-se uma significativa combinação de técnicas apropriadas para lidar com ambientes de incerteza, como a lógica *fuzzy* (e variações), por exemplo. Em menor expressão são descritas também abordagens integradas na categoria de métodos multicritério (ELECTRE, PROMETHEE e VIKOR) e na categoria Inteligência artificial (RST e GST).

O trabalho de Govindan et al. (2015) trata especificamente da descrição de técnicas usadas para apoiar o processo de seleção de fornecedores verdes. Seguindo a mesma lógica dos trabalhos apresentados anteriormente, os autores classificam as técnicas em abordagens individuais e combinada. Da primeira categoria destacam-se o AHP, o ANP e programação matemática. No caso do AHP, a incorporação da lógica *fuzzy* na álgebra do cálculo matricial do AHP não é considerada pelos autores como uma abordagem integrada. Destaca-se uma significativa quantidade de trabalhos no estilo *Fuzzy-AHP* (FAHP). A incorporação da lógica *fuzzy* no ANP para seleção de fornecedores verdes (FANP) ocorreu em menor grau que no caso do FAHP. Apenas um trabalho foi identificado pelos autores empregando programação matemática na seleção de fornecedores verdes. São classificadas ainda numa categoria “outras abordagens individuais” técnicas como DEA, *Extensible synthetic model*, técnicas estatísticas (testes de hipótese, análise fatorial, modelagem de

equações estruturais), sistemas de inferência *fuzzy*, *fuzzy* TOPSIS, *Choque integral*, *Grey entropy synthetic evaluation model*, *Knowledge based system* (KBS), *Rough set theory*, *Fuzzy multiagent decision making model* e *cross case analysis*. Em relação ao uso combinado de técnicas destacam-se AHP-NN, AHP-GA, NN e Multi Attribute Decision Analysis (MADA), DEA-ANP, DEA-AHP/ANP, GST-AHP, *Fuzzy set Theory* e *Grey Relational Analysis*, KBS-CBR.

Os autores propõem ainda uma classificação de técnicas baseada no critério de seleção de fornecedores. A Tabela 4 descreve a frequência dos critérios mais citados nos artigos analisados pelos autores. Porém, não foi realizada uma análise do peso dos critérios.

**Tabela 4** – Critérios mais citados nos artigos analisados

| <b>Critérios</b>                       | <b>Freq.</b> |
|--|--------------|
| <i>Environmental Management System</i> | 11           |
| <i>Quality</i>                         | 8            |
| <i>Service</i>                         | 7            |
| <i>Technology</i>                      | 5            |
| <i>Green Image</i>                     | 4            |
| <i>Design for environmental</i>        | 3            |
| <i>Environmental competences</i>       | 3            |
| <i>Environmental performance</i>       | 3            |
| <i>Green competences</i>               | 3            |
| <i>Price</i>                           | 3            |
| <i>Cost</i>                            | 3            |

**Fonte:** Proposto pela pesquisa a partir de Govindan et al. (2015).

Embora muitos estudos contemplem o uso de técnicas quantitativas para a seleção de fornecedores verdes, poucos trabalhos vêm incorporando a temática social nos modelos desenvolvidos (BAI; SARKIS, 2010a, 2010b).

Este trabalho explora também esta lacuna de pesquisa, ao apresentar uma revisão sistemática da literatura que amplia a proposta de Govindan et al. (2015), ao considerar também o termo sustentável (incluindo aspectos sociais) nas pesquisas realizadas nas bases de dados.

### 3.2 PROCEDIMENTOS E PARÂMETROS USADOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de descrever o estado da arte das metodologias/ferramentas utilizadas para a seleção de fornecedores sustentáveis. Como referência para a realização da revisão sistemática, foram adotados os

procedimentos sugeridos por Cronin, Ryan e Coughlan (2008). O Quadro 5 ilustra os procedimentos adotados para a realização deste estudo.

**Quadro 5** – Procedimentos para a realização da revisão sistemática da literatura

| Parâmetros de busca  | Descrição  |
|--|--|
| Bases de dados técnico científicas adotadas                  | <i>Scopus, Engineering Village (Compendex) e Web of Science (Principal Coleção Web of Science)</i>                       |
| Filtro 1: tipo de material                                   | artigos e artigos no prelo   |
| Filtro 2: termo de busca usados                              | 'select* green supplier' e 'select* sust* supplier'  |
| Filtro 3: Onde buscar os termos de busca do filtro 2         | Buscar apenas nos títulos dos artigos  |
| Filtro 4: delimitação do período da busca                    | De 2000 a 2015   |
| Filtro 5: Verificar parâmetros de <i>download</i> do arquivo | Baixar apenas artigos disponíveis na íntegra. Artigos com apenas resumos foram descartados                               |
| Filtro 6: Critério 1 de exclusão de um artigo                | Eliminar artigos repetidos em outras bases   |
| Filtro 7: Critério 2 de exclusão de um artigo                | Artigos disponíveis apenas na forma de resumo ou não gratuitos não eram procurados em bases como o <i>google scholar</i> |

**Fonte:** Dados da pesquisa.

A coleta nas bases de dados foi finalizada em dezembro de 2015. Após a execução dos passos, foram obtidos 27 artigos. Foram lidos apenas os resumos dos artigos, a fim de descrever os principais conceitos a eles relacionados, a saber: ano de publicação, palavras-chave, periódico em que foi publicado, método ou ferramenta multicritério utilizado, entre outras características. É importante destacar que no Filtro 7, mostrado no Quadro 5, foram consideradas as plataformas conveniadas pela universidade em que foi feita a pesquisa. Para mensuração da revisão sistemática da literatura realizada, foram utilizadas estatísticas descritivas, análise de conteúdo dos títulos e palavras-chave via *tag cloud* e a análise de correspondência. Foram desconsiderados os artigos de revisões sistemáticas da literatura e também trabalhos que não consideravam como objeto de estudo a aplicação de métodos voltados à seleção de fornecedores. O Apêndice C mostra uma tabela com os artigos selecionados.

Para classificação das técnicas, foram utilizados como referência os trabalhos de Ho, Xu e Dey (2010), Chai, Liu e Ngai (2013) e Govidan et al. (2015). A Figura 21 ilustra o modelo de classificação de técnicas de seleção de fornecedores utilizado nesta pesquisa.

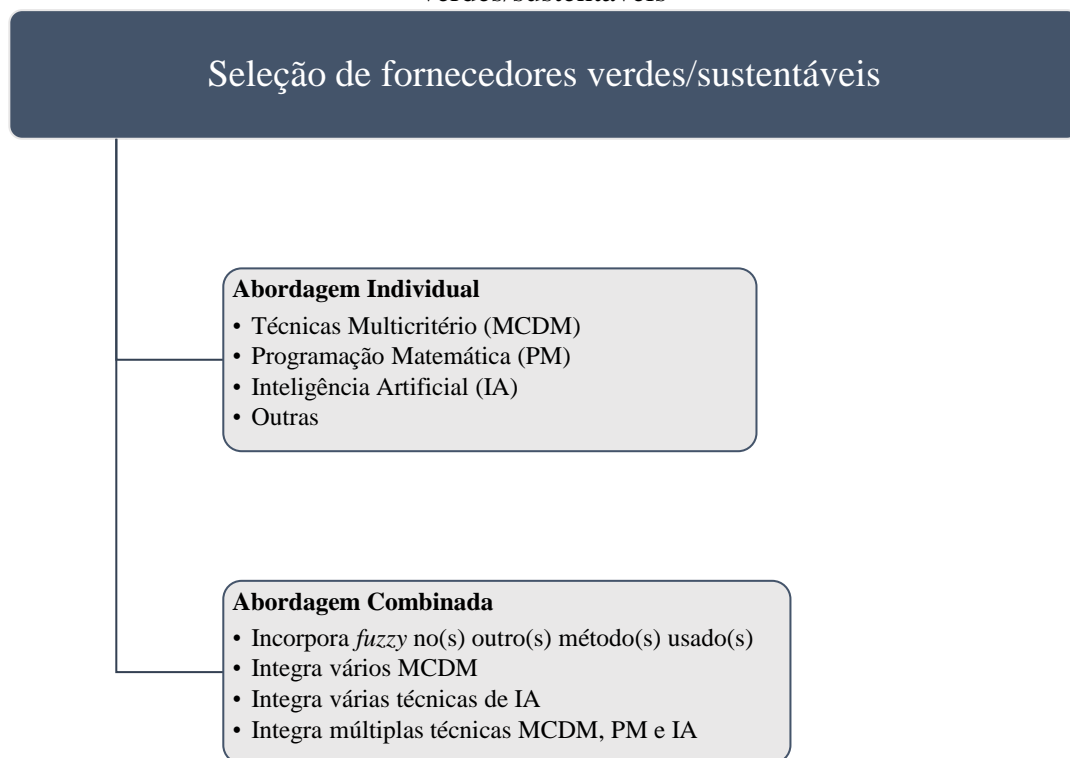
As técnicas utilizadas para a seleção de fornecedores podem ser agrupadas em dois grandes grupos, a saber: abordagem individual e abordagem combinada. A abordagem individual compreende o emprego de uma única técnica para a etapa de seleção de fornecedores. Nesse contexto, constata-se o uso de Técnicas Multicritério de Tomada de Decisão (MCDM), técnicas de Programação Matemática (PM), técnicas baseadas em Inteligência Artificial (IA) e outras técnicas diversas, como por exemplo, *entropy method*,



*system dynamics, axiomatic design, composite indicators method, bayesian statistics, linear assignment method, spearman rank correlation coeficiente*, entre outros.

A abordagem combinada, por sua vez, congrega a utilização de duas ou mais técnicas aplicadas de forma integrada para a seleção de fornecedores verdes/sustentáveis. nesse sentido, o uso combinado foi dividido em quatro categoria de uso múltiplo de técnicas: (a) técnicas que incorporam a lógica *fuzzy* na álgebra de cálculo do método considerado; (b) uso combinado de várias técnicas MCDM; (c) uso combinado de técnicas de Inteligência Artificial; e (d) uso de múltiplas técnicas dentre MCDM, PM, IA e “outras técnicas”.

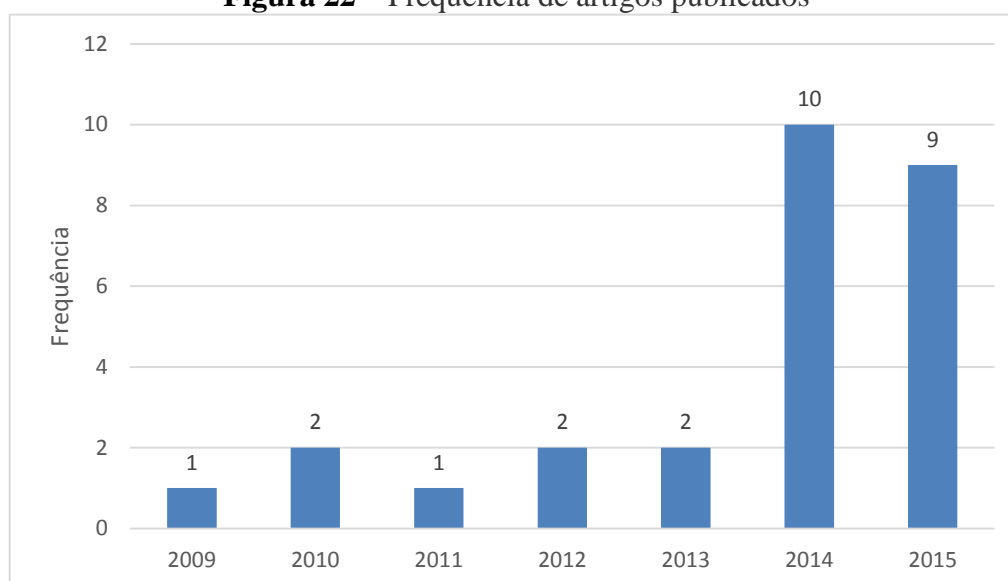
**Figura 21** – Classificação das técnicas que suportam a seleção de fornecedores verdes/sustentáveis



Fonte: Proposta pela pesquisa.

### 3.3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Em relação à quantidade de artigos publicados, verificou-se que somente a partir de 2009 foram publicados os primeiros artigos relacionando seleção de fornecedores à temática ambiental ou sustentável. No entanto, a partir de 2014 o crescimento aumentou significativamente, conforme ilustrado na Figura 22.

**Figura 22** – Frequência de artigos publicados

Fonte: Dados da Pesquisa.

Em relação ao foco do modelo de seleção (se fornecedor verde ou sustentável), verificou-se que a maior parte dos artigos (63%) focavam a seleção de fornecedores verdes, enquanto que uma menor parcela (37%) dos modelos incorporaram uma perspectiva mais ampla (sustentável). Os periódicos que mais publicaram sobre o tema foram *Journal of Cleaner Production*, com 5 artigos, o *International Journal of Production Economics*, com 4 artigos, o *Sustainability*, com 3 artigos e o *Mathematical Problems in Engineering* com 2 artigos publicados, perfazendo mais de 50% dos artigos publicados.

Em relação ao método de classificação das técnicas (Figura 21), a maior parte (85%) dos artigos (BAI; SARKIS, 2010b; BAKESHLOU et al., 2014; BÜYÜKÖZKAN; ÇIFÇI, 2011; CAO; WU; LIANGB, 2015; DOBOS; VÖRÖSMARTY, 2014; FREEMAN; CHEN, 2015; HASHEMI; KARIMI; TAVANA, 2015; JIA et al., 2015; KANNAN; DE SOUSA JABBOUR; JABBOUR, 2014; KANNAN; GOVINDAN; RAJENDRAN, 2014; KHAMSEH; MAHMOODI, 2014; KUO; WANG; TIEN, 2010; KUO; HSU; LI, 2015; LEE, 2009; ORJI; WEI, 2014, 2015; SARKIS; DHAVALÉ, 2015; TAN et al., 2014; TSUI; WEN, 2014; YAZDANI, 2014; ZHAO; GUO, 2014; ZHOU et al., 2012) aplicou de forma combinada as técnicas para seleção de fornecedores verdes/sustentáveis.

Somente quatro artigos (15%) utilizaram uma técnica de forma individual para a seleção de fornecedores verdes/sustentáveis. As quatro técnicas aplicadas de forma individual foram: o uso de um sistema de inferência *fuzzy* (IA) (AMINDOUST et al., 2012), a programação inteira (PM) (TRAPP; SARKIS, 2016), a Análise Envoltória de Dados (PM) (SHI et al., 2014) e DEMATEL (MCDM) (HSU et al., 2013). Desta forma, o uso individual

ficou caracterizado pelo maior uso de técnicas relacionadas à programação matemática. A Tabela 5, por sua vez descreve o uso de técnicas combinadas para a seleção de fornecedores.

**Tabela 5** – Uso combinado de técnicas

| <b>Uso combinado de técnicas</b>          | <b>Freq.</b> | <b>%</b>    |
|---|--------------|-------------|
| Múltiplas combinações entre as categorias | 13           | 57%         |
| Incorpora lógica <i>fuzzy</i>             | 7            | 30%         |
| MCDM                                      | 2            | 9%          |
| IA  | 1            | 4%          |
| <b>Total</b>                              | <b>23</b>    | <b>100%</b> |

**Fonte:** Dados da pesquisa.

A maior parte (57%) dos artigos que combinam técnicas de seleção de fornecedores verdes/sustentáveis o fazem por meio de técnicas variadas entre as categorias descritas na Figura 21, a saber: MCDM, IA, PM, e “outras técnicas”. A possibilidade de combinações entre as categorias de técnicas é ampla. No entanto, destaca-se a combinação de técnicas MCDM com “outras técnicas” (MCDM & Outras técnicas), e também a possibilidade de incorporação da lógica *fuzzy* nas técnicas MCDM integradas “outras técnicas” (*Fuzzy* MCDM & “Outras técnicas”). Observa-se também a combinação de técnicas MCDM & IA. Um fato de destaque é que 85% dos artigos que promoveram o uso de técnicas diversas, apresentavam sempre uma técnica MCDM integrada a “outra técnica” ou ainda a incorporação da lógica *fuzzy* à técnica MCDM.

**Ainda discutindo a aplicação de múltiplas técnicas na seleção de fornecedores, destaca-se a incorporação da lógica *fuzzy* nos variados métodos de seleção de fornecedores em 7 artigos (30% dos artigos que combinam várias categorias de técnicas). Deste total, 5 artigos (70%) representam a incorporação da lógica *fuzzy* em métodos MCDM. Os métodos MCDM que mais incorporam a lógica *fuzzy* em sua álgebra de cálculo foram AHP, o ANP e o TOPSIS. A combinação de técnicas do tipo “MCDM & MCDM” e “IA & IA” ocorreram em menor grau (13%). A**

Figura 23 mostra uma análise de conteúdo das palavras contidas no título dos artigos analisados. O tamanho das palavras é proporcional à quantidade de vezes que as mesmas são declaradas (*tag cloud*, ou *word cloud*).

**Figura 23** – Tag cloud para palavras contidas nos títulos dos artigos



Fonte: Dados da Pesquisa.

Observa-se que há uma predominância das palavras “Supplier”, “Selection”, “Green”, “Sustainable” e “fuzzy”. Isto nos leva a concluir que a maior parte dos artigos sobre seleção de fornecedores focam predominantemente a questão ambiental, denotada pelo termo “green” ou “verde”, corroborando a evidência de Bai e Sarkis (2010a, 2010b). Além disso, há um destaque para a incorporação da lógica *fuzzy* nos diversos métodos de seleção de fornecedores.

É importante ressaltar que existe uma lacuna na literatura para trabalhos que desenvolvam métodos de seleção de fornecedores a partir de uma perspectiva mais ampla, ou seja, considerando além da questão ambiental, a social. Essa visão mais abrangente é denotada pelo termo “sustentável”. Uma análise *tag cloud* das palavras-chave (Figura 24) contidas nos artigos reforça a evidência obtida na análise do título dos artigos (Figura 23).

**Figura 24** – *Tag cloud* das palavras-chave usadas nos artigos



**Fonte:** Dados da Pesquisa.

Ainda analisando as palavras-chave contidas nos artigos, porém considerando somente termos relativos às técnicas de seleção de fornecedores, destaca-se novamente a lógica *Fuzzy* e os Métodos MCDM, reforçando a análise descritiva destacada anteriormente, como pode ser observado na Figura 25 a seguir.

**Figura 25** – *Tag cloud* das palavras-chave considerando apenas as técnicas de seleção de fornecedores



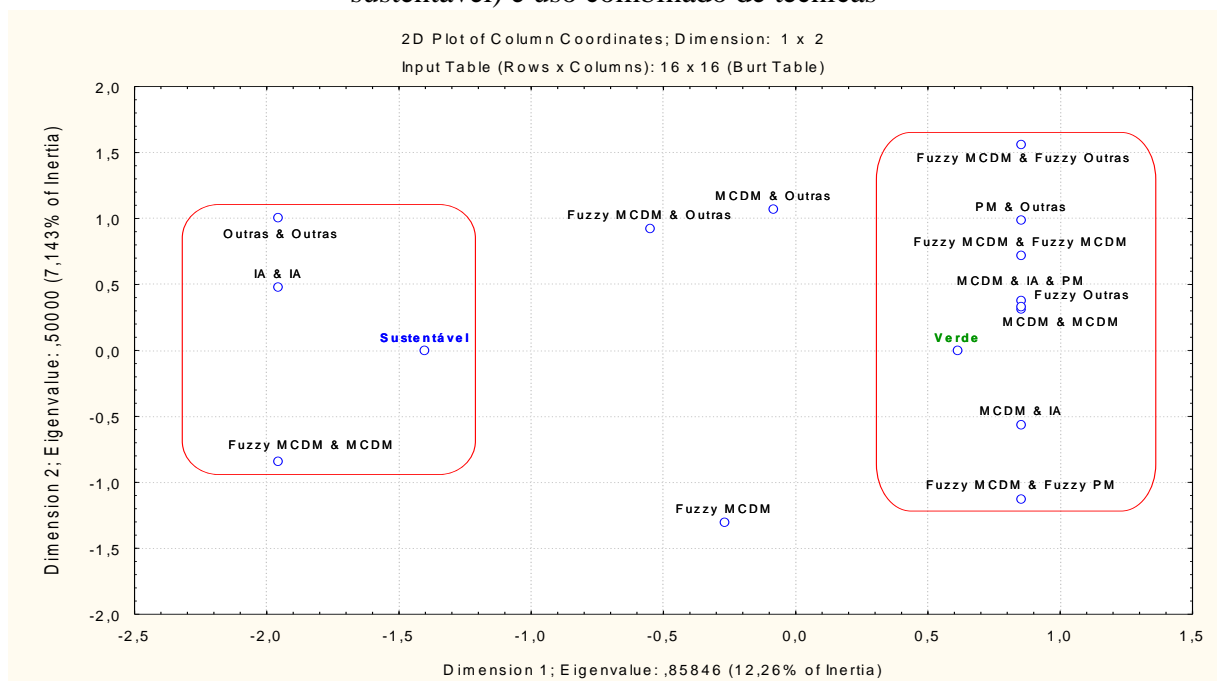
**Fonte:** Dados da Pesquisa.

A análise de correspondência (ANACOR) (WHITLARK; SMITH, 2001) é uma técnica que exhibe associações entre um conjunto de variáveis categóricas nominais em

um mapa perceptual, permitindo, deste modo, uma análise visual de qualquer padrão de utilização de métodos e ferramentas utilizados na seleção de fornecedores verdes. Neste trabalho, foi utilizada a projeção simétrica (GREENACRE, 2007), que permite explorar simultaneamente as relações entre linhas e colunas dos quadros de contingência, ou seja, as associações entre todas as categorias de ambas as variáveis. Isso equivale dizer que categorias com localização próxima na projeção plana têm relação mais forte do que categorias separadas por distâncias maiores.

Diante da evidência do uso combinado de técnicas na seleção dos fornecedores, foi realizada uma análise de correspondência para verificar possíveis padrões de relação entre o foco da seleção (verde ou sustentável) e as técnicas combinadas usadas. A Figura 26 ilustra tal relação.

**Figura 26** – Mapa perceptual relacionando foco da seleção de fornecedores (verde ou sustentável) e uso combinado de técnicas



**Fonte:** Dados da Pesquisa.

Observando o lado direito do mapa *perceptual*, relativo à seleção de fornecedores verdes, destaca-se o uso intensivo de métodos MCDM combinado à outras técnicas, dentre elas técnicas MCDM, e também a incorporação da lógica *fuzzy* nos/entre métodos MCDM. Além desse fato, percebe-se a utilização da Programação Matemática & “Outras técnicas”, e também da incorporação da lógica *fuzzy* nas “Outras técnicas”. Quando o foco envolve a seleção de fornecedores sustentáveis, observa-se novamente a presença combinada de técnicas MCDM (MCDM & MCDM), IA (IA & IA) e “Outras & Outras”.

Em menor grau de utilização, tanto para a seleção de fornecedores verdes quanto sustentáveis, registra-se a incorporação da lógica *fuzzy* nas técnicas MCDM (*Fuzzy AHP*, *Fuzzy ANP* e *Fuzzy TOPSIS*, por exemplo) e combinadas às “outras técnicas” (*Fuzzy MCDM & Outras*); o uso combinado de técnicas MCDM a outras técnicas (*MCDM & Outras*); e a incorporação da lógica *fuzzy* nas técnicas MCDM (*Fuzzy MCDM*).

### 3.4 ANÁLISE DE CRITÉRIOS VERDES X SUSTENTÁVEIS

Nesta Seção são apresentados os resultados quanto aos critérios da presente revisão sistemática da literatura. O foco da Seção é identificar os principais critérios adotados, verificando também se os autores fazem distinção entre os termos “verde” e “sustentável” nos métodos de seleção de fornecedores abordados.

A quantidade de estudos selecionados demonstra que os autores possuem uma preocupação maior com a perspectiva ambiental e econômica, muitas vezes deixando a visão social à margem dos estudos. Desta forma, a maioria dos artigos são considerados como “verdes”, resultando em um total de 17 artigos. Enquanto que são considerados “sustentáveis” apenas 9. Os faltantes na contagem são revisões de literatura e não agregaram informações sobre critérios nesta Seção.

A Figura 27 propõe um diagrama de Venn que segmenta todos os artigos nas duas situações, abordando a Seleção de fornecedores com foco na visão verde (Figura 27a) e a Seleção de fornecedores com foco na visão sustentável (Figura 27b). A análise da Figura 27a permite a interpretação de que os autores são mais presentes na visão verde, priorizando critérios ambientais e econômicos (11 artigos - 42,3% do total de artigos da revisão sistemática). Sendo apenas 2 artigos que possuem critérios nas três perspectivas. Concluindo-se, desta forma, que o termo “verde” refere-se, na maior parte das vezes, a fatores ambientais e econômicos, deixando a perspectiva social negligenciada.

Já na Figura 27b, cujo foco é nos artigos sustentáveis, a maioria dos artigos englobam as 3 perspectivas, indo de encontro com a definição de sustentabilidade abordada na Seção 2.1. Apesar da perspectiva social estar presente na maioria dos artigos, com a visão sustentável, o montante de critérios ainda é pequeno, se comparado com as perspectivas ambientais e econômicas. Representando assim uma desvalorização da perspectiva social nas aplicações no mercado competitivo e também uma lacuna a ser abordada.

**Figura 27** - Diagrama de Venn para exemplificar a quantidade de artigos em cada perspectiva



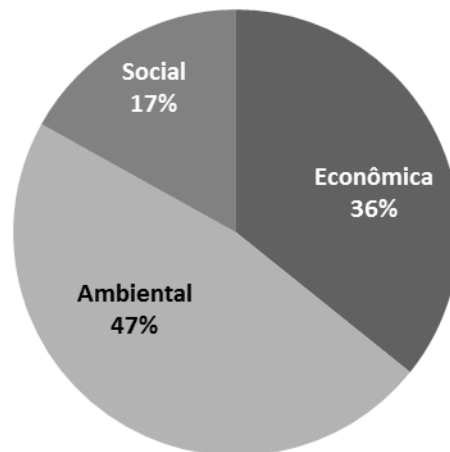
a) Artigos que abordam 'Seleção de fornecedores verdes'

b) Artigos que abordam 'Seleção de fornecedores sustentável'

Fonte: Dados da pesquisa.

Após analisar as perspectivas, foram contabilizados todos os critérios de todos os artigos. No total, 260 critérios diferentes foram contabilizados para os resultados da pesquisa. Destes, 47% (123 critérios) são da perspectiva ambiental, 36% (93 critérios) da perspectiva econômica e 17% (44 critérios) da perspectiva social. A Figura 28 resume estes dados.

**Figura 28** – Porcentagem de critérios de acordo com cada perspectiva



Fonte: Dados da pesquisa.

Mediante o exposto, também foi feito um *ranking* dos principais critérios adotados nos artigos pesquisados, podendo-se ter assim uma visão holística dos principais critérios adotados na seleção de fornecedores verdes e sustentáveis. O Quadro 6 sintetiza estas informações.



**Quadro 6 - Principais critérios adotados pelos artigos da revisão sistemática**

| <b>PERSPECTIVA AMBIENTAL</b>   |                   |
|--|-------------------|
| <b>Critério</b>  | <b>Frequência</b> |
| Sistema de gerenciamento ambiental                                   | 9                 |
| Certificação ambiental e/ou verde / ISO 14001                        | 8                 |
| Controle de poluição   | 7                 |
| Design verde / Eco-design  | 7                 |
| Tecnologias mais limpas / ambientais                                 | 6                 |
| Gerenciamento ou controle de resíduos perigosos / Gestão de resíduos | 6                 |
| Seleção de material verde / matéria-prima ambiental                  | 6                 |
| Consumo de recursos  | 5                 |
| Emissão no ar (gases poluentes)                                      | 5                 |
| Produto verde / ambiental  | 5                 |
| Reusabilidade / Reuso / Recuperação                                  | 5                 |
| <b>PERSPECTIVA ECONÔMICA</b>   |                   |
| <b>Critério</b>  | <b>Frequência</b> |
| Custo/Preço  | 17                |
| Qualidade  | 17                |
| Entrega no prazo/ tempo  | 15                |
| Capacidade de tecnologia / uso de novas tecnologias                  | 8                 |
| Flexibilidade  | 8                 |
| Custo logístico / de entrega   | 6                 |
| Garantia   | 6                 |
| Razão de rejeição  | 6                 |
| Lead time  | 5                 |
| Capacidade de design/projeto   | 4                 |
| Capacidade de P&D  | 4                 |
| Conformidade com os preços do setor                                  | 4                 |
| Razão de entrega no prazo  | 4                 |
| <b>PERSPECTIVA SOCIAL</b>  |                   |
| <b>Critério</b>  | <b>Frequência</b> |
| Respeito pelas políticas e pelas leis                                | 5                 |
| Divulgação de informações  | 5                 |
| Saúde e segurança do trabalho  | 5                 |
| Direitos dos <i>stakeholders</i>                                     | 4                 |
| Interesses e direitos dos trabalhadores                              | 3                 |
| Subsídios e doações/Contribuições filantrópicas                      | 2                 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Foram coletados 260 critérios diferentes encontrados nos artigos, dos quais 123 (47,3%) são voltados para a análise ambiental e verde, 93 critérios (35,77%) destinados para a perspectiva econômica e, apenas 44 critérios (16,9%) com a perspectiva social. A análise do

Quadro 6 permite concluir o quanto as empresas ainda se preocupam com critérios tradicionais, como Custo, Qualidade e Entrega no prazo com a maioria das citações, deixando com pouco peso e pouca visibilidade os critérios sociais. É válido destacar que as porcentagens representadas no Quadro 6 são relacionadas com o total de citações de critérios geral de cada perspectiva. O critério “Sistema de Gerenciamento Ambiental” é o mais citado nos trabalhos devido ao seu grande significado, englobando práticas como a própria ISO 14001. Entretanto, os critérios sociais são mais focados em leis, informações, saúde do trabalhador e nos *stakeholders*, deixando critérios importantes, como trabalho infantil e igualdade de gênero, supressos da seleção de fornecedores.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

A seleção de fornecedores é uma atividade essencial na gestão da cadeia de suprimentos. O aumento da consciência ambiental e social pelos clientes (sejam consumidores finais ou clientes corporativos no contexto do B2B) vem estimulando as empresas a considerarem estes critérios na seleção de fornecedores.

A variedade e as respectivas naturezas desses critérios e variáveis, tornam-se cada vez mais complexas e subjetivas. Desta forma é necessário que as técnicas de seleção de fornecedores encapsulem as restrições de avaliações qualitativas e quantitativas para selecionar de forma adequada os parceiros de negócios.

Desta forma, compreender as técnicas e as condições de uso e contexto em que foram aplicadas para selecionar fornecedores verdes/sustentáveis é fundamental. Para tanto, esta pesquisa empreendeu uma revisão sistemática da literatura a fim de mapear o uso de técnicas e ferramentas que vêm sendo utilizadas na seleção de fornecedores.

As principais evidências encontradas na literatura sobre seleção de fornecedores verdes foi o uso intensivo de técnicas associadas em detrimento da utilização da técnica de forma única. Outra evidência, já ressaltada na literatura clássica sobre métodos de seleção de fornecedores, é a extensiva incorporação da lógica *fuzzy* nos métodos usuais, como os MCDM, os PM e até IA.

Percebeu-se, também, uma lacuna que vai além da exploração de técnicas de seleção de fornecedores: o emprego de uma visão mais holística na seleção de fornecedores sustentáveis e sua relação com demais processos de negócio de abastecimento e gestão de cadeia, bem como com os agentes ao longo da cadeia imediata. Neste sentido, abordagens

qualitativas, como por exemplo, o estudo de caso e pesquisas de levantamento de dados seriam interessantes para exploração dos critérios envolvidos na seleção de fornecedores sustentáveis.

Um destaque positivo deste capítulo foi o emprego da técnica de *cloud words* para análise de conteúdo dos trabalhos e também da análise de correspondência. Não é comum encontrar revisões sistemáticas de literatura que empreguem tais métodos no processo de descrição e análise de conteúdo dos artigos. Tais ferramentas constituem uma oportunidade maior de exploração e entendimento de uma revisão sistemática de literatura.

Ainda, cabe ressaltar que a constatação de uma menor taxa de utilização de técnicas na seleção de fornecedores sustentáveis (não somente verdes) não significa que não seja pertinente aplicar a variedade de técnicas e respectivas combinações encontradas na seleção de fornecedores verdes. Possivelmente, essa baixa amplitude de variedade de técnicas e combinações possíveis se deva à incorporação mais recente da perspectiva sustentável.

Importante se faz destacar que há uma demanda latente na literatura por explorar a aplicação de técnicas (e suas possíveis combinações) na seleção de fornecedores sustentáveis que incorporem o lado social de forma explícita e profunda.

Nesta revisão ficam claras ainda as lacunas na perspectiva social no quadro sustentável. Foram analisados os principais critérios envolvidos na seleção de fornecedores verdes e sustentáveis, destacando que há diferença entre os termos, elencando-se os mais citados nos artigos da revisão sistemática. Estes resultados vão de encontro com o objetivo b desta dissertação, na Seção 1.3: “Selecionar indicadores e parâmetros para esta seleção de fornecedores sustentáveis”.

Baseado nesta premissa foi delineado o objetivo central dessa dissertação: a aplicação e explicação detalhada de um modelo híbrido *Fuzzy DEMATEL-ANP* para seleção de fornecedores sustentáveis, incluindo-se as perspectivas econômicas, ambientais e sociais.

## CAPÍTULO 4 *FRAMEWORK* DETALHADO E APLICAÇÃO DO MODELO

O presente capítulo descreve o modelo reestruturado e detalhado pela presente dissertação, tendo como base toda a revisão teórica-conceitual já vista, assim como sua aplicação empírica e os resultados advindos desta aplicação. O modelo é explicado e detalhado na Seção 4.1. Sua aplicação foi ilustrada no Capítulo 5;

### 4.1 EXPLANAÇÃO E DETALHAMENTO DO MODELO

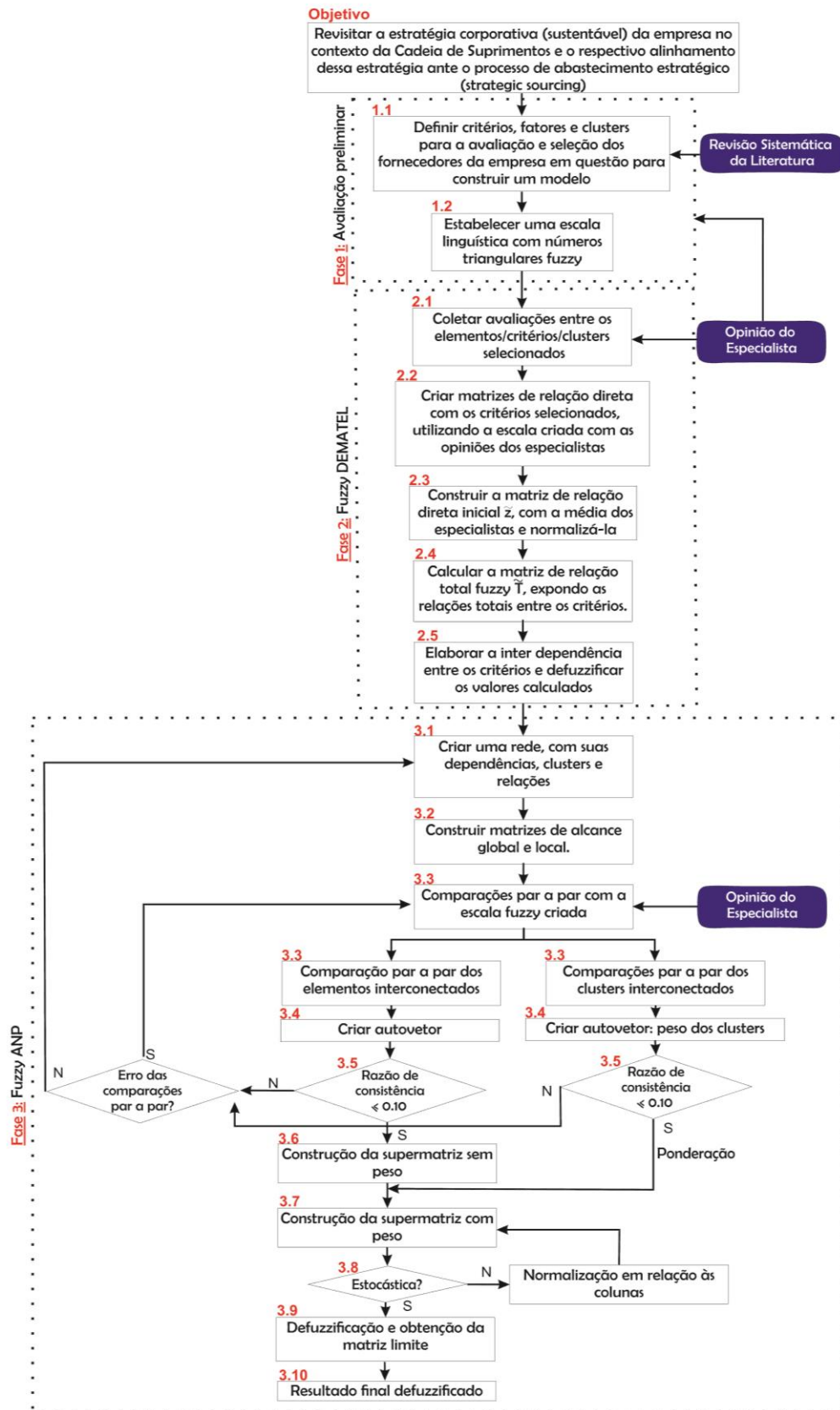
Esta Seção detalha o modelo utilizado para selecionar fornecedores sustentáveis. O *framework* desenvolvido vai de encontro com os objetivos b e c propostos pela pesquisa, na Seção 1.3 (Capítulo 1) revisitado a seguir:

- b) Selecionar indicadores e parâmetros para esta seleção de fornecedores sustentáveis;
- c) Reestruturar um modelo com base no método de inferência *fuzzy*, utilizando a metodologia *fuzzy* DEMATEL e *fuzzy* ANP;

O modelo reestruturado foi desenvolvido tomando como referência os artigos citados anteriormente tanto na revisão de literatura, quanto na revisão sistemática, onde nenhum destes trata da abordagem sustentável com as ferramentas de seleção *Fuzzy* DEMATEL e *Fuzzy* ANP. Os métodos foram certificados nos estudos originais, Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* em Zadeh (1965), o método DEMATEL proposto por Fontela e Gabus (1971) e o método ANP elaborado por Saaty (1996).

Para uma melhor visualização do modelo proposto, foi desenvolvido um fluxograma com seu passo a passo, como pode ser observado na Figura 29.

**Figura 29** – Fluxograma do método reestruturado pela pesquisa



**Fonte:** Reestruturado pela autora segundo Silva, Oliveira e Berderrain (2010) e Sumrit e Anuntavoranich (2012).

Como abordado na Seção 2.3.4, existem diversas formas de aplicar conjuntamente os métodos MCDM em questão. Neste *framework*, a etapa *Fuzzy* DEMATEL expõe os principais critérios e suas relações para que a rede de relacionamento seja construída. Posteriormente, o *Fuzzy* ANP evidencia a ponderação de cada empresa, explicitando as melhores para a seleção de fornecedores sustentáveis, o qual é o objetivo principal deste trabalho. Por conseguinte, a determinação clara das etapas a serem seguidas oferece uma visão holística de todo o processo e de como funciona o método utilizado na presente pesquisa. Como pode ser visto, o método foi dividido em 4 etapas: ‘Avaliação preliminar’, ‘*Fuzzy* DEMATEL’, ‘*Fuzzy* ANP’ e ‘Avaliação Final’. Cada etapa é descrita nos tópicos seguintes.

Antes de iniciar a Fase 1, com a ‘Avaliação Preliminar’, é necessário revisitar a estratégia corporativa da empresa a ser aplicada o método, incluindo a visão sustentável no contexto da Cadeia de Suprimentos em que se insere. Analisar os objetivos quanto à aplicação do método e escolher os fornecedores que serão avaliados fazem parte desta pré-etapa do ‘Objetivo’.

#### **4.1.1 Avaliação preliminar (Fase 1)**

A primeira etapa do modelo consiste em dois passos: definição dos critérios e *clusters* para a seleção de fornecedores sustentáveis (passo 1.1) e estabelecimento das variáveis linguísticas representadas por TFN (passo 1.2).

##### Passo 1.1 Definição dos critérios e *clusters*

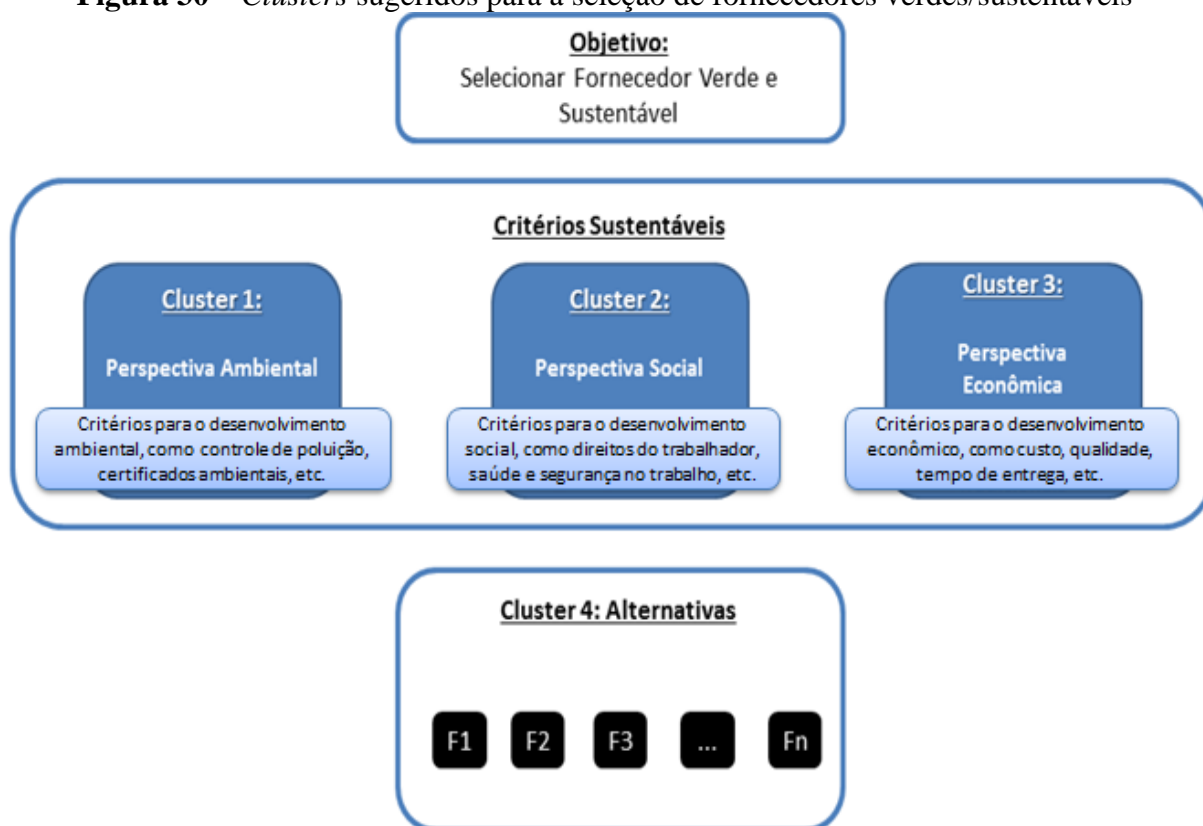
A prática cotidiana prova que a seleção de fornecedores não é algo trivial em uma organização, fazendo com que sejam considerados uma quantidade significativa de critérios para a escolha de um parceiro comercial. Mediante o exposto, precisa-se definir os objetivos quanto à seleção de fornecedores para que as estratégias da empresa sejam reafirmadas no setor de Compras e Gestão da Cadeia de Suprimentos no desenvolvimento sustentável.

A revisão de literatura permitiu identificar os principais critérios utilizados na seleção de fornecedores. Como visto no capítulo anterior, foram pesquisados artigos com visões verdes e sustentáveis, enfatizando que há uma diferença na literatura entre estas duas visões. Sendo assim, a pesquisa trata da visão sustentável, uma vez que o conceito leva em

consideração as perspectivas econômica, ambiental e social. Entretanto, verificou-se que estes critérios são escolhidos de acordo com cada caso aplicado, com determinadas características particulares. Desta forma, a proposição dos *clusters* a serem utilizados na aplicação do modelo se encontra na Figura 30, deixando a escolha dos critérios para a aplicação do método na empresa selecionada.

Na perspectiva ambiental (*Cluster 1*), os critérios verdes são diversos e variados de acordo com o setor da empresa escolhida. Sendo assim, agruparam-se os critérios semelhantes mais utilizados na revisão de literatura, ficando mais claro os objetivos quanto à perspectiva ambiental. Os critérios ambientais mais citados, como visto no Capítulo 3, foram: ‘Sistema de gerenciamento ambiental’, ‘Certificação ambiental e/ou verde / ISO 14001’, ‘Controle de poluição’, ‘Design verde / Eco-design’, ‘Tecnologias mais limpas / ambientais’, ‘Gerenciamento ou controle de resíduos perigosos / Gestão de resíduos’, ‘Seleção de material verde / matéria-prima ambiental’, ‘Consumo de recursos’, ‘Emissão no ar (gases poluentes)’, ‘Produto verde / ambiental’, ‘Reusabilidade / Reuso / Recuperação’.

**Figura 30** – *Clusters* sugeridos para a seleção de fornecedores verdes/sustentáveis



**Fonte:** Proposto pela pesquisa.

A revisão sistemática, explorada no Capítulo 3, mostra que a perspectiva social é pouco explorada nos estudos vigentes. Entretanto, alguns dos principais critérios foram selecionados: ‘Respeito pelas políticas e pelas leis’, ‘Divulgação de informações’, ‘Saúde e segurança do trabalho’, ‘Direitos dos *stakeholders*’, ‘Interesses e direitos dos trabalhadores’ e ‘Subsídios e doações/Contribuições filantrópicas’.

Já na perspectiva Econômica, onde se encontra a maior densidade de citações, por se tratar de conceitos já consolidados na literatura, como já visto, os critérios ‘Custo’ e ‘Qualidade’ são os mais citados, juntamente com ‘Entrega no prazo’. Também foram incluídos no ranking: ‘Capacidade de tecnologia / uso de novas tecnologias’, ‘Flexibilidade’, ‘Custo logístico / de entrega’, ‘Garantia’, ‘Razão de rejeição’, ‘Lead time’, ‘Capacidade de design/projeto’, ‘Capacidade de P&D’, ‘Conformidade com os preços do setor’, ‘Razão de entrega no prazo’.

Para os gestores avaliarem os critérios propostos, é necessário que termos linguísticos, em uma escala lógica, sejam desenvolvidos. O próximo passo expõe estes termos linguísticos e os relacionam em uma escala de números triangulares *fuzzy*.

#### Passo 1.2 Termos linguísticos propostos para *Fuzzy* DEMATEL-ANP

Os gestores precisam de termos práticos e de fácil entendimento para que a análise em questão seja feita corretamente para a aplicação do método. Desta forma, a escala linguística para a avaliação dos critérios, em todas as próximas fases, precisa ser definida. Para isto, utilizou-se TFN, uma vez que a decisão humana tem falhas e os números *fuzzy* procuram suprir esta indecisão quanto aos julgamentos. O Quadro 7 mostra os termos sugeridos, as cores de cada termo correspondem à interpretação da Figura 31.

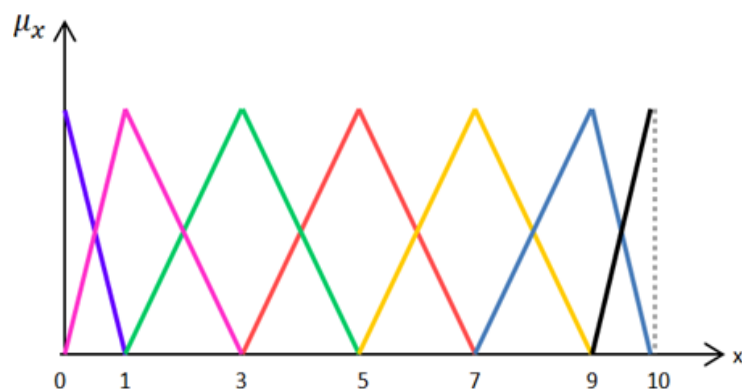
**Quadro 7** – Termos linguísticos para avaliação dos critérios

| <b>Termos Linguísticos para Relacionamento (DEMA TEL)</b> | <b>SIGLA (DEMATEL)</b> | <b>Termos Linguísticos para performance (ANP)</b> | <b>SIGLA (ANP)</b> | <b>TFN</b>         |
|---|------------------------|---|--------------------|--------------------|
| <b>Nenhuma Influência</b>                                 | <b>N</b>               | <b>Igual</b>                                      | <b>IG</b>          | <b>(0, 0, 1)</b>   |
| <b>Influência Muito Baixa</b>                             | <b>MB</b>              | <b>Preferência Razoável</b>                       | <b>RZ</b>          | <b>(0, 1, 3)</b>   |
| <b>Baixa Influência</b>                                   | <b>B</b>               | <b>Preferência Moderada</b>                       | <b>MD</b>          | <b>(1, 3, 5)</b>   |
| <b>Média Influência</b>                                   | <b>MD</b>              | <b>Preferência Essencial</b>                      | <b>ESS</b>         | <b>(3, 5, 7)</b>   |
| <b>Influência Alta</b>                                    | <b>A</b>               | <b>Preferência Forte</b>                          | <b>FT</b>          | <b>(5, 7, 9)</b>   |
| <b>Influência Muito Alta</b>                              | <b>MA</b>              | <b>Preferência Muito Forte</b>                    | <b>MF</b>          | <b>(7, 9, 10)</b>  |
| <b>Influência Absoluta</b>                                | <b>AB</b>              | <b>Preferência Extrema</b>                        | <b>EX</b>          | <b>(9, 10, 10)</b> |

Fonte: Proposto pela autora.



**Figura 31** – Representação gráfica dos termos linguísticos por TFN



**Fonte:** Desenvolvida pela autora.

De acordo com o Quadro 7, foram elaborados termos para a etapa ‘*Fuzzy* DEMATEL’ e para a etapa ‘*Fuzzy* ANP’. Os termos são diferentes pois as perguntas de análise de cada método são diferentes. Na etapa ‘*Fuzzy* DEMATEL’ o objetivo é ver qual o nível de influência de um termo com o outro para que seja construída a rede de relacionamentos. Já na etapa ‘*Fuzzy* ANP’, o objetivo é analisar o desempenho e a preferência de cada critério e fornecedor com a comparação par a par. Desta forma, os termos foram pensados para que os julgamentos sejam mais assertivos quanto ao objetivo.

Neste sentido, depois de definir os critérios, *clusters* e termos linguísticos para as avaliações, segue-se para a próxima fase.

#### 4.1.2 *Fuzzy* DEMATEL (fase 2)

O método aqui empregado é semelhante ao método exposto no tópico 2.3.2, em que descreveu-se o passo a passo do DEMATEL sem a abordagem *fuzzy*. O que muda com a abordagem *fuzzy* é que todos os procedimentos citados são feitos com números triangulares *Fuzzy* (TFN), como mostrado na escala linguística no Quadro 7, utilizando-se as operações com números *fuzzy* destacadas na Seção 2.3.4. Ao final, o resultado é *defuzzificado*, ou seja, os TFN são transformados em números simples para a interpretação qualitativa. O passo a passo é abordado a seguir.

### Passo 2.1 Avaliações dos critérios

Após *clusters* e critérios serem definidos na Fase 1, é preciso elaborar um questionário para a coleta dos julgamentos dos gestores pré-selecionados para a avaliação dos fornecedores. Este questionário deve conter comparações par a par de todos os critérios. Estes serão julgados de acordo com os termos linguísticos dados no Quadro 7. Os tomadores de decisão precisam levar em consideração a cultura de sua empresa e como esta analisa os fornecedores nas perspectivas econômica, social e ambiental.

### Passo 2.2 Criar matrizes de relação direta

Serão  $p$  matrizes, segundo  $p$  gestores entrevistados. Cada matriz será da ordem correspondente à quantidade de critérios selecionados ( $n \times n$ ). Os termos linguísticos são transformados em TFN (Quadro 7). Estes números indicam o grau de influência de  $i$  em  $j$ . A fórmula (32) mostra um exemplo de matriz 'E' com termos linguísticos e transformados em números *fuzzy* triangulares (TFN), onde (0,0,0) não é necessário representar. A indecisão do gestor quanto ao questionário (presente em todo julgamento humano) fica evidente quando se aplica a teoria dos conjuntos *fuzzy* em uma análise multicritério como a abordada.

$$\mathbf{E} = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_{j-1} & C_j \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_{i-1} \\ C_i \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & F & \dots & M & R \\ P & 0 & \dots & F & F \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ A & B & \dots & 0 & M \\ B & B & \dots & M & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_{j-1} & C_j \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_{i-1} \\ C_i \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & (1,3,5) & \dots & (3,5,7) & (5,7,9) \\ (0,1,3) & 0 & \dots & (1,3,5) & (1,3,5) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ (9,10,10) & (7,9,10) & \dots & 0 & (3,5,7) \\ (7,9,10) & (7,9,10) & \dots & (3,5,7) & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (32)$$

### Passo 2.3 Construir matriz de relação direta inicial $\tilde{Z}$ e normalizá-la

Este passo se resume em fazer a média das opiniões dos  $p$  especialistas que fizeram parte da pesquisa ( $\tilde{z}_{ij}$ ), como mostrado em (33). Desta forma, tem-se apenas uma matriz mostrando a relação de todos os critérios envolvidos ao problema de seleção de fornecedores sustentáveis.

$$\tilde{z}_{ij} = \frac{\tilde{z}_1 \oplus \tilde{z}_2 \oplus \tilde{z}_3 \oplus \dots \oplus \tilde{z}_p}{p}, \text{ onde } \tilde{z}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, r_{ij}) \text{ é um TFN.} \quad (33)$$

Após o cálculo da média, é necessário normalizar a matriz para que a soma de cada linha e coluna não ultrapasse o valor de 1. Assim a interpretação da representatividade de cada termo se torna mais acessível. Portanto, a matriz normalizada  $\tilde{X}$ , em (34), é obtida através das fórmulas (35) e (36). A fórmula 36, em que se calcula o fator  $s$ , é sempre utilizado

o  $r_{ij}$  por ser o maior número do TFN, fazendo com que todos os componentes da matriz  $\tilde{X}$  fique entre 0 e 1.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \mathbf{0} & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{x}_{nn} \end{bmatrix} \quad (34)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{s} = \left( \frac{l_{ij}}{s}, \frac{m_{ij}}{s}, \frac{r_{ij}}{s} \right) \quad (35)$$

$$s = \max_{1 \leq i \leq n} \left( \sum_{j=1}^n r_{ij} \right) \quad (36)$$

#### Passo 2.4 Cálculo matriz $\tilde{T}$ de relação total

Neste passo, a última matriz da etapa é calculada segundo as fórmulas (37), (38) e (39). A fórmula (37) apenas mostra a representação de cada elemento da matriz  $\tilde{X}$ , sendo em (39)  $\tilde{X}_l$  a matriz  $\tilde{X}$  apenas com os elementos  $x_l$  dos TFNs, e assim respectivamente com  $\tilde{X}_m$  e  $\tilde{X}_r$ . Em (39), a letra 'I' indica a matriz identidade, de ordem  $n$ . Em (38) vê-se a matriz ilustrativa resultante.

$$\tilde{x}_{ij} = (x_l, x_m, x_r) \quad (37)$$

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{11} & \tilde{t}_{12} & \dots & \tilde{t}_{1n} \\ \tilde{t}_{21} & \tilde{t}_{22} & \mathbf{0} & \tilde{t}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \tilde{t}_{n2} & \dots & \tilde{t}_{nn} \end{bmatrix}. \quad (38)$$

Onde  $\tilde{t}_{ij} = (\tilde{l}_{ij}, \tilde{m}_{ij}, \tilde{r}_{ij})$  e,

$$\begin{aligned} [\tilde{l}_{ij}] &= \tilde{X}_l \times (\mathbf{I} - \tilde{X}_l)^{-1} \\ [\tilde{m}_{ij}] &= \tilde{X}_m \times (\mathbf{I} - \tilde{X}_m)^{-1} \\ [\tilde{r}_{ij}] &= \tilde{X}_r \times (\mathbf{I} - \tilde{X}_r)^{-1} \end{aligned} \quad (39)$$

#### Passo 2.5 Resultado final e defuzzificação

Para a computação dos resultados numéricos finais da etapa 2 (*Fuzzy DEMATEL*), é preciso somar as linhas ( $\tilde{D}_i$ ) e as colunas ( $\tilde{R}_i$ ) de  $\tilde{T}$  conforme explicitado em (40). Após a elaboração das duas matrizes ( $\tilde{D}_i$  e  $\tilde{R}_i$ ), são calculadas a soma ( $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ ) e subtração ( $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ ) destas. No entanto, estes valores precisam ser *defuzzificados*.

$$\begin{aligned}\tilde{D}_i = [\tilde{d}_i]_{nx1} &= \left( \sum_{j=1}^n t_{ij} \right)_{nx1} = \left( \sum_{j=1}^n l_{ij}, \sum_{j=1}^n m_{ij}, \sum_{j=1}^n r_{ij} \right)_{nx1} \\ \tilde{R}_i = [\tilde{r}_i]'_{nx1} &= \left( \sum_{i=1}^n t_{ij} \right)'_{1xn} = \left( \sum_{i=1}^n l_{ij}, \sum_{i=1}^n m_{ij}, \sum_{i=1}^n r_{ij} \right)'_{1xn}\end{aligned}\quad (40)$$

Como pode-se notar, os resultados da subtração e soma final são em números triangulares *fuzzy* (TFN). Desta forma, os resultados implicam em uma região *fuzzy* de saída que leva em consideração todas as regras ativadas. Entretanto, as respostas que são esperadas são valores pontuais de saída (valores *crisp* ao invés de regiões *fuzzy*). Nesse sentido, os especialistas ou gestores que irão tomar as decisões, sobre a seleção de fornecedores sustentável, necessitam de valores precisos de saída para aumentar a dinâmica do processo. Os operadores de *defuzzificação* permitem obter um valor pontual (*crisp*) a partir da região *fuzzy* produzida pela agregação das regras ativadas. Existem vários métodos de *defuzzificação* na literatura: Média dos Máximos, Primeiro máximo, centro de área, média ponderada, entre outros. Esta pesquisa utiliza o centro de área (CDA) dado por:

$$CDA = \frac{\sum_{k=1}^N [\mu(v_k) \cdot v_k]}{\sum_{k=1}^N \mu(v_k)} \quad (41)$$

onde N é o número de discretizações do universo de discurso,  $v_k$  são os valores do universo de discurso e  $\mu(v_k)$  são os valores da função de pertinência em  $v_k$ .

O CDA é o método mais assertivo quanto à precisão das resoluções e o mais confiável dentre os procedimentos (SILVA, 2015).

### Passo 2.6 Construir diagrama de relacionamento e analisar resultados

Após  $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$  e  $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$  serem *defuzzificados*, tornando-se  $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$  e  $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)^{def}$  é necessário fazer a análise dos resultados e o diagrama de relacionamento, fazendo com que as interações entre os critérios sejam melhor exploradas. Para maior explicação do detalhamento dos resultados, veja o tópico 2.3.1, no sétimo passo. Após isso, a rede de relacionamento é construída para que a fase do *Fuzzy ANP* comece.

### 4.1.3 *Fuzzy* ANP (Fase 3)

A Fase 3 se resume em aplicar o método ANP com abordagem *fuzzy*. Da mesma forma que a Fase 2 mostrou, a diferença entre este modelo e o exposto no tópico 2.3.2 é a abordagem *fuzzy* e o uso conjunto com o método de análise multicritério *Fuzzy* DEMATEL. O passo a passo é mostrado a seguir.

#### Passo 3.1 Construção da rede

As inter-relações entre os critérios já estão especificadas pela fase anterior. Assim, não é preciso deduzir as relações de dependência, *feedbacks* e *loops* entre *clusters*, critérios e alternativas. Nesse sentido, apenas é necessário montar a rede de relacionamento e certificar de que todas as dependências e conexões estão corretas.

#### Passo 3.2 Construir matrizes de alcance global e local

As matrizes de alcance global e local, como visto na Seção 2.3.2, são construídas após o desenvolvimento da rede. A matriz global permite identificar as relações entre os *clusters*. Já a matriz local define as relações entre quaisquer elementos da rede. Em ambas as matrizes, o valor 0 será atribuído se não houver dependência e o valor 1, caso contrário;

#### Passo 3.3 Comparações par a par e julgamentos

Após as relações estabelecidas, é necessário criar um questionário sobre o desempenho e importância de cada critério, *cluster* e alternativa. A comparação é pareada, utilizando a escala com termos linguísticos do Quadro 7.

Para exemplificar esta comparação, em um questionário critério x critério, os gestores devem se perguntar: ‘Qual é mais importante para a minha organização? Emissões baixas de CO2 ou Entregas no Prazo correto?’ ou ‘Qualidade ou Preço baixo?’. Já em uma comparação de critérios x alternativas, os gestores devem se perguntar, por exemplo, ‘O fornecedor X é melhor em termos da Responsabilidade social ou na Prevenção da poluição?’. E assim respectivamente, de acordo com o questionário montado e as matrizes de alcance local e global.

Com as respostas dos questionários, são montadas matrizes para cada gestor, com os correspondentes números *fuzzy* triangulares do Quadro 7. É feita uma média dos

julgamentos dos especialistas (conforme fórmula (33) da etapa anterior ‘Fuzzy DEMATEL’), formando-se  $n$  matrizes, de acordo com  $n$  comparações feitas. Em (42) uma matriz fuzzy  $\tilde{A}$  resultante é representada. O termo  $\tilde{a}_{ij}$  demonstra uma comparação de  $i$  (linhas) com  $j$  (colunas). Esta matriz é assumida como recíproca, ou seja, a comparação  $\tilde{a}_{ji}$  é o inverso da comparação  $\tilde{a}_{ij}$ , veja em (43). Suponha que a relação de C1 para C2, no triângulo superior direito da matriz, seja (1,2,3). Assim, a relação de C2 para C1 no triângulo inferior da matriz é (1/3, 1/2, 1).

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (a_{11}^l, a_{11}^m, a_{11}^r) & (a_{12}^l, a_{12}^m, a_{12}^r) & \cdots & (a_{1j}^l, a_{1j}^m, a_{1j}^r) \\ (a_{21}^l, a_{21}^m, a_{21}^r) & (a_{22}^l, a_{22}^m, a_{22}^r) & \cdots & (a_{2j}^l, a_{2j}^m, a_{2j}^r) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (a_{i1}^l, a_{i1}^m, a_{i1}^r) & (a_{i2}^l, a_{i2}^m, a_{i2}^r) & \cdots & (a_{ij}^l, a_{ij}^m, a_{ij}^r) \end{bmatrix} \quad (42)$$

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (1, 1, 1) & (a_{12}^l, a_{12}^m, a_{12}^r) & \cdots & (a_{1j}^l, a_{1j}^m, a_{1j}^r) \\ \left(\frac{1}{a_{12}^r}, \frac{1}{a_{12}^m}, \frac{1}{a_{12}^l}\right) & (1, 1, 1) & \cdots & (a_{2j}^l, a_{2j}^m, a_{2j}^r) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \left(\frac{1}{a_{i1}^r}, \frac{1}{a_{i1}^m}, \frac{1}{a_{i1}^l}\right) & \left(\frac{1}{a_{2i}^r}, \frac{1}{a_{2i}^m}, \frac{1}{a_{2i}^l}\right) & \cdots & (1, 1, 1) \end{bmatrix} \quad (43)$$

#### Passo 3.4 Cálculo autovetores

Neste estudo, o método logarítmico dos mínimos quadrados é utilizado para obter os pesos de cada critério e de cada *cluster*. O vetor resultante é chamado de autovetor. As fórmulas (44) e (45) exemplificam seu cálculo.

$$\tilde{W} = (W_k^l, W_k^m, W_k^r), \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (44)$$

$$W_k^s = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{kj}^s)^{1/n}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{kj}^m)^{1/n}}, \quad s \in \{l, m, r\} \quad (45)$$

#### Passo 3.5 Cálculo e verificação da Razão de Consistência (CR)

Esta etapa não se difere da abordada na Seção 2.3.2 (Passo 2.2), onde o CR corresponde à fórmula (12) deste trabalho. Como mostrado anteriormente, o valor de CR não deve ultrapassar **0,1** para que os autovetores sejam coerentes e creditáveis.

### Passo 3.6 Construção da supermatriz sem peso

Com todos os autovetores e CR calculados, a supermatriz é construída. A supermatriz possibilita a resolução dos efeitos da interdependência entre os elementos da estrutura em rede. É uma matriz particionada, onde cada submatriz é composta por um conjunto de relações quantificadas, os autovetores dos passos anteriores. Em (46) tem-se uma supermatriz de uma estrutura em rede com 3 níveis: Objetivo, Critérios e Alternativas.

$$W = \begin{array}{l} \mathbf{O} \quad \mathbf{C} \quad \mathbf{A} \\ \mathbf{Objetivo (O)} \\ \mathbf{Critérios (C)} \\ \mathbf{Alternativas (A)} \end{array} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ W_{21} & W_{22} & 0 \\ 0 & W_{32} & I \end{bmatrix}, \quad (46)$$

onde o vetor  $W_{21}$  representa a influência dos critérios quanto aos objetivos, o vetor  $W_{22}$  demonstra um *loop* de relações entre os critérios, ou seja, uma influência mútua. O vetor  $W_{32}$  simboliza a relação entre as alternativas (neste caso, os fornecedores a serem escolhidos) e os critérios. A letra  $I$  representada demonstra a matriz identidade.

### Passo 3.7 Construção da matriz com peso

O método propõe a utilização dos pesos dos *clusters*, com os autovetores criados nas comparações par a par. Estes pesos são multiplicados pela supermatriz. Cada peso é atribuído ao seu *cluster* correspondente, da mesma forma como dado na Seção 2.3.2.

### Passo 3.8 Verificação da normalidade

A matriz resultante precisa ser estocástica, isto é, precisa ser normalizada para que a interpretação seja mais assertiva. As fórmulas a serem utilizadas se encontram na etapa anterior, em (34), (35) e (36).

### Passo 3.9 Defuzzificação e Cálculo da Matriz Limite

A matriz ponderada estocástica resultante é *defuzzificada*. Para isto, utiliza-se do método de centro de área (CDA), como já explicado na etapa anterior. A fórmula do CDA se encontra em (41).

No entanto, a matriz resultante possui valores discrepantes. Desta maneira não se consegue tirar conclusões sobre o melhor fornecedor. Assim, é necessário convergir as linhas da supermatriz utilizando-se o método das potências. Este método consiste em elevar a supermatriz a potências sucessivas até que cada linha convirja para um determinado valor.

### Passo 3.10 Análise Final *Fuzzy* - ANP

A análise final consiste em interpretar os valores da supermatriz resultante. É possível fazer um ranking das alternativas, listando as melhores de acordo com os critérios avaliados. Também é interessante verificar os critérios mais relevantes para a empresa e concluir se os fornecedores escolhidos condizem com o esperado.

Após a descrição detalhada do modelo, o próximo Capítulo descreve a aplicação deste em uma empresa real e seus resultados.



## CAPÍTULO 5 APLICAÇÃO DO MODELO

Primeiramente, neste Capítulo, a caracterização da empresa, em que o modelo foi aplicado, será discutida. Posteriormente, os métodos adotados para a aplicação do modelo serão esclarecidos e exemplificados na Seção 5.2. Desta forma, os resultados serão apresentados e, em seguida, analisados e discutidos para um melhor entendimento.

### 5.1 MÉTODO DE APLICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Para a aplicação do modelo, inicialmente buscou-se identificar empresas que trabalham com a aplicação de práticas sustentáveis e prezam por esta visão, inclusive no departamento de compras e gestão da cadeia de suprimentos, oferecendo esta representatividade nos diferentes níveis de tomada de decisão.

A empresa que concordou em participar da pesquisa e fornecer informações para o desenvolvimento do modelo é uma multinacional em embalagens de vidro puras, sustentáveis que fornece produtos para marcas de alimentos e bebidas mais influentes no mercado competitivo. Dentre os produtos fabricados, se encontram embalagens de bebidas em geral, alimentos, cosméticos, produtos farmacêuticos e também objetos para cozinhas.

O vidro é um produto que pode ser usado e reutilizado em sua cadeia produtiva de 20 a 30 vezes antes de ser retirado de circulação e reciclado. Assim, a empresa colaboradora com a pesquisa faz análises do ciclo de vida do seu produto e possui metas de sustentabilidade, como reduzir o uso de energia, diminuir emissões de carbono, aumentar o uso de vidro reciclado em seus produtos e em seu processo de fabricação.

Neste cenário a empresa possui uma política global de compras que fornece uma estrutura em torno do envolvimento, seleção e gestão de fornecedores levando em consideração a visão sustentável nas três perspectivas: ambiental, social e econômica.

O contato inicial com a empresa foi feito através de e-mail, contendo um documento didático e explicativo sobre o projeto. Este foi encaminhado à coordenadora de Compras e Cadeia de Suprimentos para que o primeiro contato direto fosse realizado. Como o escritório se localiza no Rio de Janeiro, a aplicação dos questionários e a discussão dos resultados foram feitas através de e-mails, ligações telefônicas e aplicativo de mensagens instantâneas.

## 5.2. APLICAÇÃO E RESULTADOS DO MODELO – FUZZY DEMATEL

Como visto na Seção 4.1.1, o modelo se inicia com a definição dos critérios e *clusters* para o processo de seleção de fornecedores. Na Seção 3.4, o Quadro 6 destacou os critérios mais citados na revisão sistemática, de acordo com as três perspectivas de sustentabilidade. Estes critérios foram descritos em um questionário para que a coordenadora da empresa colaboradora escolhesse os 5 principais critérios que a instituição preza quando seleciona seus fornecedores. Este questionário se encontra no Apêndice F. Vale destacar que, no questionário, não havia as indicações da relevância dos critérios na literatura para não haver indução à resposta. A coordenadora também tinha a opção de sugerir algum termo que eles utilizam e que não se encontrava na listagem. Os critérios selecionados se encontram no Quadro 8. Percebe-se que a coordenadora incluiu 2 novos critérios na relação. O critério “*compliance*” foi incorporado à visão Econômica e o critério “Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis” foi incorporado à visão Social.

**Quadro 8** – Critérios selecionados para o desenvolvimento do modelo

| Econômico              | Ambiental                                 | Social   |
|------------------------|---|--|
| (E1) Custo             | (A1) Certificações ambientais / ISO 14001 | (S1) Respeito pelas políticas  |
| (E2) Qualidade         | (A2) Controle da poluição                 | (S2) Saúde e segurança do trabalho   |
| (E3) Entrega no prazo  | (A3) Tecnologias mais limpas              | (S3) Direitos dos <i>stakeholders</i>  |
| (E4) Custo logístico   | (A4) Consumo de recursos                  | (S4) Interesses e direitos dos trabalhadores                                   |
| (E5) <i>Compliance</i> | (A5) Reuso/ Recuperação                   | (S5) Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis |

Fonte: Dados da pesquisa

O critério “*Compliance*” pode ser entendido como a capacidade do fornecedor de seguir as especificações da empresa contratante do serviço e/ou produto. O critério “Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis” diz respeito ao empoderamento que a empresa mostra em relação ao desenvolvimento de programas de reciclagem na sociedade, por isso o critério faz parte da perspectiva Social.

Posteriormente, com os critérios definidos, foi feita a segunda parte do contato com a empresa, onde o DEMATEL se inicia. Uma matriz com os *clusters* e uma matriz com os critérios foram encaminhadas para a coordenadora da empresa colaboradora para ser respondida, com auxílio de ligação telefônica e mensagens de texto instantâneas, esta matriz

se encontra no Apêndice G. A coordenadora respondeu apenas uma vez, discutindo conjuntamente com outros tomadores de decisão da empresa. Assim, as duas matrizes de relação direta foram construídas, o Quadro 9 representa a matriz direta de relação entre os *clusters* e o Quadro 10 expõe as relações entre os critérios nas 3 perspectivas.

**Quadro 9 – Matriz de relação direta entre os *clusters***

| Clusters  | Econômico | Ambiental | Social |
|-----------|-----------|-----------|--------|
| Econômico |           | A         | B      |
| Ambiental | MD        |           | B      |
| Social    | A         | MB        |        |

Fonte: Dados da pesquisa.

**Quadro 10 - Matriz de relação direta entre os critérios selecionados**

| CRITÉRIOS | ECONÔMICO |    |    |    |    | AMBIENTAL |    |    |    |    | SOCIAL |    |    |    |    |    |
|-----------|-----------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|----|
|           | E1        | E2 | E3 | E4 | E5 | A1        | A2 | A3 | A4 | A5 | S1     | S2 | S3 | S4 | S5 |    |
| ECONÔMICO | E1        |    | MA | MB | MA | MA        | A  | A  | MA | A  | MA     | A  | A  | MA | MA | MA |
|           | E2        | MA |    | A  | B  | A         | MA | MA | MA | A  | MA     | A  | B  | A  | B  | B  |
|           | E3        | MB | A  |    | MB | B         | A  | A  | A  | A  | A      | B  | B  | B  | B  | B  |
|           | E4        | MA | A  | A  |    | B         | A  | MA | A  | A  | A      | A  | B  | B  | B  | A  |
|           | E5        | A  | A  | B  | B  |           | MA | A  | A  | A  | A      | A  | A  | A  | A  | A  |
| AMBIENTAL | A1        | MA | MA | B  | MA | MA        |    | MA | MA | A  | A      | A  | A  | A  | A  | B  |
|           | A2        | A  | MA | MB | MA | MA        | MA |    | MA | A  | MA     | B  | A  | MA | B  | B  |
|           | A3        | B  | MA | MB | MA | MA        | MA | MA |    | MA | A      | B  | A  | A  | B  | B  |
|           | A4        | MA | A  | MB | B  | MA        | MA | MA | MA |    | MA     | B  | B  | A  | B  | MA |
|           | A5        | MA | MA | B  | MA | AB        | MA | MA | MA | MA |        | MA | B  | A  | B  | MA |
| SOCIAL    | S1        | A  | A  | B  | A  | MA        | MA | MA | A  | A  | MA     |    | MA | MA | A  | A  |
|           | S2        | A  | MA | B  | B  | AB        | A  | A  | A  | B  | B      | MA |    | A  | MA | B  |
|           | S3        | MA | MA | A  | A  | MA        | MA | MA | MA | A  | B      | MA | A  |    | A  | A  |
|           | S4        | MA | MA | A  | A  | MA        | B  | B  | B  | B  | B      | A  | MA | A  |    | B  |
|           | S5        | MA | B  | B  | B  | MA        | A  | A  | A  | MA | AB     | MA | B  | MA | B  |    |

Fonte: Dados da pesquisa.

Os termos linguísticos das matrizes foram substituídos pelos números triangulares *fuzzy* correspondentes, como visto no Quadro 7, e as matrizes  $\tilde{Z}$  dos *Clusters* e Critérios, respectivamente Tabelas 6 e 7, foram elaboradas.

**Tabela 6 - Matriz  $\tilde{Z}$  de relação direta entre *Clusters***

|           | Econômico | Ambiental | Social  |
|-----------|-----------|-----------|---------|
| Econômico |           | (5,7,9)   | (1,3,5) |
| Ambiental | (3,5,7)   |           | (1,3,5) |
| Social    | (5,7,9)   | (0,1,3)   |         |

Fonte: Dados da Pesquisa

**Tabela 7** - Matriz  $\tilde{z}$  de relação direta entre os critérios

|    | E1       | ... | A3       | ... | S5       |
|----|----------|-----|----------|-----|----------|
| E1 | 0        | ... | (7,9,10) | ... | (7,9,10) |
| E2 | (7,9,10) | ... | (7,9,10) | ... | (1,3,5)  |
| ⋮  | ⋮        | ⋮   | ⋮        | ⋮   | ⋮        |
| A3 | (1,3,5)  | ... | 0        | ... | (1,3,5)  |
| ⋮  | ⋮        | ⋮   | ⋮        | ⋮   | ⋮        |
| S5 | (7,9,10) | ... | (5,7,9)  | ... | 0        |

Fonte: Dados da pesquisa.

Agora já na etapa 2.3, como visto na Seção anterior 4.1, estas duas matrizes foram normalizadas, obtendo-se as matrizes ' $\tilde{X}$ ', representadas nas Tabelas 8 e 9 seguintes.

**Tabela 8** – Matriz  $\tilde{X}$ , normalizada relacionada aos *Clusters*

|           | Econômico              | Ambiental              | Social                 |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Econômico | (0.1907,0.5741,2.074)  | (0.5044,0.9444,2.387)  | (0.2398,0.6296,1.9678) |
| Ambiental | (0.3638,0.7533,2.189)  | (0.1576,0.4841,1.7945) | (0.1323,0.4835,1.7233) |
| Social    | (0.2315,0.5959,1.9096) | (0.1571,0.5397,1.8048) | (0.0501,0.2705,1.3171) |

Fonte: Dados da pesquisa

**Tabela 9** - Matriz  $\tilde{X}$ , normalizada relacionada aos Critérios

|    | E1                     | ... | A3                     | ... | S5                     |
|----|------------------------|-----|------------------------|-----|------------------------|
| E1 | 0                      | ... | (0.0547,0.0703,0.0781) | ... | (0.0547,0.0703,0.0781) |
| E2 | (0.0547,0.0703,0.0781) | ... | (0.0547,0.0703,0.0781) | ... | (0.0078,0.0234,0.0391) |
| ⋮  | ⋮                      | ⋮   | ⋮                      | ⋮   | ⋮                      |
| A3 | (0.0078,0.0234,0.0391) | ... | 0                      | ... | (0.0078,0.0234,0.0391) |
| ⋮  | ⋮                      | ⋮   | ⋮                      | ⋮   | ⋮                      |
| S5 | (0.0547,0.0703,0.0781) | ... | (0.0391,0.0547,0.0703) | ... | 0                      |

Fonte: Dados da pesquisa

Com estes resultados da Matriz  $\tilde{X}$ , foram obtidas as matrizes  $\tilde{T}$ , nas tabelas 10 e 11, conforme as fórmulas 37 a 39.

**Tabela 10** - Matriz  $\tilde{T}$  de relação Total (*Clusters*)

|           | Econômico              | Ambiental              | Social                 |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Econômico | 0                      | (0.4118,0.5294,0.5882) | (0.1765,0.2941,0.4118) |
| Ambiental | (0.2941,0.4118,0.5294) | 0                      | (0.0588,0.1765,0.2941) |
| Social    | (0.1765,0.2941,0.4118) | (0.0588,0.1765,0.2941) | 0                      |

Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 11-** Matriz  $\tilde{T}$  de relação total (Critérios)

|    | E1                     | ... | A3                     | ... | S5                     |
|----|------------------------|-----|------------------------|-----|------------------------|
| E1 | (0.0572,0.1786,0.6883) | ... | (0.1097,0.2486,0.7831) | ... | (0.0882,0.1972,0.6368) |
| E2 | (0.0953,0.2126,0.6915) | ... | (0.1005,0.2250,0.7153) | ... | (0.0372,0.136,0.5471)  |
| ⋮  | ⋮                      | ⋮   | ⋮                      | ⋮   | ⋮                      |
| A3 | (0.0521,0.1705,0.6345) | ... | (0.0456,0.1519,0.6167) | ... | (0.0349,0.1305,0.5262) |
| ⋮  | ⋮                      | ⋮   | ⋮                      | ⋮   | ⋮                      |
| S5 | (0.0983,0.2188,0.6821) | ... | (0.0867,0.2111,0.697)  | ... | (0.0328,0.1158,0.5018) |

**Fonte:** Dados da pesquisa.

Com a matriz  $\tilde{T}$  finalizada e calculada, o penúltimo passo do DEMATEL é iniciado como descrito no Passo 2.5. É feita a soma das linhas e colunas, obtendo-se  $\tilde{D}_i$  e  $\tilde{R}_i$ , respectivamente. Estes valores são somados ( $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ ) e subtraídos ( $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ ) para obter-se a relação final dos termos tratados. Estes resultados são *defuzzificados*, utilizando-se o método do centro de área, como visto na Fórmula 41, resultando em  $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$  e  $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)^{def}$ . Os Quadros 11 e 12 detalham os resultados para cada *cluster* e para cada critério selecionado e analisado.

Com estes resultados foram feitos os diagramas de relação Causa e Efeito. Para construí-lo, colocou-se os resultados de  $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$  no eixo horizontal (x) e os resultados de  $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)^{def}$  no eixo vertical (y). Desta forma, a análise visual dos resultados torna-se mais clara e objetiva. As Figuras 32 e 33, respectivamente, apresentam os gráficos das relações entre *Clusters* e Critérios. A análise destes resultados se encontram no próximo item.

**Quadro 11** – Quadro de relações finais entre os *Clusters*

| <i>Cluster</i>   | $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ | $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ | $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$ | $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)^{def}$ |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Econômico</b> | (1.7208,4.0714,12.6014)     | (0.1488,0.2249,0.2562)      | 6,1315                              | 0,21                                |
| <b>Ambiental</b> | (1.4728,3.6892,11.6932)     | (-0.1654,-0.2474,-0.2795)   | 5,6186                              | -0,2307                             |
| <b>Social</b>    | (0.8609,2.7897,10.0397)     | (0.0165,0.0225,0.0233)      | 4,5634                              | 0,0208                              |

**Fonte:** Dados da pesquisa.

**Quadro 12** - Quadro de relações finais entre os Critérios

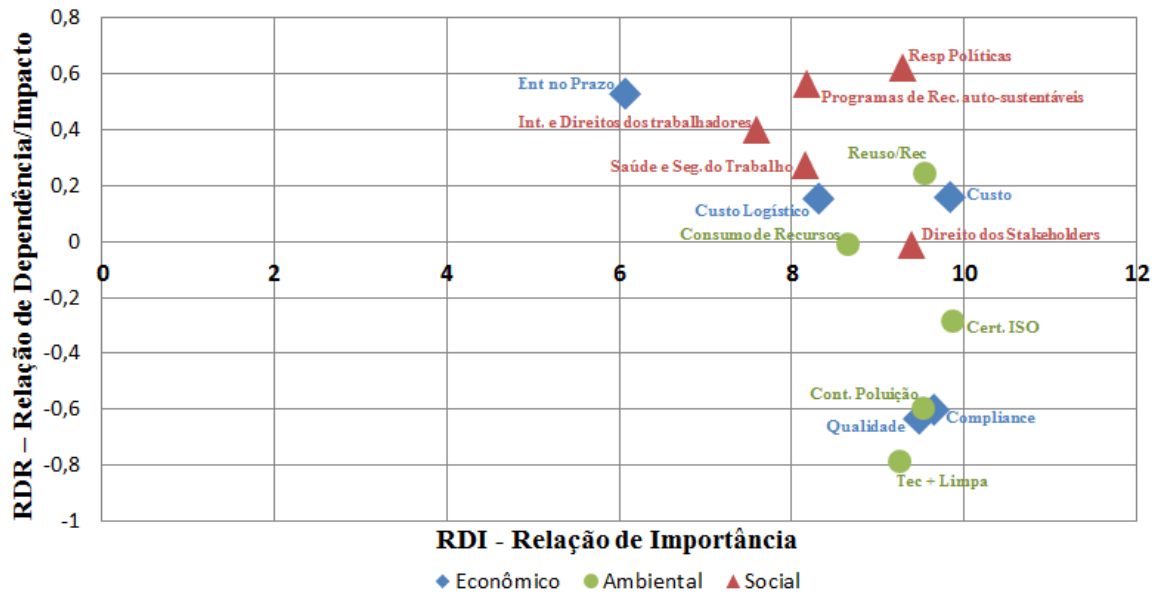
| Sigla | Critério   | $\bar{D}_i + \bar{R}_i$ | $\bar{D}_i - \bar{R}_i$   | $(\bar{D}_i + \bar{R}_i)^{def}$ | $(\bar{D}_i - \bar{R}_i)^{def}$ |
|-------|--|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| E1    | <i>Custo</i>   | (2.5813,6.2226,20.711)  | (0.0638,0.1078,0.2936)    | 9,8385                          | 0,1551                          |
| E2    | <i>Qualidade</i>   | (2.3974,5.9313,20.1023) | (-0.2765,-0.4911,-1.1388) | 9,4771                          | -0,6354                         |
| E3    | <i>Entrega no prazo</i>  | (1.0124,3.3027,13.9107) | (0.1798,0.3803,1.0141)    | 6,0756                          | 0,5247                          |
| E4    | <i>Custo logístico</i>   | (1.892,5.0224,18.0265)  | (0.0174,0.045,0.3946)     | 8,3142                          | 0,1523                          |
| E5    | <i>Compliance</i>  | (2.4985,6.0614,20.4078) | (-0.3792,-0.6213,-0.8115) | 9,6561                          | -0,604                          |
| A1    | <i>Certificações ambientais / ISO 14001</i>                                      | (2.561,6.222,20.8267)   | (-0.1396,-0.2442,-0.4710) | 9,87                            | -0,2849                         |
| A2    | <i>Controle da poluição</i>  | (2.4516,6.0066,20.1532) | (-0.2342,-0.4346,-1.1185) | 9,5373                          | -0,5958                         |
| A3    | <i>Tecnologias mais limpas</i>   | (2.3209,5.7757,19.6687) | (-0.3149,-0.5761,-1.4729) | 9,2553                          | -0,788                          |
| A4    | <i>Consumo de recursos</i>   | (2.1134,5.3474,18.5333) | (0.0002,0.0384,-0.0713)   | 8,6652                          | -0,0109                         |
| A5    | <i>Reuso/ Recuperação</i>  | (2.4994,6.0602,20.0801) | (0.1364,0.2409,0.3514)    | 9,547                           | 0,2429                          |
| S1    | <i>Respeito pelas políticas</i>  | (2.2880,5.7421,19.852)  | (0.2708,0.4759,1.1219)    | 9,2945                          | 0,6229                          |
| S2    | <i>Saúde e segurança do trabalho</i>   | (1.8239,4.8947,17.7673) | (0.1514,0.2394,0.4314)    | 8,1624                          | 0,2741                          |
| S3    | <i>Direitos dos stakeholders</i>   | (2.3867,5.8623,19.9604) | (0.0690,0.0657,-0.1767)   | 9,4035                          | -0,014                          |
| S4    | <i>Interesses e direitos dos trabalhadores</i>                                   | (1.5775,4.4834,16.7205) | (0.1738,0.3061,0.7178)    | 7,5941                          | 0,3992                          |
| S5    | <i>Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis</i> | (1.8834,4.9878,17.6931) | (0.2818,0.4678,0.9360)    | 8,1886                          | 0,5619                          |

Fonte: Dados da pesquisa

**Figura 32** - Diagrama de Causa e Efeito (*Clusters*)

Fonte: Dados da pesquisa.

**Figura 33 - Diagrama de Causa e Efeito (Critérios)**



### 5.3 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS FASE 2 – FUZZY DEMATEL

O *output* da Fase 2 do modelo proposto para a seleção de fornecedores, focando na sustentabilidade, é o resultado da modelagem *fuzzy* DEMATEL, onde as relações e dependências entre os *clusters* e os critérios são evidenciados. O cuidado em identificar os resultados críticos na complexidade dos estudos efetuados é uma tarefa que não só depende do *output*, mas também da aplicação na empresa estudada.

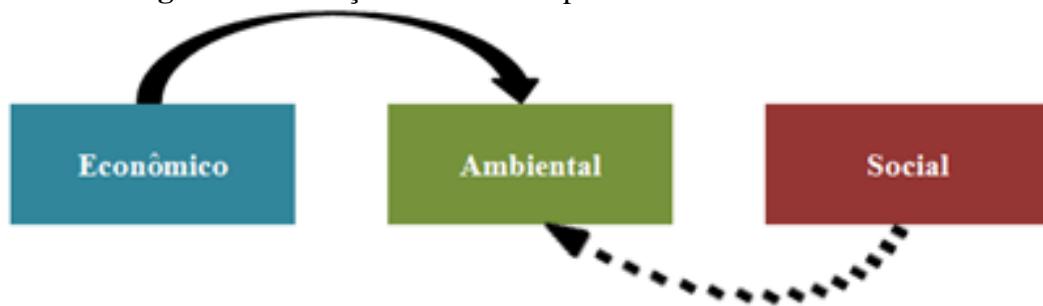
Com relação aos *Clusters*, interpretando-se a coluna  $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$  do Quadro 11 ou o eixo X da Figura 32, pode-se fazer um ranking das perspectivas que são mais importantes para a empresa estudada. Assim, o Quadro 13 destaca a posição de cada *cluster*. Este resultado confirma o que foi visto na revisão sistemática da literatura, mostrando que ainda o *cluster* Econômico é o mais importante para a empresa estudada, deixando o *cluster* Social em última instância. Mas, na empresa em questão, como pode-se perceber, a perspectiva Social ainda ocupa uma posição de destaque na empresa, pois a diferença entre os resultados é pequena, se comparada com as pesquisas já existentes na literatura. Já na coluna  $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)^{def}$  do Quadro 11 e 13, também no eixo Y da Figura 32, estão evidenciadas as relações causais que os *clusters* possuem entre si, sendo os fatores negativos aqueles que recebem influência, e os fatores positivos os que influenciam. A Figura 34 ilustra a relação entre os *clusters* adotada pela pesquisa, começando-se a construir a rede de relações utilizada na Fase 3, como entrada na modelagem *Fuzzy* ANP. Como visto, a perspectiva Econômica

(+0,21) influencia a perspectiva Ambiental (-0,2307), a perspectiva Social (+0,0208) permanece praticamente inerte no gráfico, em cima do eixo X na Figura 32. A pesquisa optou por deixar o *Cluster* Social independente dos demais *clusters* devido ao valor obtido ser praticamente irrelevante diante dos resultados dos *clusters* Econômico e Ambiental.

**Quadro 13** - Ranking de Importância entre os *Clusters*

| <i>Cluster</i> | $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$ | $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)^{def}$ | <i>Ranking</i> |
|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Econômico      | 6,1315                              | 0,21                                | 1º             |
| Ambiental      | 5,6186                              | -0,2307                             | 2º             |
| Social         | 4,5634                              | 0,0208                              | 3º             |

**Figura 34** - Relação Causal de dependência entre os *Clusters*



Já com relação aos Critérios, também foi feito um ranking de acordo com a importância, mostrado na Coluna  $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$  do Quadro 12, e no eixo X da Figura 33. O Quadro 14 demonstra o nível de importância de cada critério para a empresa, colocando-os na ordem do mais importante para o menos importante, a cor da linha mostra a qual *cluster* o critério pertence, sendo a cor azul para o Econômico, o verde para Ambiental e o vermelho para o Social. A análise deste quadro permite destacar que o critério mais importante para a empresa estudada é a posse de Certificações Ambientais (9,87), com uma diferença ínfima para o critério Custo (9,8385). Apesar do *cluster* Econômico ser o mais importante, os critérios ambientais são de relevância alta para a seleção de fornecedores para a empresa de embalagem de vidros em questão. O Quadro 14 também destaca a menor participação dos critérios sociais, aparecendo o critério ‘Direito dos *Stakeholders*’ apenas na 7ª posição.

Fazendo-se a verificação da coluna  $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)^{def}$  dos Quadros 12 e 14, ou também no eixo Y da Figura 33, é perceptível que todos os *clusters* terão *loops*, ou seja, interações dentro do próprio *cluster*, pois todos possuem critérios positivos e negativos, influenciando e sendo influenciados. Os critérios acima do eixo X na Figura 33 são os que exercem influência sobre os outros, e os critérios abaixo do eixo X são aqueles que são

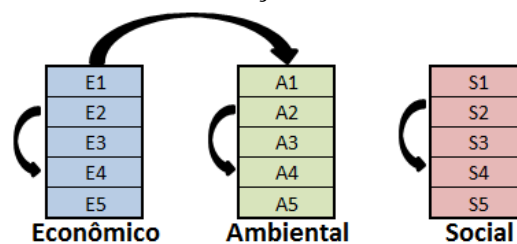


influenciados, veja a rede estruturada a partir dos resultados na Figura 35. Sendo ‘Respeito pelas políticas’ o critério que mais exerce influência, e o critério ‘Tecnologia mais limpa’ o critério que mais recebe influência. Desta forma, com estes resultados, o estudo das entradas para a Fase 3 (ANP) é iniciada.

**Quadro 14** – Ranking de Importância entre Critérios

| Sigla | Critério  | $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$ | $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)^{def}$ | Ranking |
|-------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| A1    | Certificações ambientais / ISO 14001                                      | 9,87                                | -0,2849                             | 1º      |
| E1    | Custo   | 9,8385                              | 0,1551                              | 2º      |
| E5    | Compliance  | 9,6561                              | -0,604                              | 3º      |
| A5    | Reuso/ Recuperação  | 9,547                               | 0,2429                              | 4º      |
| A2    | Controle da poluição  | 9,5373                              | -0,5958                             | 5º      |
| E2    | Qualidade   | 9,4771                              | -0,6354                             | 6º      |
| S3    | Direitos dos stakeholders   | 9,4035                              | -0,014                              | 7º      |
| S1    | Respeito pelas políticas  | 9,2945                              | 0,6229                              | 8º      |
| A3    | Tecnologias mais limpas   | 9,2553                              | -0,788                              | 9º      |
| A4    | Consumo de recursos   | 8,6652                              | -0,0109                             | 10º     |
| E4    | Custo logístico   | 8,3142                              | 0,1523                              | 11º     |
| S5    | Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis | 8,1886                              | 0,5619                              | 12º     |
| S2    | Saúde e segurança do trabalho   | 8,1624                              | 0,2741                              | 13º     |
| S4    | Interesses e direitos dos trabalhadores                                   | 7,5941                              | 0,3992                              | 14º     |
| E3    | Entrega no prazo  | 6,0756                              | 0,5247                              | 15º     |

**Figura 35** - Rede de relações causais entre Critérios



#### 5.4. APLICAÇÃO E RESULTADOS DO MODELO FASE 3 – FUZZY ANP

A última etapa do processo de seleção de fornecedores é a Fase 3 em que se inicia a modelagem *Fuzzy ANP*. Como visto no início deste capítulo, Seção 4.1, as saídas da Fase 2 são as entradas da Fase 3, fazendo com que o pesquisador interprete estes resultados e os aplique, criando uma rede de relacionamentos entre os *clusters* e critérios.

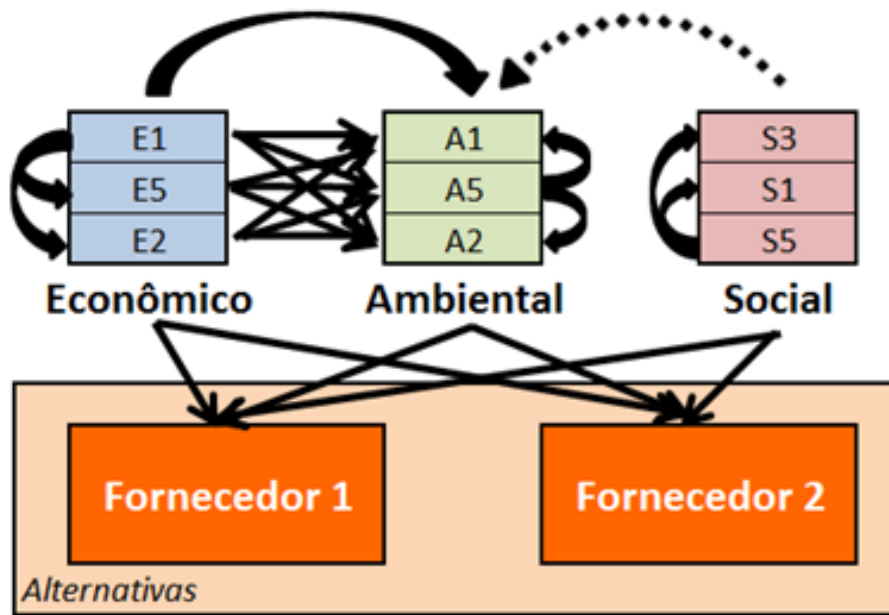
Devido à esta etapa ser complexa diante da modelagem matemática, foi adotado para esta fase apenas 3 critérios de cada perspectiva. Como julgamento para decidir quais critérios iriam fazer parte da seleção de fornecedores foi adotado um ranking de acordo com o fator  $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$ , excluindo-se os dois critérios menos importantes de cada *cluster*. O Quadro 15 ilustra quais os critérios que foram suprimidos da pesquisa com as cores mais fortes de cada *cluster*.

**Quadro 15** – Critérios reorganizados, destacando em cores mais fortes os critérios suprimidos da Fase 3.

| <b>Sigla</b> | <b>Critério</b>  | $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$ | <b>Ranking por Cluster</b> |
|--------------|--|-------------------------------------|----------------------------|
| E1           | <i>Custo</i>   | 9,8385                              | 1º                         |
| E5           | <i>Compliance</i>  | 9,6561                              | 2º                         |
| E2           | <i>Qualidade</i>   | 9,4771                              | 3º                         |
| E3           | <i>Entrega no prazo</i>  | 6,0756                              | 4º                         |
| E4           | <i>Custo logístico</i>   | 8,3142                              | 5º                         |
| A1           | <i>Certificações ambientais / ISO 14001</i>                                      | 9,87                                | 1º                         |
| A5           | <i>Reuso/ Recuperação</i>  | 9,547                               | 2º                         |
| A2           | <i>Controle da poluição</i>  | 9,5373                              | 3º                         |
| A4           | <i>Consumo de recursos</i>   | 8,6652                              | 4º                         |
| A3           | <i>Tecnologias mais limpas</i>   | 9,2553                              | 5º                         |
| S3           | <i>Direitos dos stakeholders</i>   | 9,4035                              | 1º                         |
| S1           | <i>Respeito pelas políticas</i>  | 9,2945                              | 2º                         |
| S5           | <i>Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis</i> | 8,1886                              | 3º                         |
| S2           | <i>Saúde e segurança do trabalho</i>   | 8,1624                              | 4º                         |
| S4           | <i>Interesses e direitos dos trabalhadores</i>                                   | 7,5941                              | 5º                         |

Desta forma, o passo 3.1 pode ser executado, construindo-se a rede de relacionamentos, utilizando-se a coluna  $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)^{def}$  dos Quadros 13 e 14, que representam quais critérios e *clusters* influenciam e são influenciados, levando em consideração também a opinião da especialista entrevistada para a construção da rede ilustrada na Figura 36. Também foi proposto para que a coordenadora da Cadeia de Suprimentos da empresa em questão escolhesse dois dos seus maiores e principais fornecedores de mesma matéria-prima, para que a fase de escolha do melhor fornecedor seja aplicada.

**Figura 36** - Rede de relacionamentos ANP



**Fonte:** Desenvolvido pela autora.

Com as causas e efeitos na rede mostrada na Figura 36, foi possível a realização do passo 3.2, onde a construção das matrizes de alcance global e local é possível. A matriz de alcance global, que pode ser vista no Quadro 16, faz o relacionamento entre os *clusters* Econômico, Ambiental, Social e o *cluster* das Alternativas, ou seja, dos fornecedores. Já o Quadro 17, onde pode-se analisar a Matriz de alcance local, mostra as relações entre todos os critérios e todas as alternativas relacionadas no modelo. Como já foi visto, a posição em que se encontra o número 1 é onde possui relação de dependência da linha (*i*) com a coluna (*j*) e, onde se encontra o número 0, não possui relação.

Com as duas matrizes feitas, tornou-se possível a elaboração do questionário desta terceira e última fase. O quadro 16 mostra que a cada número 1 na relação, é um bloco de questões desenvolvido para gerar as matrizes de relacionamento. O questionário encaminhado para a coordenadora de Cadeia de Suprimentos foi respondido com auxílio de contato telefônico. O modelo do questionário encaminhado se encontra no Apêndice H.

**Quadro 16** - Matriz de alcance global

| <i>Clusters</i> | Alternativas | Econômico | Ambiental | Social |
|-----------------|--------------|-----------|-----------|--------|
| Alternativas    | 0            | 1         | 1         | 1      |
| Econômico       | 1            | 1         | 1         | 0      |
| Ambiental       | 1            | 0         | 1         | 0      |
| Social          | 1            | 0         | 0         | 1      |

**Quadro 17** - Matriz de alcance local

|    | F1 | F2 | E1 | E2 | E5 | A1 | A2 | A5 | S1 | S3 | S5 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| F1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| F2 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| E1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| E2 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| E5 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| A1 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| A2 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| A5 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| S1 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  |
| S3 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| S5 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

Diante da aferição dos resultados, matrizes com comparações par a par dos fornecedores e critérios foram desenvolvidas. Nesta aplicação, como foi visto na Figura 36, existem 4 *clusters*: Econômico, Ambiental, Social e Alternativas. De acordo com o Quadro 16, as comparações podem ser feitas em 10 blocos:

- i. *Econômico x Alternativas*
- ii. *Ambiental x Alternativas*
- iii. *Social x Alternativas*
- iv. *Alternativas x Econômico*
- v. *Alternativas x Ambiental*
- vi. *Alternativas x Social*
- vii. *Econômico x Ambiental*
- viii. *Econômico x Econômico*
- ix. *Ambiental x Ambiental*
- x. *Social x Social*

As matrizes de comparações de acordo com os dez blocos propostos vão ser apresentadas a seguir. As variáveis linguísticas utilizadas nos julgamentos são encontradas no Quadro 7.

- i. *Econômico x Alternativas*

Este bloco cria relações entre os fornecedores da pesquisa, ponderando o fornecedor que mais se destaca em relação a cada critério do cluster econômico. Os Quadros 18, 19 e 20 avaliam os fornecedores, respectivamente, de acordo com o Custo, a Qualidade e o *Compliance*.

**Quadro 18** - Comparação de fornecedores em relação ao custo

| <b>Custo (E1)</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>Autovetor</b> |
|-------------------|-----------|-----------|------------------|
| <b>F1</b>         | 1         | IG        | 0.5              |
| <b>F2</b>         | IG        | 1         | 0.5              |

**Quadro 19** - Comparação de fornecedores em relação à Qualidade

| <b>Qualidade (E2)</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>Autovetor</b> |
|-----------------------|-----------|-----------|------------------|
| <b>F1</b>             | 1         | $1/EX$    | 0.0909           |
| <b>F2</b>             | $EX$      | 1         | 0.9091           |

**Quadro 20** - Comparação de fornecedores em relação ao *Compliance*

| <b>Compliance (E5)</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>Autovetor</b> |
|------------------------|-----------|-----------|------------------|
| <b>F1</b>              | 1         | $1/EX$    | 0.0909           |
| <b>F2</b>              | $EX$      | 1         | 0.9091           |

ii. *Ambiental x Alternativas*

Os Quadros 21, 22 e 23 são responsáveis por relacionar os fornecedores de acordo com os três critérios dentro perspectiva ambiental.

**Quadro 21** - Comparação de fornecedores em relação às Certificações Ambientais / ISO 14001

| <b>Certificações ambientais / ISO 14001 (A1)</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>Autovetor</b> |
|--|-----------|-----------|------------------|
| <b>F1</b>  | 1         | $1/MF$    | 0.0949           |
| <b>F2</b>  | MF        | 1         | 0.9              |

**Quadro 22** - Comparação de fornecedores em relação ao Controle da Poluição

| <b>Controle da Poluição (A2)</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>Autovetor</b> |
|----------------------------------|-----------|-----------|------------------|
| <b>F1</b>                        | 1         | IG        | 0.5              |
| <b>F2</b>                        | IG        | 1         | 0.5              |

**Quadro 23** - Comparação de fornecedores em relação ao Reuso/Recuperação

| <b>Reuso / Recuperação (A5)</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>Autovetor</b> |
|---------------------------------|-----------|-----------|------------------|
| <b>F1</b>                       | 1         | $1/MF$    | 0.0949           |
| <b>F2</b>                       | MF        | 1         | 0.9              |

iii. *Social x Alternativas*

Seguindo a mesma lógica, os Quadros 24, 25 e 26 a seguir representam as relações dos critérios da Perspectiva Social com os dois fornecedores da pesquisa.

**Quadro 24** – Comparação de fornecedores em relação ao critério Respeito pelas Políticas

| <b>Respeito pelas políticas (S1)</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>Autovetor</b> |
|--------------------------------------|-----------|-----------|------------------|
| <b>F1</b>                            | 1         | <i>IG</i> | 0.5              |
| <b>F2</b>                            | <i>IG</i> | 1         | 0.5              |

**Quadro 25** - Comparação de fornecedores em relação ao critério Diretos dos Stakeholders

| <b>Direitos dos Stakeholders (S3)</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>Autovetor</b> |
|---------------------------------------|-----------|-----------|------------------|
| <b>F1</b>                             | 1         | $1/FT$    | 0.1102           |
| <b>F2</b>                             | <i>FT</i> | 1         | 0.875            |

**Quadro 26** - Comparação de fornecedores em relação ao critério Incentivo ao Desenvolvimento de Programas de Reciclagem Auto-Sustentáveis

| <b>Incentivo ao Desenvolvimento de Programas de Reciclagem Auto-Sustentáveis (S5)</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>Autovetor</b> |
|---|-----------|-----------|------------------|
| <b>F1</b>   | 1         | $1/MF$    | 0.1061           |
| <b>F2</b>   | <i>MF</i> | 1         | 0.8881           |

iv. *Alternativas x Econômico*

Nesta e nas duas comparações seguintes, cada fornecedor é julgado de acordo com cada perspectiva. Dito isto, os Quadros 27 e 28 comparam, respectivamente, o Fornecedor 1 e 2 com os critérios econômicos Custo, Qualidade e *Compliance*.

**Quadro 27** – Comparação entre os critérios econômicos em relação ao Fornecedor 1.

| <b>Fornecedor 1 (F1)</b> | <b>Custo (E1)</b> | <b>Qualidade (E2)</b> | <b>Compliance (E5)</b> | <b>Autovetor</b> |
|--------------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| <b>Custo (E1)</b>        | 1                 | $1/ESS$               | $1/ESS$                | 0.0935           |
| <b>Qualidade (E2)</b>    | <i>ESS</i>        | 1                     | <i>IG</i>              | 0.4532           |
| <b>Compliance (E5)</b>   | <i>ESS</i>        | <i>IG</i>             | 1                      | 0.4532           |

**Quadro 28** - Comparação entre os critérios econômicos em relação ao Fornecedor 2.

| <b>Fornecedor 2 (F2)</b> | <b>Custo (E1)</b> | <b>Qualidade (E2)</b> | <b>Compliance (E5)</b> | <b>Autovetor</b> |
|--------------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| <b>Custo (E1)</b>        | 1                 | $1/ESS$               | $1/ESS$                | 0.0935           |
| <b>Qualidade (E2)</b>    | <i>ESS</i>        | 1                     | <i>IG</i>              | 0.4532           |
| <b>Compliance (E5)</b>   | <i>ESS</i>        | <i>IG</i>             | 1                      | 0.4532           |

v. *Alternativas x Ambiental*

Neste bloco, cada fornecedor é confrontado com os critérios da perspectiva Ambiental. Os Quadros 29 e 30 são os julgamentos, respectivamente, dos Fornecedores 1 e 2 com os critérios Ambientais.

**Quadro 29** – Comparação entre os critérios Ambientais e o Fornecedor 1

| Fornecedor 1 (F1)             | Certificações Ambientais (A1) | Controle da Poluição (A2) | Reuso / Recuperação (A5) | Autovetor |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|
| Certificações Ambientais (A1) | 1                             | 1/MF                      | 1/MF                     | 0.0386    |
| Controle da Poluição (A2)     | MF                            | 1                         | EX                       | 0.8023    |
| Reuso / Recuperação (A5)      | MF                            | 1/EX                      | 1                        | 0.1854    |

**Quadro 30** – Comparação entre os critérios Ambientais e o Fornecedor 2

| Fornecedor 2 (F2)             | Certificações Ambientais (A1) | Controle da Poluição (A2) | Reuso / Recuperação (A5) | Autovetor |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|
| Certificações Ambientais (A1) | 1                             | IG                        | IG                       | 0.333     |
| Controle da Poluição (A2)     | IG                            | 1                         | IG                       | 0.333     |
| Reuso / Recuperação (A5)      | IG                            | IG                        | 1                        | 0.333     |

vi. *Alternativas x Social*

Da mesma forma que nos outros dois blocos acima, cada Fornecedor é julgado de acordo com os critérios da Perspectiva Social. Os Quadros 31 e 32 mostram os julgamentos.

**Quadro 31** – Comparação entre os critérios Sociais e o Fornecedor 1

| Fornecedor 1 (F1)  | Respeito pelas Políticas (S1) | Direitos dos Stakeholders (S3) | Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis (S5) | Autovetor |
|--|-------------------------------|--------------------------------|--|-----------|
| Respeito pelas Políticas (S1)  | 1                             | ESS                            | ESS  | 0.4316    |
| Direitos dos Stakeholders (S3)   | 1/EX                          | 1                              | EX   | 0.2614    |
| Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis (S5) | 1/EX                          | 1/EX                           | 1  | 0.0692    |

**Quadro 32** - Comparação entre os critérios Sociais e o Fornecedor

| <b>Fornecedor 2 (F2)</b>  | <b>Respeito pelas Políticas (S1)</b> | <b>Direitos dos Stakeholders (S3)</b> | <b>Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis (S5)</b> | <b>Autovetor</b> |
|---|--------------------------------------|---------------------------------------|---|------------------|
| <b>Respeito pelas Políticas (S1)</b>  | 1                                    | <i>FT</i>                             | <i>MF</i>   | 0.6545           |
| <b>Direitos dos Stakeholders (S3)</b>   | $1/_{FT}$                            | 1                                     | $1/_{FT}$   | 0.0547           |
| <b>Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis (S5)</b> | $1/_{MF}$                            | <i>FT</i>                             | 1   | 0.2176           |

vii. *Econômico x Ambiental*

Este bloco faz a relação de influência atribuída pela Fase 2 (Fuzzy ANP) do *Cluster* econômico para o *Cluster* Ambiental. Desta forma, cada critério do *cluster* Econômico é ponderado diante dos critérios da Perspectiva Ambiental. Os Quadros 33, 34 e 35, respectivamente, exibem a ponderação entre os critérios ambientais dada a influência do critério Custo, do critério Qualidade e do critério *Compliance*.

**Quadro 33** – Comparação entre o critério Custo (E1) e os critérios do *cluster* Ambiental

| <b>Custo (E1)</b>                    | <b>Certificações Ambientais (A1)</b> | <b>Controle da Poluição (A2)</b> | <b>Reuso / Recuperação (A5)</b> | <b>Autovetor</b> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------|
| <b>Certificações Ambientais (A1)</b> | 1                                    | <i>FT</i>                        | <i>MD</i>                       | 0.333            |
| <b>Controle da Poluição (A2)</b>     | $1/_{FT}$                            | 1                                | <i>IG</i>                       | 0.333            |
| <b>Reuso / Recuperação (A5)</b>      | $1/_{MD}$                            | <i>IG</i>                        | 1                               | 0.333            |

**Quadro 34** – Comparação entre o critério Qualidade (E2) e os critérios do *cluster* Ambiental

| <b>Qualidade (E2)</b>                | <b>Certificações Ambientais (A1)</b> | <b>Controle da Poluição (A2)</b> | <b>Reuso / Recuperação (A5)</b> | <b>Autovetor</b> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------|
| <b>Certificações Ambientais (A1)</b> | 1                                    | <i>MF</i>                        | <i>MD</i>                       | 0.4961           |
| <b>Controle da Poluição (A2)</b>     | $1/_{MF}$                            | 1                                | <i>IG</i>                       | 0.1247           |
| <b>Reuso / Recuperação (A5)</b>      | $1/_{MD}$                            | <i>IG</i>                        | 1                               | 0.1955           |



**Quadro 35** – Comparação entre o critério *Compliance* (E5) e os critérios do *cluster* Ambiental

| <i>Compliance</i> (E5)        | Certificações Ambientais (A1) | Controle da Poluição (A2) | Reuso / Recuperação (A5) | Autovetor |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|
| Certificações Ambientais (A1) | 1                             | IG                        | IG                       | 0.333     |
| Controle da Poluição (A2)     | IG                            | 1                         | IG                       | 0.333     |
| Reuso / Recuperação (A5)      | IG                            | IG                        | 1                        | 0.333     |

viii. Econômico x Econômico

Neste e nos próximos dois blocos de comparações, os *loops* dentro de um mesmo *cluster* são julgados. Conforme resultado da Fase 2, na perspectiva Econômica, o Custo exerce influência no critério Qualidade e também no critério *Compliance*. O Quadro 36 exibe a comparação feita pela especialista.

**Quadro 36** – Relação do *loop* resultante no *cluster* Econômico

| Custo (E1)             | Qualidade (E2) | <i>Compliance</i> (E5) | Autovetor |
|------------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Qualidade (E2)         | 1              | MD                     | 0.433     |
| <i>Compliance</i> (E5) | 1/MD           | 1                      | 0.25      |

ix. Ambiental x Ambiental

Neste bloco de comparações, Quadro 37, o critério Reuso / Recuperação exerce influência nos critérios ‘Certificações Ambientais / ISO 14001’ e ‘Controle da Poluição’.

**Quadro 37** - Relação do *loop* resultante no *cluster* Ambiental

| Reuso / Recuperação (A5)                  | Certificações Ambientais / ISO 14001 (A1) | Controle da Poluição(A2) | Autovetor |
|---|---|--------------------------|-----------|
| Certificações Ambientais / ISO 14001 (A1) | 1   | IG                       | 0.5       |
| Controle da Poluição(A2)                  | IG  | 1                        | 0.5       |

x. Social x Social

O *cluster* Social, primeiramente havia apenas um critério negativo que sofre influência (Direitos dos *Stakeholders* – S3). Entretanto, para que o *loop* seja efetuado precisa ter, no mínimo um par de critérios para comparação. Desta forma, foi adotado pela pesquisa, que

o critério de maior valor de  $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$ , segundo o Quadro 14, ‘Respeito pelas políticas – S1’ exerça influência nos critérios de menor valor, que são: ‘Direitos dos *Stakeholders*’ e ‘Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis’. O Quadro 38 retrata esta relação.

**Quadro 38 -** Relação do *loop* resultante no *cluster* Ambiental

| Respeito pelas políticas (S1)  | Direitos dos <i>Stakeholders</i> (S3) | Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis (S5) | Autovetor |
|--|---------------------------------------|--|-----------|
| Direitos dos <i>Stakeholders</i> (S3)  | 1                                     | <i>MD</i>  | 0.433     |
| Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis (S5) | $1/MD$                                | 1  | 0.25      |

Desta forma, mais uma etapa é preciso antes de elaborar a supermatriz com o resumo dos autovetores. A ponderação dos *clusters* de acordo com sua representatividade é necessária. A matriz que representa esta ponderação está detalhada na Tabela 12.

**Tabela 12 -** Matriz de ponderação dos *clusters*

|              | Alternativas | Econômico | Ambiental | Social | Autovetor     |
|--------------|--------------|-----------|-----------|--------|---------------|
| Alternativas | 1            | $1/MF$    | $1/MF$    | $1/MF$ | <b>0.0091</b> |
| Econômico    | <i>MF</i>    | 1         | <i>MD</i> | FT     | <b>0.5226</b> |
| Ambiental    | <i>MF</i>    | $1/MD$    | 1         | MD     | <b>0.3355</b> |
| Social       | <i>MF</i>    | $1/FT$    | $1/MD$    | 1      | <b>0.1147</b> |

Após as relações ponderadas, a supermatriz sem peso é construída com o agrupamento de todos os autovetores que foram calculados. O Quadro 39 sintetiza a supermatriz, onde as relações entre os *clusters* estão destacados com linhas mais espessas.

Com os pesos do autovetor da Tabela 12, a supermatriz ponderada é calculada. Como já foi visto, ela é calculada multiplicando a linha correspondente ao item de cada *cluster* pelo peso correspondente ao valor atribuído para o *cluster* em questão. Por exemplo, a primeira linha da supermatriz, que corresponde ao Fornecedor 1, será multiplicada pelo

número 0,0091, seu peso correspondente no autovetor destacado. A supermatriz com peso é representada no Quadro 40.

**Quadro 39** - Supermatriz sem peso

| .  | F1     | F2     | E1     | E2     | E5     | A1     | A2  | A5     | S1    | S3     | S5     |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|-------|--------|--------|
| F1 | 0      | 0      | 0,5    | 0,0909 | 0,0909 | 0,0949 | 0,5 | 0,0949 | 0,5   | 0,1102 | 0,1061 |
| F2 | 0      | 0      | 0,5    | 0,9091 | 0,9091 | 0,9    | 0,5 | 0,9    | 0,5   | 0,875  | 0,8881 |
| E1 | 0,0935 | 0,0935 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0   | 0      | 0     | 0      | 0      |
| E2 | 0,4532 | 0,4532 | 0,433  | 0      | 0      | 0      | 0   | 0      | 0     | 0      | 0      |
| E5 | 0,4532 | 0,4532 | 0,25   | 0      | 0      | 0      | 0   | 0      | 0     | 0      | 0      |
| A1 | 0,0386 | 0,333  | 0,46   | 0,4961 | 0,333  | 0      | 0   | 0,5    | 0     | 0      | 0      |
| A2 | 0,8023 | 0,333  | 0,1406 | 0,1247 | 0,333  | 0      | 0   | 0,5    | 0     | 0      | 0      |
| A5 | 0,1854 | 0,333  | 0,2269 | 0,1955 | 0,333  | 0      | 0   | 0      | 0     | 0      | 0      |
| S1 | 0,4316 | 0,6545 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0   | 0      | 0     | 0      | 0      |
| S3 | 0,2614 | 0,0547 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0   | 0      | 0,433 | 0      | 0      |
| S5 | 0,0692 | 0,2176 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0   | 0      | 0,25  | 0      | 0      |

**Quadro 40** - Supermatriz com peso

| .  | F1    | F2    | E1    | E2     | E5     | A1     | A2    | A5     | S1    | S3    | S5    |
|----|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| F1 | 0     | 0     | 0,005 | 0,0008 | 0,0008 | 0,0009 | 0,005 | 0,0009 | 0,005 | 0,001 | 0,001 |
| F2 | 0     | 0     | 0,005 | 0,0083 | 0,008  | 0,0082 | 0,005 | 0,008  | 0,005 | 0,008 | 0,008 |
| E1 | 0,049 | 0,049 | 0     | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     |
| E2 | 0,237 | 0,237 | 0,226 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     |
| E5 | 0,237 | 0,237 | 0,131 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     |
| A1 | 0,013 | 0,112 | 0,154 | 0,1664 | 0,112  | 0      | 0     | 0,168  | 0     | 0     | 0     |
| A2 | 0,269 | 0,112 | 0,047 | 0,0418 | 0,112  | 0      | 0     | 0,168  | 0     | 0     | 0     |
| A5 | 0,062 | 0,112 | 0,076 | 0,0656 | 0,112  | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     |
| S1 | 0,05  | 0,075 | 0     | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     |
| S3 | 0,03  | 0,006 | 0     | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0,05  | 0     | 0     |
| S5 | 0,008 | 0,025 | 0     | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0,029 | 0     | 0     |

Diante da matriz destacada, verifica-se se esta é estocástica, se não, faz-se a normalização desta. Para a matriz relacionada à pesquisa, destacada no Quadro 40, foi necessário a utilização do método de normalização em relação às colunas. Resultando no Quadro 41, com a matriz ponderada estocástica.

**Quadro 41** - Supermatriz ponderada estocástica

| .  | F1     | F2    | E1    | E2     | E5    | A1     | A2  | A5    | S1    | S3    | S5    |
|----|--------|-------|-------|--------|-------|--------|-----|-------|-------|-------|-------|
| F1 | 0      | 0     | 0,007 | 0,0029 | 0,002 | 0,0954 | 0,5 | 0,003 | 0,052 | 0,112 | 0,107 |
| F2 | 0      | 0     | 0,007 | 0,0293 | 0,024 | 0,9046 | 0,5 | 0,024 | 0,052 | 0,888 | 0,893 |
| E1 | 0,0512 | 0,051 | 0     | 0      | 0     | 0      | 0   | 0     | 0     | 0     | 0     |
| E2 | 0,2482 | 0,246 | 0,352 | 0      | 0     | 0      | 0   | 0     | 0     | 0     | 0     |
| E5 | 0,2482 | 0,246 | 0,203 | 0      | 0     | 0      | 0   | 0     | 0     | 0     | 0     |
| A1 | 0,0136 | 0,116 | 0,24  | 0,5882 | 0,325 | 0      | 0   | 0,487 | 0     | 0     | 0     |
| A2 | 0,2821 | 0,116 | 0,073 | 0,1478 | 0,325 | 0      | 0   | 0,487 | 0     | 0     | 0     |
| A5 | 0,0652 | 0,116 | 0,118 | 0,2318 | 0,325 | 0      | 0   | 0     | 0     | 0     | 0     |
| S1 | 0,0519 | 0,078 | 0     | 0      | 0     | 0      | 0   | 0     | 0     | 0     | 0     |
| S3 | 0,0314 | 0,007 | 0     | 0      | 0     | 0      | 0   | 0     | 0,568 | 0     | 0     |
| S5 | 0,0083 | 0,026 | 0     | 0      | 0     | 0      | 0   | 0     | 0,328 | 0     | 0     |

Assim, a obtenção da matriz limite pelo método dos mínimos quadrados é permitida. A matriz convergiu para um resultado satisfatório, e esta se encontra representada no Quadro 42. As linhas destacadas de vermelho são aquelas que obtiveram uma maior representatividade na decisão de escolha dos fornecedores sustentáveis. Os resultados desta Fase 3 são melhores explicados e detalhados na Seção 5.5.

**Quadro 42 - Matriz Limite**

| .  | F1     | F2    | E1    | E2     | E5    | A1     | A2    | A5    | S1    | S3    | S5    |
|----|--------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| F1 | 0,0927 | 0,093 | 0,093 | 0,0927 | 0,093 | 0,0927 | 0,093 | 0,093 | 0,093 | 0,093 | 0,093 |
| F2 | 0,2563 | 0,256 | 0,256 | 0,2563 | 0,256 | 0,2563 | 0,256 | 0,256 | 0,256 | 0,256 | 0,256 |
| E1 | 0,0177 | 0,018 | 0,018 | 0,0177 | 0,018 | 0,0177 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 |
| E2 | 0,0922 | 0,092 | 0,092 | 0,0922 | 0,092 | 0,0922 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,092 |
| E5 | 0,0896 | 0,09  | 0,09  | 0,0896 | 0,09  | 0,0896 | 0,09  | 0,09  | 0,09  | 0,09  | 0,09  |
| A1 | 0,1615 | 0,162 | 0,162 | 0,1615 | 0,162 | 0,1615 | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,162 |
| A2 | 0,1428 | 0,143 | 0,143 | 0,1428 | 0,143 | 0,1428 | 0,143 | 0,143 | 0,143 | 0,143 | 0,143 |
| A5 | 0,0833 | 0,083 | 0,083 | 0,0833 | 0,083 | 0,0833 | 0,083 | 0,083 | 0,083 | 0,083 | 0,083 |
| S1 | 0,0248 | 0,025 | 0,025 | 0,0248 | 0,025 | 0,0248 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 |
| S3 | 0,0186 | 0,019 | 0,019 | 0,0186 | 0,019 | 0,0186 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,019 |
| S5 | 0,0155 | 0,016 | 0,016 | 0,0155 | 0,016 | 0,0155 | 0,016 | 0,016 | 0,016 | 0,016 | 0,016 |

### 5.5 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS FASE 3 – FUZZY ANP

Espera-se, dos resultados desta terceira fase, os critérios mais relevantes nas decisões da empresa, no instante da Seleção de Fornecedores Sustentáveis, e o Fornecedor escolhido diante dos critérios e dos julgamentos.

Fazendo uma análise do Quadro 42, o Fornecedor 2 foi o escolhido, devido ao valor resultante ser maior do que o valor do Fornecedor 1, e o critério mais relevante na escolha do fornecedor é o critério A1, que representa as Certificações Ambientais e a posse do certificado ISO 14001. Já no *cluster* Econômico, o critério ‘Qualidade’ (E2) obteve maior destaque e representatividade nos julgamentos. No *cluster* Social percebe-se que todos os três valores dos critérios representantes são baixos, diante dos outros, e o critério mais representativo foi o ‘Respeito pelas Políticas’.

Na Seção anterior não foram considerados os índices de consistência (CRs) representados no passo a passo do fluxograma (Figura 29), pois os dados coletados da empresa podem estar divergentes e os CRs saíram do padrão esperado ( $CR < 0,1$ ). O índice CR fora do padrão também pode ser justificado quando há itens na rede que não possuem ligação e a rede não é forte o suficiente para a análise do método ANP (SAATY; VARGAS, 2006). Outra hipótese foi levantada pela pesquisa, uma vez que a utilização de números *fuzzy*

na álgebra matricial pode corromper o resultado do índice CR. Para confirmar esta hipótese, muitos artigos que fazem uso do método *fuzzy* ANP não citam o cálculo do CR e não fazem uso deste método para a análise das matrizes de comparação (BARADARAN; SHAHMOHAMMAD; GEDAALI, 2013; CHEN; CHEN, 2010; UYGUN; KAÇAMAK; KAHRAMAN, 2015; YÜKSEL; DAĞDEVIREN, 2010).

## CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES

A proposta deste estudo foi a reestruturação de um modelo de seleção de fornecedores, com foco no desenvolvimento sustentável e sua aplicação em um modelo real, evidenciando o passo a passo do método. Visto que a seleção de fornecedores é um dos processos mais críticos e importantes de uma organização, passando pela fase de definição dos critérios, pela pré-seleção dos fornecedores, e pela análise dos critérios diante dos fornecedores pré-escolhidos e então selecionar aquele que mais se adequa às exigências da empresa (PARK et al., 2010).

Diante da questão da seleção de fornecedores sustentáveis, uma revisão sistemática de literatura foi conduzida para pesquisar quais métodos são os mais utilizados para tal processo e quais os principais critérios evidenciados nas pesquisas vigentes, podendo-se ter uma visão holística do estado da arte. Assim, foi identificado que as pesquisas nesta área são crescentes, de acordo com o histórico de publicações, a maioria dos artigos fazem uso de técnicas combinadas para a seleção de fornecedores (85%). Também concluiu-se com esta revisão que, mesmo com o desenvolvimento da sociedade quanto ao olhar sustentável, as empresas priorizam a perspectiva econômica. A perspectiva ambiental tem crescido sua participação nas decisões quanto aos fornecedores, mas o lado social ainda se encontra às margens das decisões empresariais. Desta forma foi possível a identificação de lacunas a serem preenchidas, como o detalhamento do modelo proposto e a maior inclusão da perspectiva social na seleção de fornecedores das empresas aplicadas. É válido ressaltar que, diante das diversas possibilidades de métodos combinados para este processo, foi escolhido o Fuzzy DEMATEL/ANP por se tratar de um modelo focal na seleção de fornecedores e seu detalhamento seria útil para futuras pesquisas.

A incorporação da lógica *fuzzy* no modelo destacado pela pesquisa é uma tendência mundial no tratamento de problemas com variáveis qualitativas e fatores intangíveis, com poucas pesquisas no Brasil tratando sobre o assunto em abordagens gerenciais (RODRIGUES; JUNIOR, 2013). Desta forma a pesquisa pode trazer esclarecimento quanto ao tema, fazendo com que pesquisadores a utilizem para possíveis discussões e maior desenvolvimento da área no país.

Esta pesquisa apresentou o detalhamento do modelo para a seleção de fornecedores com foco no desenvolvimento sustentável *Fuzzy* DEMATEL e *Fuzzy* ANP. Para isto, foi feita uma ampla revisão bibliográfica, destacando os passos de cada modelo

separadamente, sendo essencial para o desenvolvimento da pesquisa. O Capítulo 4 trouxe o detalhamento do *framework* do modelo e, no Capítulo 5 sua aplicação, destacando-se os resultados de cada parte, entradas e saídas das fases propostas.

O modelo proposto traz, primeiramente, uma discussão geral do problema em sua avaliação preliminar, destacando a importância da discussão da seleção de fornecedores da empresa em questão e colocando à tona o lado sustentável diante das três perspectivas: econômica, ambiental e social. Após os critérios serem desenvolvidos e escolhidos, segundo revisão de literatura e indicação da empresa estudada, a Fase 2 é iniciada com a aplicação do método *Fuzzy* DEMATEL. Esta fase é crucial para o desenvolvimento do problema. Além de estabelecer as inter-relações para a construção da rede, esta fase também mostra qual critério e/ou *cluster* depende ou afeta outro. Além disso, demonstra também os critérios mais importantes nas visões dos gestores. Ou seja, a tomada de decisão se torna mais assertiva quando se tem a informação dos critérios cruciais para a resolução do problema. A Fase 3 começa a ser desenvolvida com a rede de relacionamentos formada. O método *Fuzzy* ANP é aplicado e o questionário com as comparações pareadas (de todos os relacionamentos dos fatores) é respondido pelos mesmos gestores. Com o desenvolvimento do método, obtêm-se a prioridade relativa de cada elemento do problema de decisão, sem a necessidade de assumir a independência de cada fator. Como resultado, esta fase traz uma ponderação para cada critério e cada fornecedor estudado. Assim, é possível elaborar um *ranking* com as alternativas e escolher o melhor e mais viável fornecedor para as empresas, levando em consideração critérios sustentáveis. Também é possível entender quais critérios pesam mais nas decisões da empresa, fazendo com que esta possa revisar suas ponderações e tomar a melhor decisão diante dos resultados.

Nas seções seguintes a pesquisa apresenta as principais dificuldades encontradas e as sugestões para pesquisas futuras.

## 6.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

A seguir estão relacionadas as principais dificuldades relacionadas à pesquisa:

- **Informação escassa na literatura sobre os métodos:** existem muitos artigos que fazem uso dos métodos da pesquisa, mas poucos detalham e explicam como foi feita cada parte, adiantando etapas e omitindo informações relevantes para o

desenvolvimento do modelo. Livros didáticos, algoritmos, modelagens matemáticas e programações são quase inexistentes na literatura sobre a modelagem utilizada.

- **Poucos especialistas no Brasil:** no Brasil são poucos os pesquisadores sobre o assunto e, assim, dificultou ainda mais o desenvolvimento da pesquisa e a procura por ajuda externa, uma vez que, como mencionado anteriormente, o material didático é escasso.
- **Falta de empresas com visão sustentável e falta de interesse e disponibilidade:** Foi um trabalho extremamente difícil encontrar uma empresa que se encaixava nas premissas da pesquisa, que tivesse critérios pré-selecionados para a seleção de fornecedores e abordasse critérios sustentáveis nestas decisões. Depois de selecionar algumas indústrias, apenas uma empresa se dispôs a preencher os questionários, pois houve um contato que indicou uma pessoa interna para a realização da pesquisa. E, além disso, teve-se que disponibilizar prazos longos para a finalização das etapas

## 6.2 PROPOSTAS DE PESQUISAS FUTURAS

No decorrer da pesquisa foram encontradas alguns temas possíveis para futuras pesquisas relacionadas:

- a) **Coletar dados de mais empresas e comparar resultados:** como nesta pesquisa foi possível a realização da aplicação de apenas um caso no modelo, é proposto uma pesquisa com mais empresas participantes para se comparar os resultados e analisar a participação dos *clusters* sustentáveis (econômico, ambiental e social) na escolha do fornecedor.
- b) **Comparação dos resultados da modelagem DEMATEL x ANP e Fuzzy DEMATEL x Fuzzy ANP:** a análise de como a lógica *fuzzy* influencia nos resultados seria uma proposta interessante para os métodos qualitativos destacados, visto que a incerteza é incorporada com a presença desta lógica.
- c) **Pesquisa sobre a influência do CR nas matrizes quando se utiliza os números *fuzzy* na álgebra matricial:** como foi visto na Fase 3, no Capítulo 5, as razões de consistência das matrizes (CR) das respostas foram especificadas como fora do padrão pela literatura. A maioria dos artigos influentes não cita o cálculo do CR quando a abordagem *fuzzy* ANP é



utilizada. A proposta desta pesquisa seria analisar se os números *fuzzy* possuem influência sob a especificidade das matrizes e sob sua consistência.

## REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHI, M.; ARVAN, M.; RAZMI, J. An integrated approach for supplier portfolio selection: Lean or agile? **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 1, p. 679–690, 2015.
- AGARWAL, A.; SHANKAR, R.; TIWARI, M. K. Modeling the metrics of lean, agile and leagile supply chain: An ANP-based approach. **European Journal of Operational Research**, v. 173, n. 1, p. 211–225, 2006.
- AMINDOUST, A. et al. Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. **Applied Soft Computing Journal**, v. 12, n. 6, p. 1668–1677, 2012.
- AMIRI, M. et al. Developing a DEMATEL method to prioritize distribution centers in supply chain. **Management Science Letters**, v. 1, p. 279–288, 2011.
- ARAZ, C.; OZKARAHAN, I. Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure. **International Journal of Production Economics**, v. 106, n. 2, p. 585–606, 2007.
- ATKINSON, G.; DIETZ, S.; NEUMAYER, E. **Handbook of Sustainable Development**. Massachusetts: Edward Elgar, 2006.
- AWASTHI, A.; CHAUHAN, S. S.; GOYAL, S. K. A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. **International Journal of Production Economics**, v. 126, n. 2, p. 370–378, 2010.
- BAI, C.; SARKIS, J. Green supplier development: Analytical evaluation using rough set theory. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 12, p. 1200–1210, 2010a.
- BAI, C.; SARKIS, J. Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. **International Journal of Production Economics**, v. 124, n. 1, p. 252–264, 2010b.
- BAKESHLOU, E. A. et al. Evaluating a green supplier selection problem using a hybrid MODM algorithm. **Journal of Intelligent Manufacturing**, 2014.
- BANSAL, P. Evolving sustainably: A longitudinal study of corporate sustainable development. **Strategic Management Journal**, v. 26, n. 3, p. 197–218, 2005.
- BARADARAN, V.; SHAHMOHAMMAD, H.; GEDAALI, H. Identifying and ranking criteria for selection of the knowledge-based plans using hybrid fuzzy ANP-DEMATEL method. **Advances in Environmental Biology**, v. 7, n. 8, p. 1979–1987, 2013.
- BAYKASOGLU, A.; DURMUSOGLU, Z. D. U. A Hybrid MCDM for Private Primary School Assessment Using DEMATEL Based on ANP and Fuzzy Cognitive Map. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v. 7, n. 4, p. 615–635, 2014.
- BELLMAN, R. E.; ZADEH, L. A. Decision-making in a fuzzy environment. **Management Science**, v. 17, n. 4, p. 141–164, 1970.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002.

BÜYÜKÖZKAN, G.; ÇİFÇİ, G. A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information. **Computers in Industry**, v. 62, n. 2, p. 164–174, 2011.

BÜYÜKÖZKAN, G.; İFİ, G. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 3, p. 3000–3011, 2012.

CAO, Q.; WU, J.; LIANG, C. An intuitionistic fuzzy judgement matrix and TOPSIS integrated multi-criteria decision making method for green supplier selection. **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, v. 28, n. 1, p. 117–126, 2015.

CARTER, C. R.; ROGERS, D. S. A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 38, n. 5, p. 360–389, 2008a.

CARTER, C. R.; ROGERS, D. S. **A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory**. [s.l.: s.n.]. v. 38

CHAGHOOSHI, A. J.; SAFARI, H.; REZA FATHI, M. Integration of Fuzzy AHP and Fuzzy GTMA for Location Selection of Gas Pressure Reducing Stations: A Case Study. **Journal of Management Research**, v. 4, n. 3, p. 152, 2012.

CHAI, J.; LIU, J. N. K.; NGAI, E. W. T. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 10, p. 3872–3885, 2013.

CHAMODRAKAS, I.; BATIS, D.; MARTAKOS, D. Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 1, p. 490–498, 2010.

CHANG, B.; CHANG, C.-W.; WU, C.-H. Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 3, p. 1850–1858, 2011.

CHANG, D.-Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. **European Journal of Operational Research**, v. 95, n. 3, p. 649–655, 1996.

CHEN, C.-T. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 114, n. 1, p. 1–9, 2000.

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, 2011.

CHEN, J. K.; CHEN, I. S. Using a novel conjunctive MCDM approach based on DEMATEL, fuzzy ANP, and TOPSIS as an innovation support system for Taiwanese higher education. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 3, p. 1981–1990, 2010.

CHUNG, S. H.; LEE, A. H. I.; PEARN, W. L. Product mix optimization for semiconductor manufacturing based on AHP and ANP analysis. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 25, n. 11-12, p. 1144–1156, 2005.

COUSINS, P. et al. **Strategic supply chain management**. [s.l.] Prentice Hall, 2008. v. 85

CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. **The British journal of nursing**, v. 17, n. 1, p. 38–43, 2008.

DE BOER, L.; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 7, n. 2, p. 75–89, 2001.

DE BOER, L.; WEGEN, L. VAN DER; TELGEN, J. Outranking methods in support of supplier selection. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 4, n. 2-3, p. 109–118, 1998.

DENYER, D.; TRANFIELD, D. **Producing a systematic review**. [s.l.] Sage Publications Ltd, 2009.

DOBOS, I.; VÖRÖSMARTY, G. Green supplier selection and evaluation using DEA-type. **Intern. Journal of Production Economics**, v. 157, p. 273–278, 2014.

ELKINGTON, J. Partnerships from Cannibals with Forks : The Triple Bottom line of 21 st Century Business. **Environmental Quality Management**, v. Autumn 199, p. 37–51, 1997.

FALATOONITOOSI, E. et al. Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, v. 5, n. 13, p. 3476–3480, 2013.

FALATOONITOOSI, E.; AHMED, S.; SOROOSHIAN, S. Expanded DEMATEL for determining cause and effect group in bidirectional relations. **TheScientificWorldJournal**, v. 2014, p. 103846, 2014.

FLEURY, A. Planejamento do projeto de pesquisa e definição do modelo teórico. In: **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier (ABEPRO), 2012.

FREEMAN, J.; CHEN, T. Green supplier selection using an AHP-Entropy-TOPSIS framework. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 20, n. 3, p. 327–340, 2015.

GABUS, A.; FONTELA, E. **World problems, an invitation to further thought within the framework of DEMATEL**. Geneva: Battelle Geneva Research Centre, 1972.

GANGA, G. M. D. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na Engenharia de Produção: um guia prático de conteúdo e forma.** São Paulo: Atlas, 2012.

GHARAKHANI, D. The Evaluation of Supplier Selection Criteria by Fuzzy DEMATEL Method. v. 2, n. 4, p. 3215–3224, 2012.

GHARAKHANI, D. et al. Fuzzy AHP and Fuzzy DEMATEL Methods for Supplier Selection Criteria. 2014.

GOGUEN, J. . L-fuzzy sets. **Journal of Mathematical Analysis and Applications**, v. 18, n. 1, p. 145–174, 1967.

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

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

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GOVINDAN, K. et al. Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: A literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 98, p. 66–83, 2015.

HACKING, T.; GUTHRIE, P. A framework for clarifying the meaning of Triple Bottom-Line, Integrated, and Sustainability Assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 28, n. 2-3, p. 73–89, 2008.

HANDFIELD, R. et al. Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v. 141, n. 1, p. 70–87, 2002.

HARRIS, J. M. et al. **A Survey of Sustainable Development: Social and Economic Dimensions** Island Press, , 2001.

HASHEMI, S. H. et al. A grey-based carbon management model for green supplier selection. **Journal of Grey System**, v. 26, n. 2, p. 124–131, 2015.

HASHEMI, S. H.; KARIMI, A.; TAVANA, M. An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis. **International Journal of Production Economics**, v. 159, p. 178–191, 2015.

HERSH, M. **Mathematical Modelling for Sustainable Development.** New York: Springer, 2006.

HERVANI, A. A.; HELMS, M. M.; SARKIS, J. Performance measurement for green supply chain management. **Benchmarking: An International Journal**, v. 12, p. 330–353, 2005.

- HO, W.; XU, X.; DEY, P. K. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 202, n. 1, p. 16–24, 2010.
- HOEK, R. I. VAN. Research note From reversed logistics to green supply chains. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 4, n. 3, p. 129–135, 1999.
- HSU, C. W.; CHEN, S. H.; CHIOU, C. Y. A Model for Carbon Management of Supplier Selection in Green Supply Chain Management. p. 1247–1250, 2011.
- HSU, C.-W. et al. Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, v. 56, p. 164–172, 2013.
- HSU, C.-W.; HU, A. H. Applying hazardous substance management to supplier selection using analytic network process. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 2, p. 255–264, 2009.
- HSU, H.-M.; CHEN, C.-T. Fuzzy credibility relation method for multiple criteria decision-making problems. **Information Sciences**, v. 96, n. 1-2, p. 79–91, 1997.
- HUBBARD, G. Measuring organizational performance: Beyond the triple bottom line. **Business Strategy and the Environment**, v. 18, n. December 2006, p. 177–191, 2009.
- HWANG, C.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, A State of the Art Survey**. [s.l: s.n.]. v. 1
- IGARASHI, M.; DE BOER, L.; FET, A. M. What is required for greener supplier selection? A literature review and conceptual model development. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 19, n. 4, p. 1–17, 2013.
- INITIATIVE, G.-G. R. **Relatórios de sustentabilidade da GRI: Quanto vale essa jornada?** [s.d.]
- JHARKHARIA, S.; SHANKAR, R. Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach. **Omega**, v. 35, n. 3, p. 274–289, 2007.
- JIA, P. et al. Supplier Selection Problems in Fashion Business Operations with Sustainability Considerations. **Sustainability**, v. 7, n. 2, p. 1603–1619, 2015.
- KAHRAMAN, C. **Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making: theory and applications with developments**. Istanbul: Springer Science+Business Media, LLC, 2008.
- KANNAN, D.; DE SOUSA JABBOUR, A. B. L.; JABBOUR, C. J. C. Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using Fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 2, p. 432–447, 2014.
- KANNAN, D.; GOVINDAN, K.; RAJENDRAN, S. Fuzzy Axiomatic Design approach based green supplier selection: a case study from Singapore. **Journal of Cleaner Production**, p. -, 2014.

- KASIRIAN, M. N.; YUSUFF, R. M. An integration of a hybrid modified TOPSIS with a PGP model for the supplier selection with interdependent criteria. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 4, p. 1037–1054, 2013.
- KHAMSEH, A. A.; MAHMOODI, M. A New Fuzzy TOPSIS-TODIM Hybrid Method for Green Supplier Selection Using Fuzzy Time Function. v. 2014, 2014.
- KILINCCI, O.; ONAL, S. A. Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 8, p. 9656–9664, 2011.
- KLIR, G. J.; BO, Y. **Fuzzy sets and fuzzy logic, theory and applications**. [s.l: s.n.].
- KUO, R. J.; LIN, Y. J. Supplier selection using analytic network process and data envelopment analysis. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 11, p. 2852–2863, 2012.
- KUO, R. J.; WANG, Y. C.; TIEN, F. C. Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 12, p. 1161–1170, 2010.
- KUO, T.; HSU, C.-W.; LI, J.-Y. Developing a Green Supplier Selection Model by Using the DANP with VIKOR. **Sustainability**, v. 7, p. 1661–1689, 2015.
- LEE, A. H. I. A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 2 PART 2, p. 2879–2893, 2009.
- LEE, A. H. I. et al. A green supplier selection model for high-tech industry. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 4, p. 7917–7927, 2009.
- LEE, H. S. et al. Revised DEMATEL: Resolving the infeasibility of DEMATEL. **Applied Mathematical Modelling**, v. 37, n. 10-11, p. 6746–6757, 2013.
- LIKERT, R., ROSLOW, S. & MURPHY, G. (1993). **A simple and reliable method of scoring the Thurstone attitude scales**. *Personnel Psychology*, 46, 689-690. (Original publicado em 1934)
- LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, p. 781–801, 2013.
- LIN, C.; TZENG, G. A value-created system of science ( technology ) park by using DEMATEL. **Expert Systems With Applications**, v. 36, n. 6, p. 9683–9697, 2009.
- LIN, C.-T.; CHEN, C.-B.; TING, Y.-C. A green purchasing model using ANP and LP methods. **Journal of Testing and Evaluation**, v. 40, n. 2, p. 203–210, 2012.
- LIN, Y. H.; CHIU, C. C.; TSAI, C. H. The study of applying ANP model to assess dispatching rules for wafer fabrication. **Expert Systems with Applications**, v. 34, n. 3, p. 2148–2163, 2008.

- LINTON, J. D.; KLASSEN, R.; JAYARAMAN, V. Sustainable supply chains: An introduction. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 6, p. 1075–1082, 2007.
- LIU, J. J. H. et al. New hybrid COPRAS-G MADM Model for improving and selecting suppliers in green supply chain management. **International Journal of Production Research**, v. 6, n. 8, p. 1–21, 2015.
- MEHREGAN, M. R. . et al. Analysis of interactions among sustainability supplier selection criteria using ISM and fuzzy DEMATEL. **International Journal of Applied Decision Sciences**, v. 7, n. 3, p. 270–294, 2014.
- MIN, H.; GALLE, W. P. Green purchasing practices of US firms. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21, n. 9, p. 1222–1238, 2001.
- MIRANDA, S. et al. Estruturação Dos Fatores Do Conhecimento Em Empresas De Software Por Meio Do Método Dematel. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2011.
- MORABITO NETO, R.; PUREZA, V. Modelagem e Simulação. In: **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier (ABEPRO), 2012.
- NORMAN, W.; MACDONALD, C. Getting to the Bottom of “Triple Bottom Line”. **Business Ethics Quarterly**, v. 14, n. 2, p. 243–262, 2004.
- ORJI, I. J.; WEI, S. A Decision Support Tool for Sustainable Supplier Selection in Manufacturing Firms. v. 7, n. 5, p. 1293–1315, 2014.
- ORJI, I. J.; WEI, S. An innovative integration of fuzzy-logic and systems dynamics in sustainable supplier selection: A case on manufacturing industry. **Computers & Industrial Engineering**, v. 88, p. 1–12, 2015.
- OU YANG, Y. P.; SHIEH, H. M.; TZENG, G. H. A VIKOR technique based on DEMATEL and ANP for information security risk control assessment. **Information Sciences**, v. 232, p. 482–500, 2013.
- PAGELL, M.; WU, Z. H. Building a more complete theory of sustainable supply chain management using case studies of 10 exemplars. **Journal of Supply Chain Management**, v. 45, n. 2, p. 37–56, 2009.
- PANAHIFAR, F. Partner Selection Factors for Successful CPFR Implementation Using Fuzzy DEMATEL. **Journal of Economics, Business and Management**, v. 3, n. 12, p. 1138–1145, 2015.
- PARK, J. et al. An integrative framework for supplier relationship management. **Industrial Management & Data Systems**, v. 110, n. 4, p. 495–515, 2010.
- PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. Livro 01 - Fuzzy Systems Engineering: Toward Human-Centric Computing. **Fuzzy Systems Engineering: Toward Human-Centric Computing**, p. 1–526, 2007.



PIDD, M. **Computer Simulation in management science**. 5. ed. Lancaster: Ed. John. Wiley & Sons, 2004.

PIRES, S. R. I. **Gestão da Cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos**. Atlas ed. São Paulo: Atlas, 2007.

PUNNIYAMOORTHY, M.; MATHIYALAGAN, P.; PARTHIBAN, P. A strategic model using structural equation modeling and fuzzy logic in supplier selection. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 1, p. 458–474, 2011.

RAVI, V.; SHANKAR, R.; TIWARI, M. K. Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach. **Computers and Industrial Engineering**, v. 48, n. 2, p. 327–356, 2005.

REUTER, C.; GOEBEL, P.; FOERSTL, K. The impact of stakeholder orientation on sustainability and cost prevalence in supplier selection decisions. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 18, n. 4, p. 270–281, 2012.

RIEBEL, P. “Greening” the supply chain. Pulp & Paper-Canada. **Pulp & Paper-Canada**, v. 100, n. 9, p. 63, 1999.

RODRIGUES, F.; JUNIOR, L. Comparação entre os métodos Fuzzy TOPSIS e Fuzzy AHP no apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores. 2013.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T. L. **Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process**. Pittsburgh: RWS, 1996.

SAATY, T. L. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. **European Journal of Operational Research**, v. 145, n. 1, p. 85–91, 2003.

SAATY, T. L. The Analytic Network Process. **Decision making with the analytic network process**, v. 195, p. 1–40, 2005.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83, 2008.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **DECISION MAKING WITH THE ANALYTIC NETWORK PROCESS: economic, political, social and technological applications with benefits, oportunities, costs and risks**. Nova York: Springer Science+Business Media, LLC, 2006.

SALAMIN, X.; HANAPPI, D. Women and international assignments: A systematic literature review exploring textual data by correspondence analysis. **Journal of Global Mobility**, v. 2, n. 3, p. 343–374, 2014.

SALOMON, V. A. P. Analytic Hierarchy process. In: **Métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios: aplicações na indústria aeroespacial**. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2010. p. 248.

SARKIS, J. A strategic decision framework for green supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, v. 11, n. 4, p. 397–409, 2003.

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

SENVAR, O.; TUZKAYA, G.; KAHRAMAN, C. Multi Criteria Supplier Selection Using Fuzzy PROMETHEE Method. 2014.

SEURING, S.; MÜLLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 15, p. 1699–1710, 2008.

SHEN, L. et al. A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 74, p. 170–179, 2012.

SHI, P. et al. A decision support system to select suppliers for a sustainable supply chain based on a systematic DEA approach. **Information Technology and Management**, v. 16, n. 1, p. 39–49, 2014.

SHIEH, J.-I.; WU, H.-H.; HUANG, K.-K. A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality. **Knowledge-Based Systems**, v. 23, n. 3, p. 277–282, 2010.

SHIMIZU, T. **Decisões nas Organizações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

SHIMIZU, T. **Decisão nas Organizações**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

SILER, W.; BUCKLEY, J. J. **Fuzzy Experts Systems and Fuzzy Reasoning**. New Jersey: John Wiley & Sons, INC., 2005.

SILVA, A. C. S. DA; OLIVEIRA, C. A. DE; BELDERRAIN, M. C. N. Analytic Network Process. In: **Métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios: aplicações na indústria aeroespacial**. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2010. p. 248.

SILVA, I. N. DA. **Sistemas Fuzzy** Universidade de São Paulo (USP), , 2015.

SINCLAIR, J.; CARDEW-HALL, M. The folksonomy tag cloud: when is it useful? **Journal of Information Science**, v. 34, n. 1, p. 15–29, 2007.

SMITH, B. Global environmental trends: greening of the textile supply chain. **American Dyestuff Reporter**, v. 87, n. 9, 1998.

SRIVASTAVA, S. K. Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. **International Journal of Management Reviews**, v. 9, n. 1, p. 53–80, 2007.

STEVENSON, F.; JONES, M.; MACRAE, J. Mapping building materials and products in remote areas: Sustainable supply chains and the specifier. **Built Environment**, v. 28, n. 1, p. 33–45, 2002.

SUMRIT, D.; ANUNTAVORANICH, P. Using DEMATEL Method to Analyze the Causal Relations on Technological Innovation Capability Evaluation Factors in Thai Technology-Based Firms. ... , & **Applied Sciences & Technologies**, v. 4, n. 2, p. 81–103, 2012.

TAN, Z. et al. Selection Ideal Coal Suppliers of Thermal Power Plants Using the Matter-Element Extension Model with Integrated Empowerment Method for Sustainability. v. 2014, 2014.

TRAPP, A. C.; SARKIS, J. Identifying Robust portfolios of suppliers: a sustainability selection and development perspective. **Journal of Cleaner Production**, p. 1–13, 2014.

TSAI, W.-H.; CHOU, W.-C. Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 2, p. 1444–1458, 2009.

TSAI, W.-H.; HSU, W. A novel hybrid model based on DEMATEL and ANP for selecting cost of quality model development. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 21, n. 4, p. 439–456, 2010.

TSENG, M. Using the extension of DEMATEL to integrate hotel service quality perceptions into a cause – effect model in uncertainty. **Expert Systems With Applications**, v. 36, n. 5, p. 9015–9023, 2009a.

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, 2009b.

TSUI, C. W.; WEN, U. P. A hybrid multiple criteria group decision-making approach for green supplier selection in the TFT-LCD industry. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2014, p. 13, 2014.

TZENG, G.; CHIANG, C.; LI, C. 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.

TZENG, G.-H.; HUANG, J.-J. **Multiple Attribute Decision Making**. Boca Raton: CRC Press, 2011.

UYGUN, Ö. et al. Readiness assessment model for institutionalization of SMEs using fuzzy hybrid MCDM techniques. **Computers and Industrial Engineering**, v. 88, p. 217–228, 2015.

UYGUN, Ö.; KAÇAMAK, H.; KAHRAMAN, Ü. A. An integrated DEMATEL and Fuzzy ANP techniques for evaluation and selection of outsourcing provider for a telecommunication company. **Computers and Industrial Engineering**, v. 86, p. 137–146, 2015.

VAN DER RHEE, B.; VERMA, R.; PLASCHKA, G. Understanding trade-offs in the supplier selection process: The role of flexibility, delivery, and value-added services/support. **International Journal of Production Economics**, v. 120, n. 1, p. 30–41, 2009.

VAN WEELE, A. J. **Purchasing & Supply Chain Management: analysis, strategy, planning and practice**. Andover: Cengage Learning, 2010.

WANG, W. P. A fuzzy linguistic computing approach to supplier evaluation. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, n. 10, p. 3130–3141, 2010.

WANG, W.-C. et al. DEMATEL-based model to improve the performance in a matrix organization. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 5, p. 4978–4986, 2012.

WANG, Y.; TZENG, G. Brand marketing for creating brand value based on a MCDM model combining DEMATEL with ANP and VIKOR methods. **Expert Systems With Applications**, v. 39, n. 5, p. 5600–5615, 2012.

WEBB, L. Green purchasing: forging a new link in the supply chain. **Resource: Engineering and Technology for Sustainable World**, v. 6, p. 14–18, 1994.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development** Our Common Future New York Oxford University Press, , 1987.

WU, H. H.; TSAI, Y. N. A DEMATEL method to evaluate the causal relations among the criteria in auto spare parts industry. **Applied Mathematics and Computation**, v. 218, n. 5, p. 2334–2342, 2011.

WU, H.-H.; CHANG, S.-Y. A case study of using DEMATEL method to identify critical factors in green supply chain management. **Applied Mathematics and Computation**, v. 256, p. 394–403, 2015.

WU, K. et al. Applying DEMATEL method to the study on sustainable management of low-carbon tourism for Cultural heritage conservation. **Recent Advances in Energy, Environment, Economics and Technological Innovation Applying**, p. 96–102, 2013.

WU, W. W. Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach. **Expert Systems with Applications**, v. 35, n. 3, p. 828–835, 2008.

WU, W.-W.; LEE, Y.-T. Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. **Expert Systems with Applications**, v. 32, n. 2, p. 499–507, 2007.

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.

YAZDANI, M. An integrated MCDM approach to green supplier selection. **International Journal of Industrial Engineering Computations**, v. 5, p. 443–458, 2014.

YÜKSEL, İ.; DAĞDEVİREN, M. Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis - A case study for a textile firm. **Information Sciences**, v. 177, n. 16, p. 3364–3382, 2007.

YÜKSEL, I.; DAĞDEVİREN, M. Using the fuzzy analytic network process (ANP) for Balanced Scorecard (BSC): A case study for a manufacturing firm. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 2, p. 1270–1278, 2010.

YURDAKUL, M. Measuring long-term performance of a manufacturing firm using the Analytic Network Process (ANP) approach. **International Journal of Production Research**, v. 41, n. January 2015, p. 2501–2529, 2003.

ZADEH, L. **Fuzzy Sets** **Information and Control**, 1965.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 1, n. 1, p. 3–28, 1978.

ZHANG, D. W.; ABDUL HAMID, A. B.; THOO, A. C. Sustainable Supplier Selection: An International Comparative Literature Review for Future Investigation. **Applied Mechanics and Materials**, v. 525, p. 787–790, 2014.

ZHAO, H.; GUO, S. Selecting green supplier of thermal power equipment by using a hybrid MCDM method for sustainability. **Sustainability (Switzerland)**, v. 6, p. 217–235, 2014.

ZHOU, R. et al. The Green Supplier Selection Method For Chemical Industry With Analytic Network Process And Radial Basis Function Neural Network. **International Journal on Advances in Information Sciences and Service Sciences**, v. 4, n. March, p. 147–158, 2012.

ZHU, Q.; SARKIS, J. Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises. **Journal of Operations Management**, v. 22, n. 3, p. 265–289, 2004.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; LAI, K. Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation. **International Journal of Production Economics**, v. 111, n. 2, p. 261–273, 2008.

ZSIDISIN, G. A.; SIFERD, S. P. Environmental purchasing: A framework for theory development. **European Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 7, n. 1, p. 61–73, 2001.

**APÊNDICE A – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DEMATEL**

### *Exemplo de aplicação do método DEMATEL*

O exemplo a seguir foi publicado por Shieh, Wu e Huang (2010), que utiliza o método DEMATEL para avaliar a importância dos fatores e construir uma relação causal entre os critérios mais importantes de gerenciamento de um hospital com serviço de qualidade na cidade de Changhua, Taiwan. Os autores destacam que o mercado de serviços médicos de Taiwan é extremamente competitivo e o hospital estudado tem alta qualidade e baixo custo médico, entretanto pela visão dos pacientes, o hospital precisa continuar melhorando. Este exemplo foi programado pela autora para que o código seja validado. A programação em MATLAB® se encontra no Apêndice B.

Para identificar os principais critérios para a melhoria do hospital, foi feita uma pesquisa com 206 pacientes e suas famílias que responderam um questionário. Foi utilizada uma escala Likert (1934) para identificar a importância de cada critério. Desta forma, 7 critérios-chave foram selecionados: (a) boa instalação de equipamentos; (b) serviços personalizados com boa comunicação; (c) pessoal médico de confiança e competência profissional; (d) serviço personalizado com habilidades para resolução de problemas urgentes; (e) descrição detalhada das condições do paciente pelo médico; (f) equipe médica com habilidades profissionais e (g) conselhos do farmacêutico sobre como ministrar os medicamentos. Assim, com estes 7 critérios, foi elaborado outro questionário de relação par a par, para a gestão do hospital, o qual 19 peritos responderam. Com este questionário respondido, uma matriz para cada perito foi construída com suas análises. Desta forma, 19 matrizes (7x7) foram criadas e os termos numéricos incluídos, de acordo com a escala do Quadro 1, mostradas na Figura 37. Mediante as atividades descritas, o 1º e 2º passos mostrados anteriormente, em 2.3.1, foram executados.

Com as 19 matrizes, os três passos seguintes (3º, 4º e 5º) são calculados. A Figura 38a mostra a matriz média  $Z$  de relação direta inicial (3º passo). A Figura 38b representa a matriz normalizada  $D$ , com todos os valores entre 0 e 1 (4º passo). Já a Figura 39 resume a matriz de relação total  $T$ , calculada como representado no 5º passo.

**Figura 37**– Matrizes de relação direta dos 19 especialistas

$$\begin{array}{cccc}
 X^1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 2 & 3 & 3 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 & 2 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 3 & 2 & 0 & 3 & 1 \\ 3 & 2 & 3 & 2 & 3 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 2 & 0 \end{bmatrix}, & X^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 & 1 & 0 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 3 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 2 & 0 & 0 & 2 & 1 \\ 2 & 0 & 2 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, & X^3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 0 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 0 \end{bmatrix}, & X^4 = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 2 & 1 & 2 & 0 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 2 & 2 & 0 \end{bmatrix} \\
 X^5 = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & 3 & 3 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 0 & 3 & 3 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 3 & 0 & 2 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & 3 & 0 & 3 & 1 \\ 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 0 & 3 \\ 1 & 3 & 2 & 3 & 1 & 2 & 0 \end{bmatrix}, & X^6 = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 3 & 2 & 3 & 2 & 2 \\ 2 & 0 & 2 & 2 & 3 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 0 & 2 & 3 & 2 & 2 \\ 0 & 2 & 2 & 0 & 3 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, & X^7 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 3 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 0 & 2 & 3 & 3 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 0 & 3 & 3 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 \end{bmatrix}, & X^8 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 3 & 3 & 2 & 3 & 2 \\ 2 & 0 & 3 & 3 & 3 & 2 & 3 \\ 3 & 3 & 0 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 2 & 3 & 3 & 0 & 3 & 3 & 2 \\ 1 & 3 & 3 & 2 & 0 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 0 & 2 \\ 1 & 3 & 3 & 2 & 2 & 3 & 0 \end{bmatrix} \\
 X^9 = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 3 & 2 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 0 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 2 & 2 & 0 & 2 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 0 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 0 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 0 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 0 \end{bmatrix}, & X^{10} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 \\ 3 & 0 & 2 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 0 & 2 & 2 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 1 \\ 3 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 0 \end{bmatrix}, & X^{11} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 & 3 & 3 & 3 & 1 \\ 2 & 0 & 1 & 3 & 3 & 3 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 3 & 1 & 0 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 1 & 2 & 0 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 2 & 2 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 2 & 0 \end{bmatrix}, & X^{12} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 2 & 3 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & 2 & 2 & 3 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\
 X^{13} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 3 & 2 & 3 & 3 & 2 \\ 2 & 0 & 2 & 2 & 3 & 3 & 2 \\ 3 & 3 & 0 & 2 & 3 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & 0 & 3 & 3 & 2 \\ 3 & 3 & 3 & 2 & 0 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & 2 & 3 & 0 & 2 \\ 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 0 \end{bmatrix}, & X^{14} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 \\ 3 & 2 & 2 & 2 & 3 & 0 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 0 \end{bmatrix}, & X^{15} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, & X^{16} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & 1 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 2 & 2 & 3 & 3 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 3 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 0 & 3 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 1 & 0 & 3 & 1 \\ 3 & 2 & 3 & 2 & 3 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 X^{17} = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 2 & 0 & 2 & 3 & 3 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 \end{bmatrix}, & X^{18} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 3 & 3 & 3 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 3 & 3 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 0 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 2 & 0 & 2 & 0 \end{bmatrix}, & X^{19} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 2 & 3 & 3 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 & 2 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 3 & 2 & 0 & 3 & 1 \\ 3 & 2 & 3 & 2 & 3 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 2 & 0 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

Fonte: Shieh, Wu e Huang (2010).

**Figura 38** – Matriz  $Z$  e  $D$  calculadas de acordo com o 3º e 4º passo.

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 0.0000 & 1.5789 & 2.0526 & 1.7895 & 2.2632 & 2.0000 & 1.3158 \\ 1.5263 & 0.0000 & 2.0526 & 2.3684 & 2.3684 & 2.0526 & 1.6316 \\ 1.9474 & 1.9474 & 0.0000 & 2.0526 & 2.4211 & 2.5263 & 1.9474 \\ 1.3684 & 2.2632 & 2.1053 & 0.0000 & 2.2105 & 2.2632 & 1.5789 \\ 1.8421 & 2.0000 & 2.2105 & 1.7895 & 0.0000 & 2.2105 & 1.4737 \\ 2.0526 & 1.8421 & 2.1579 & 1.8421 & 2.2105 & 0.0000 & 1.6842 \\ 1.0526 & 1.7368 & 1.8421 & 1.6316 & 1.5263 & 1.7368 & 0.0000 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{D} = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.1230 & 0.1598 & 0.1393 & 0.1762 & 0.1557 & 0.1025 \\ 0.1189 & 0.0000 & 0.1598 & 0.1844 & 0.1844 & 0.1598 & 0.1270 \\ 0.1516 & 0.1516 & 0.0000 & 0.1598 & 0.1885 & 0.1967 & 0.1516 \\ 0.1066 & 0.1762 & 0.1639 & 0.0000 & 0.1721 & 0.1762 & 0.1230 \\ 0.1434 & 0.1557 & 0.1721 & 0.1393 & 0.0000 & 0.1721 & 0.1148 \\ 0.1598 & 0.1434 & 0.1680 & 0.1434 & 0.1721 & 0.0000 & 0.1311 \\ 0.0820 & 0.1352 & 0.1434 & 0.1270 & 0.1189 & 0.1352 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

(a) (b)

Fonte: Shieh, Wu e Huang (2010).

**Figura 39** – Matriz  $T$  calculada de acordo com o 5º passo

$$T = D(I - D)^{-1} = \begin{bmatrix} 0.9927 & 1.2297 & 1.3460 & 1.2484 & 1.4098 & 1.3778 & 1.0605 \\ 1.1747 & 1.2081 & 1.4398 & 1.3705 & 1.5132 & 1.4773 & 1.1551 \\ 1.2602 & 1.4063 & 1.3750 & 1.4194 & 1.5918 & 1.5790 & 1.2322 \\ 1.1513 & 1.3414 & 1.4250 & 1.1983 & 1.4858 & 1.4711 & 1.1382 \\ 1.1593 & 1.3015 & 1.4057 & 1.2966 & 1.3128 & 1.4420 & 1.1112 \\ 1.1878 & 1.3108 & 1.4227 & 1.3178 & 1.4801 & 1.3155 & 1.1395 \\ 0.9477 & 1.1035 & 1.1863 & 1.1029 & 1.2124 & 1.2107 & 0.8507 \end{bmatrix}$$

Fonte: Shieh, Wu e Huang (2010).



Desta forma, conforme mostrado no 6º passo, foram feitas as somas dadas em (9) e (10) e, logo em seguida, já foram calculados  $(w_i + v_i)$  e  $(w_i - v_i)$  para cada um dos 7 critérios selecionados previamente, conforme mostra a Tabela 13.

**Tabela 13** – A soma das influências fornecidas e recebidas dos 7 critérios escolhidos.

| Critérios  | $(w_i + v_i)$ | $(w_i - v_i)$ |
|--|---------------|---------------|
| A (boa instalação de equipamentos)   | 16.5386       | 0.7913        |
| B (serviços personalizados com boa comunicação)                                | 18.2399       | 0.4373        |
| C (pessoal médico de confiança e competência profissional)                     | 19.4643       | 0.2635        |
| D (serviço personalizado com habilidades para resolução de problemas urgentes) | 18.1651       | 0.2573        |
| E (descrição detalhada das condições do paciente pelo médico)                  | 19.0350       | -0.9767       |
| F (equipe médica com habilidades profissionais)                                | 19.0475       | -0.6994       |
| G (conselhos do farmacêutico sobre como ministrar os medicamentos)             | 15.3015       | -0.0733       |

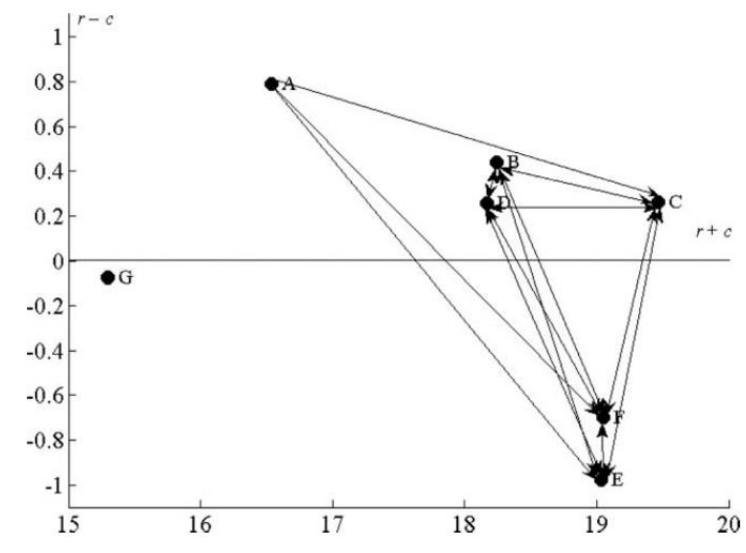
Fonte: Shieh, Wu e Huang (2010)

Baseados em  $(w_i + v_i)$ ,  $C > F > E > B > D > A > G$ , ou seja, **pessoal médico de confiança e competência profissional** é o mais importante dos critérios, com 19.4643, enquanto que **conselhos do farmacêutico sobre como tomar os medicamentos** foi o critério menos importante, com o valor de 15.3015. Já analisando  $(w_i - v_i)$ , os critérios A, B, C e D são aqueles que fornecem influência, ou seja, afetam os outros fatores (Grupo das causas); os critérios E, F e G pertencem ao grupo dos efeitos, ou seja, estes estão sendo influenciados pelos outros fatores. O diagrama causal foi elaborado, veja Figura 40, onde consegue-se ter uma análise visual dos fatores importantes, dados na Tabela 13. Na Figura 40, o sentido das setas definem as relações de influencia entre os critérios. Basicamente, mostra que o critério A (**boa instalação de equipamentos**) não é afetada pelos outros, mas influencia os termos C, E e F (o item G foi desconsiderado devido ao seu baixo valor e representatividade no problema). Também pode-se observar que o critério E (**equipe médica com habilidades profissionais**) é o fator mais influenciado pelos outros. Ou seja, conforme maior o valor relacionado ao eixo y  $(w_i - v_i)$ , mais influência o fator exerce sobre os outros. E, se  $(w_i - v_i)$  for negativo, quanto menor o valor relacionado ao eixo y, mais influência este recebe. Já analisando o eixo x  $(w_i + v_i)$ , o critério C (**pessoal médico de confiança e competência profissional**) é o mais importante, pois é o maior valor representativo de acordo com o eixo.

Os autores Shieh, Wu e Huang (2010) concluíram que **pessoal médico de confiança e competência profissional** é o critério que mais precisa de atenção e o mais

essencial para o hospital. Também destacam que **boa instalação de equipamentos** é o fator que mais tem influência sobre os outros, mas não é a prioridade.

**Figura 40** – Diagrama causal de relacionamento



**Fonte:** Shieh, Wu e Huang (2010)

**APÊNDICE B – CÓDIGOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO EXEMPLO,  
APLICANDO-SE O MÉTODO DEMATEL EM MATLAB®**

## 1. Programação principal

```

%PROGRAMAÇÃO DEMATEL
%Estudo baseado em Shieh, Wu e Huang (2010)
%Explicado no tópico 2.3.1
clear;
clc;
format short
%Número de gestores
m=19;
%Matrizes resultantes dos questionários
x1= [0 1 2 2 3 2 1
     2 0 2 2 2 2 1
     2 2 0 2 3 3 2
     1 1 2 0 2 2 1
     3 2 3 2 0 3 1
     3 2 3 2 3 0 1
     1 2 2 1 2 2 0];
x2= [0 0 2 1 0 2 0
     2 0 1 2 1 1 1
     1 0 0 1 1 3 1
     1 3 1 0 1 1 1
     1 0 2 0 0 2 1
     2 0 2 0 1 0 0
     0 0 1 1 1 1 0];
x3= [0 1 2 1 1 1 2
     0 0 1 1 0 1 1
     1 1 0 1 2 2 2
     2 2 1 0 1 1 1
     1 1 2 1 0 2 1
     2 1 2 2 2 0 1
     0 1 1 1 2 2 0];
x4= [0 2 2 2 2 2 2
     2 0 2 2 2 2 2
     2 1 0 2 2 2 2
     2 2 2 0 2 2 2
     2 2 2 2 0 2 2
     2 1 2 1 2 0 2
     1 1 2 1 2 2 0];
x5= [0 2 2 3 3 2 0
     2 0 3 3 3 3 3
     3 3 0 3 3 3 2
     2 3 3 0 2 3 2
     2 3 2 3 0 3 1
     2 3 3 3 3 0 3
     1 3 2 3 1 2 0];
x6= [0 2 3 2 3 2 2
     2 0 2 2 3 2 2
     2 2 0 2 3 2 2
     0 2 2 0 3 2 2
     0 1 2 1 0 1 1
     0 1 2 2 2 0 2
     0 0 1 0 1 1 0];
x7= [0 1 1 1 1 1 1
     1 0 3 2 2 2 2
     1 2 0 2 3 3 2
     1 2 3 0 3 3 1
     2 2 2 2 0 2 2
     1 2 2 2 2 0 2

```

```

1 2 2 2 2 2 0];
x8=[0 1 3 3 2 3 2
2 0 3 3 3 2 3
3 3 0 3 3 3 3
2 3 3 0 3 3 2
1 3 3 2 0 3 2
2 3 3 3 3 0 2
1 3 3 2 2 3 0];
x9=[0 2 3 2 3 3 3
3 0 3 3 3 3 3
2 2 0 2 3 3 3
3 3 3 0 3 3 3
3 3 3 3 0 3 3
3 3 3 3 3 0 3
3 3 3 3 3 3 0];
x10=[0 1 1 2 2 2 1
3 0 2 2 3 2 1
3 2 0 2 2 2 1
3 2 2 0 2 2 1
3 2 2 2 0 2 1
3 2 2 2 2 0 1
3 2 2 2 2 1 0];
x11=[0 2 1 3 3 3 1
2 0 1 3 3 3 1
2 2 0 2 2 2 2
2 3 1 0 2 2 2
3 3 1 2 0 2 2
2 2 1 2 2 0 2
1 2 2 2 1 2 0];
x12=[0 1 2 0 1 1 0
1 0 2 3 3 2 1
2 1 0 2 2 3 1
0 1 1 0 2 2 1
1 2 2 2 0 2 1
2 2 2 2 2 0 2
0 1 1 1 0 1 0];
x13=[0 2 3 2 3 3 2
2 0 2 2 3 3 2
3 3 0 2 3 3 2
2 3 2 0 3 3 2
3 3 3 2 0 3 2
2 3 2 2 3 0 2
2 3 3 3 3 3 0];
x14=[0 1 1 1 2 1 0
1 0 1 2 1 1 1
2 2 0 1 2 2 2
0 2 2 0 2 2 1
3 2 2 2 0 2 2
3 2 2 2 3 0 2
1 1 1 1 2 1 0];
x15=[0 2 2 2 2 2 2
0 0 2 2 2 2 1
1 2 0 2 2 2 2
1 2 2 0 2 2 2
1 1 1 1 0 1 1
1 1 1 1 1 0 1
1 1 1 1 1 1 0];
x16=[0 2 2 1 3 2 1
1 0 2 2 3 3 1
2 2 0 3 3 2 1
1 2 3 0 3 3 1

```

```

    1 2 3 1 0 3 1
    3 2 3 2 3 0 1
    1 2 1 1 1 0 0];
x17=[0 3 3 3 3 3 3
    2 0 2 3 3 2 2
    1 2 0 2 2 2 2
    1 2 2 0 2 2 2
    2 2 2 2 0 2 2
    2 2 2 2 2 0 2
    2 2 2 2 2 2 0];
x18=[0 2 3 3 3 1 2
    0 0 3 3 3 2 1
    2 3 0 3 3 3 3
    1 2 2 0 2 2 2
    1 2 2 1 0 1 0
    2 2 1 1 0 0 1
    1 2 3 2 0 2 0];
x19=[0 1 2 2 3 2 1
    2 0 2 2 2 2 1
    2 2 0 2 3 3 2
    1 1 2 0 2 2 1
    3 2 3 2 0 3 1
    3 2 3 2 3 0 1
    1 2 2 1 2 2 0];

%Calcula a matriz de valores médios dos 'm' especialistas A.
A=(x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+x9+x10+x11+x12+x13+x14+x15+x16+x17+x18+x19)/m

max_col=max(sum(A,1)) %Mostra valor máximo da soma das colunas

max_line=max(sum(A,2)) %Mostra o valor máximo entre a soma das linhas

s=max(max_col,max_line) %Mostra o máximo valor entre a somatória das
colunas e linhas

D=(A/s) %D= Matriz de relacionamento Direto

I=eye(7); %Matriz identidade 7x7

F=D*((minus(I,D))^(-1))

soma_coluna_F=sum(F,1)

soma_linha_F=sum(F,2)

soma_total_F=sum(sum(soma_coluna_F))

wi=(soma_linha_F)/(soma_total_F)

v=(soma_coluna_F)/(soma_total_F);
vi=v' %calcula a transposta para poder subtrair

sub= wi-vi

som= wi+vi

N=(length(F))^2;

```

```
alfa=(soma_total_F)/N  
  
plot(som, sub, 'o')  
grid
```

**APÊNDICE C – EXEMPLO DE APLICAÇÃO ANP**



### Exemplo de aplicação do ANP

O exemplo demonstrado é baseado em Silva, Oliveira e Belderrain (2010) e Salomon (2010), dois capítulos de um livro que mostra diversas aplicações de métodos para tomadas de decisão na indústria aeroespacial. A seguir, o problema retrata a seleção de um fornecedor na compra de um determinado produto de acordo com vários critérios, segundo as etapas mostradas acima. O exemplo foi programado em MATLAB® por esta pesquisa e está no Apêndice B.

Durante a etapa 1, o problema foi estruturado, ou seja, objetivos, elementos e alternativas foram escolhidos. Consideraram 2 *clusters*: critérios e alternativas. Os critérios a serem considerados foram: entrega, preço e qualidade. As alternativas a serem levadas em consideração são: fornecedor A, fornecedor B e fornecedor C. As características de cada fornecedor segundo os critérios escolhidos são retratados no Quadro 43.

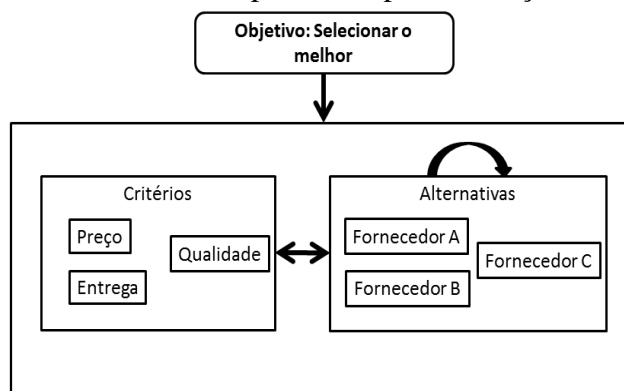
**Quadro 43** – Desempenho dos 3 fornecedores segundo mesmo produto

| Fornecedor | Entrega | Preço | Qualidade do produto |
|------------|---------|-------|----------------------|
| A          | Demora  | Bom   | Aceitável            |
| B          | Rápida  | Alto  | Muito boa            |
| C          | Atrasa  | Médio | Boa                  |

Fonte: Salomon (2010).

Ainda na etapa 1, durante o passo 1.2, foi construída a rede, retratada na Figura 41. Verifica-se que há uma dependência interna dentro do *cluster* “Alternativas”, ou seja, este *loop* demonstra que os fornecedores se influenciam. E também há um *feedback* entre os dois *clusters*, mostrando que os critérios influenciam nas alternativas e vice-versa.

**Figura 41** – Rede estruturada para exemplo de seleção de fornecedores



Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

Neste exemplo existem apenas dois *clusters*, mas para a melhor visualização das dependências entre estes é necessário elaborar a matriz de alcance global (Quadro 44). As interações indicam que há dependência quando o número 1 está presente, caso contrário, o valor 0 é atribuído mostrando que não existe relação. Da mesma forma, a matriz de alcance local é construída (Quadro 45) especificando-se a relação de dependência entre todos os elementos dos *clusters*. Após a construção das matrizes, procedem-se as comparações par a par de todas as conexões existentes na rede.

De acordo com o Quadro 44, as comparações podem ser feitas em três blocos:

a) alternativas x alternativas; b) alternativas x critérios; e c) critérios x alternativas

**Quadro 44** – Matriz de alcance global entre *clusters*

| <i>Clusters</i>     | <b>Alternativas</b> | <b>Critérios</b> |
|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>Alternativas</b> | 1                   | 1                |
| <b>Critérios</b>    | 1                   | 0                |

**Fonte:** Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

A fim de prosseguir com o método, a etapa 2 é iniciada. Durante o passo 2.1 as comparações são efetuadas dividindo-se em dois casos: comparações entre elementos e comparações entre os *clusters*. Deste modo, cabe aos especialistas fazerem os julgamentos sobre as relações existentes. Os especialistas podem ser entrevistados ou questionários podem ser entregues para que os dados sejam conseguidos.

**Quadro 45** – Matriz de alcance local entre todos os elementos da rede, destacando-se os *clusters*

| <b>Elementos</b>             | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>E</b> | <b>P</b> | <b>Q</b> |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Fornecedor A</b>          | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        |
| <b>Fornecedor B</b>          | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        |
| <b>Fornecedor C</b>          | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        |
| <b>Entrega (E)</b>           | 1        | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        |
| <b>Preço (P)</b>             | 1        | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        |
| <b>Qualidade produto (Q)</b> | 1        | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        |

**Fonte:** Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

a) Alternativas x alternativas

Esta etapa cria as inter-relações entre as alternativas (fornecedores). Os autovetores foram calculados para representar a importância relativa de cada elemento do *cluster* à luz do desempenho dos fornecedores A, B e C. A Razão de Consistência (CR) também

foi calculada. Veja Quadro 46, Quadro 47 e Quadro 48, representando as matrizes de decisões quanto às alternativas x alternativas.

**Quadro 46** – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do *cluster* “Alternativas” à luz do Fornecedor A

| Fornecedor | A | B | C | Autovetor | .      |
|------------|---|---|---|-----------|--------|
| A          | 1 | 4 | 2 | 0,571     |        |
| B          |   | 1 | ½ | 0,143     |        |
| C          |   |   | 1 | 0,286     | CR=0,0 |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

**Quadro 47** – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do *cluster* “Alternativas” à luz do Fornecedor B

| Fornecedor | A | B | C | Autovetor | .      |
|------------|---|---|---|-----------|--------|
| A          | 1 | 1 | 1 | 0,333     |        |
| B          |   | 1 | 1 | 0,333     |        |
| C          |   |   | 1 | 0,333     | CR=0,0 |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

**Quadro 48** – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do *cluster* “Alternativas” à luz do Fornecedor C

| Fornecedor | A | B   | C | Autovetor | .      |
|------------|---|-----|---|-----------|--------|
| A          | 1 | 1/3 | 1 | 0,2       |        |
| B          |   | 1   | 3 | 0,6       |        |
| C          |   |     | 1 | 0,2       | CR=0,0 |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

b) Alternativas x critérios

Os Quadros 49, 50 e 51 apresentam as matrizes de decisão que relacionam os elementos do *cluster* critérios com as alternativas, separadamente para cada fornecedor.

**Quadro 49** – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do *cluster* “Critérios” com relação ao Fornecedor A

| Critério                 | E | P   | Q   | Autovetor | .        |
|--------------------------|---|-----|-----|-----------|----------|
| E (Entrega)              | 1 | 1/3 | 1/5 | 0,105     |          |
| P (Preço)                |   | 1   | 1/3 | 0,258     |          |
| Q (Qualidade do Produto) |   |     | 1   | 0,637     | CR=0,037 |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

**Quadro 50** – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do *cluster* “Critérios” com relação ao Fornecedor B

| <b>Critério</b>                 | <b>E</b> | <b>P</b> | <b>Q</b> | <b>Autovetor</b> | <b>.</b> |
|---------------------------------|----------|----------|----------|------------------|----------|
| <b>E (Entrega)</b>              | 1        | 1/3      | 1/5      | 0,105            |          |
| <b>P (Preço)</b>                |          | 1        | 1/3      | 0,258            |          |
| <b>Q (Qualidade do Produto)</b> |          |          | 1        | 0,637            | CR=0,037 |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

**Quadro 51** – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do *cluster* “Critérios” com relação ao Fornecedor C

| <b>Critério</b>                 | <b>E</b> | <b>P</b> | <b>Q</b> | <b>Autovetor</b> | <b>.</b> |
|---------------------------------|----------|----------|----------|------------------|----------|
| <b>E (Entrega)</b>              | 1        | 1/3      | 1/5      | 0,105            |          |
| <b>P (Preço)</b>                |          | 1        | 1/3      | 0,258            |          |
| <b>Q (Qualidade do Produto)</b> |          |          | 1        | 0,637            | CR=0,037 |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

c) Critérios x Alternativas

Os Quadros 52 e 53 mostram as relações entre os fornecedores de acordo com os critérios de Entrega e Qualidade, respectivamente. O Quadro 54 representa a relação de preços entre os fornecedores. Como o critério preço é quantitativo, o vetor prioridades foi calculado de acordo com o inverso do valor dado, ou seja, quanto maior o valor atribuído ao produto, menor a importância relativa do fornecedor.

**Quadro 52** – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do *cluster* “Alternativas” com relação à “Entrega”

| <b>Fornecedor</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>Autovetor</b> | <b>.</b> |
|-------------------|----------|----------|----------|------------------|----------|
| <b>A</b>          | 1        | 1/5      | 3        | 0,178            |          |
| <b>B</b>          |          | 1        | 9        | 0,752            |          |
| <b>C</b>          |          |          | 1        | 0,07             | CR=0,028 |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

**Quadro 53** – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do *cluster* “Alternativas” com relação à “Qualidade”

| <b>Fornecedor</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>Autovetor</b> | <b>.</b> |
|-------------------|----------|----------|----------|------------------|----------|
| <b>A</b>          | 1        | 1/7      | 1/5      | 0,072            |          |
| <b>B</b>          |          | 1        | 3        | 0,649            |          |
| <b>C</b>          |          |          | 1        | 0,279            | CR=0,062 |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

**Quadro 54** – Matriz de decisão, autovetor e CR dos elementos do *cluster* “Alternativas” com relação ao “Preço”

| Fornecedor | Preço [R\$] | 1/Preço    | Prioridades (1/preço) / Total |
|------------|-------------|------------|-------------------------------|
| A          | 15.000      | 6,67E-05   | 0,380                         |
| B          | 20.000      | 5,00E-05   | 0,285                         |
| C          | 17.000      | 5,88E-05   | 0,335                         |
|            | Total       | 0,00017549 |                               |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

Deste modo, a comparação entre os *clusters* é necessária, para que haja a elaboração dos pesos de cada elemento, demonstrados pelo autovetor, veja o Quadro 55.

**Quadro 55** – Matriz de decisão, autovetor e CR entre os *clusters* “Alternativas” e “Critérios”.

| <i>Clusters</i> | Alternativas | Critérios | Autovetor | .      |
|-----------------|--------------|-----------|-----------|--------|
| Alternativas    | 1            | 1/3       | 0,25      |        |
| Critérios       |              | 1         | 0,75      | CR=0,0 |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

O passo 2.2 consiste em verificar as razões de consistência (CR) das matrizes. Neste exemplo fornecido, como pode-se observar nos quadros acima, todos os índices ficaram dentro do limite aceitável ( $CR < 0,1$ ), fazendo com que os autovetores sejam válidos.

De acordo com o método proposto, entra-se na etapa 3 para estruturação das três supermatrizes mencionadas. No passo 3.1 a primeira supermatriz é criada, a supermatriz sem peso, obtida através da agregação dos autovetores obtidos nas comparações par a par entre os elementos na etapa anterior. Desta forma, esta matriz é composta de dois *clusters*,  $C_1$  e  $C_2$  (“Alternativas” e “Critérios”, respectivamente), e cada *cluster* composto por três elementos. Nesse sentido são necessárias quatro sub-matrizes ( $W_{11}$ ,  $W_{12}$ ,  $W_{21}$  e  $W_{22}$ ) para compor a supermatriz sem peso. A sub-matriz  $W_{11}$  é composta pelos autovetores da comparação entre os *clusters*  $C_1$  e  $C_1$ . A sub-matriz  $W_{12}$  é composta da agregação dos autovetores resultantes da comparação entre os *clusters*  $C_1$  e  $C_2$ , e assim sucessivamente, resultando no Quadro 56.

**Quadro 56 – Supermatriz sem peso**

| Elementos                       | A     | B     | C     | E     | P     | Q     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Fornecedor A</b>             | 0,571 | 0,333 | 0,2   | 0,178 | 0,380 | 0,072 |
| <b>Fornecedor B</b>             | 0,143 | 0,333 | 0,6   | 0,752 | 0,285 | 0,649 |
| <b>Fornecedor C</b>             | 0,286 | 0,333 | 0,2   | 0,07  | 0,335 | 0,279 |
| <b>Entrega (E)</b>              | 0,105 | 0,105 | 0,105 | 0     | 0     | 0     |
| <b>Preço (P)</b>                | 0,258 | 0,258 | 0,258 | 0     | 0     | 0     |
| <b>Qualidade do Produto (Q)</b> | 0,637 | 0,637 | 0,637 | 0     | 0     | 0     |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

Já no passo 3.2 a supermatriz recebe a ponderação de cada *cluster* obtida na etapa anterior (Quadro 55). Para isto, multiplica-se estes pesos pelas suas submatrizes correspondentes na supermatriz sem peso (Quadro 56). Veja o Quadro 57 com a supermatriz ponderada.

**Quadro 57 – Supermatriz ponderada**

| Elementos                       | A     | B     | C     | E     | P     | Q     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Fornecedor A</b>             | 0,143 | 0,083 | 0,05  | 0,045 | 0,095 | 0,018 |
| <b>Fornecedor B</b>             | 0,036 | 0,083 | 0,15  | 0,188 | 0,071 | 0,162 |
| <b>Fornecedor C</b>             | 0,071 | 0,083 | 0,05  | 0,018 | 0,084 | 0,07  |
| <b>Entrega (E)</b>              | 0,078 | 0,078 | 0,078 | 0     | 0     | 0     |
| <b>Preço (P)</b>                | 0,194 | 0,194 | 0,194 | 0     | 0     | 0     |
| <b>Qualidade do Produto (Q)</b> | 0,478 | 0,478 | 0,478 | 0     | 0     | 0     |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

Assim, o passo 3.3 é verificado e apenas as três últimas colunas não possuem a soma igual a 1. Desta forma a supermatriz ponderada é normalizada e obtém-se o Quadro 58, contendo a supermatriz ponderada estocástica.

**Quadro 58 – Supermatriz ponderada estocástica**

| Elementos                       | A     | B     | C     | E     | P     | Q     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Fornecedor A</b>             | 0,143 | 0,083 | 0,05  | 0,178 | 0,380 | 0,072 |
| <b>Fornecedor B</b>             | 0,036 | 0,083 | 0,15  | 0,752 | 0,285 | 0,649 |
| <b>Fornecedor C</b>             | 0,071 | 0,083 | 0,05  | 0,07  | 0,335 | 0,279 |
| <b>Entrega (E)</b>              | 0,078 | 0,078 | 0,078 | 0     | 0     | 0     |
| <b>Preço (P)</b>                | 0,194 | 0,194 | 0,194 | 0     | 0     | 0     |
| <b>Qualidade do Produto (Q)</b> | 0,478 | 0,478 | 0,478 | 0     | 0     | 0     |

Fonte: Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

A matriz limite é obtida no passo 3.4: eleva-se a supermatriz ponderada estocástica à potências sucessivas até a sua convergência. Cada linha mostra a prioridade

relativa do elemento que ela representa. A matriz limite deste exemplo ilustrativo pode ser visualizada no Quadro 59.

**Quadro 59** – Matriz Limite

| <b>Elementos</b>                | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>E</b> | <b>P</b> | <b>Q</b> |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Fornecedor A</b>             | 0,119    | 0,119    | 0,119    | 0,119    | 0,119    | 0,119    |
| <b>Fornecedor B</b>             | 0,295    | 0,295    | 0,295    | 0,295    | 0,295    | 0,295    |
| <b>Fornecedor C</b>             | 0,157    | 0,157    | 0,157    | 0,157    | 0,157    | 0,157    |
| <b>Entrega (E)</b>              | 0,045    | 0,045    | 0,045    | 0,045    | 0,045    | 0,045    |
| <b>Preço (P)</b>                | 0,111    | 0,111    | 0,111    | 0,111    | 0,111    | 0,111    |
| <b>Qualidade do Produto (Q)</b> | 0,273    | 0,273    | 0,273    | 0,273    | 0,273    | 0,273    |

**Fonte:** Silva, Oliveira e Belderrain (2010).

Para o resultado final, passo 3.5, deve-se analisar as linhas de cada *cluster* e avaliar as prioridades finais. Como pode-se observar, o **Fornecedor B** é a melhor opção, com o melhor desempenho relativo (0,295), e o critério **Qualidade** é o mais importante (0,273).

**APÊNDICE D – CÓDIGOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO EXEMPLO,  
APLICANDO-SE O MÉTODO ANP EM MATLAB®**



## 1. Programação Principal

```

%PROGRAMAÇÃO ANP (Analytic Network Process)
%Problema de Seleção de fornecedores - Exemplo de aplicação
%Tópico 2.3.2
clc;
%Matrizes comparação par a par alternativas x alternativas
A=[1 4 2
   1/4 1 1/2
   1/2 2 1];
B=[1 1 1
   1 1 1
   1 1 1];
C=[1 1/3 1
   3 1 3
   1 1/3 1];
disp('Autovalores e autovetores de alternativas x alternativas')
%Função altxalt
[AutovetorA, AutovetorB, AutovetorC]=altxalt(A,B,C)

%Matrizes comparação par a par alternativas x critérios
C_FA=[1 1/3 1/5
       3 1 1/3
       5 3 1];
C_FB=[1 1/3 1/5
       3 1 1/3
       5 3 1];
C_FC=[1 1/3 1/5
       3 1 1/3
       5 3 1];
disp('Autovalores e autovetores de alternativas x critérios')
%Função altxcrit
[AutovetorC_FA, AutovetorC_FB, AutovetorC_FC]=altxcrit(C_FA,C_FB,C_FC)

%Matrizes comparação par a par critérios x alternativas
A_CE=[1 1/5 3
       5 1 9
       1/3 1/9 1];
A_CQ=[1 1/7 1/5
       7 1 3
       5 1/3 1];
%Função critxalt
[AUTO_VETOR1_ACE, AUTO_VETOR2_ACQ]=criterioxalter(A_CE,A_CQ)

%Preço, por ser um critério quantitativo, o método é distinto dos demais
PA=15000;
PB=20000;
PC=17000;
um_pa=1/PA;
um_pb=1/PB;
um_pc=1/PC;
total_pre=(um_pa)+(um_pb)+(um_pc);
TA=(um_pa)/(total_pre);
TB=(um_pb)/(total_pre);
TC=(um_pc)/(total_pre);
disp('Autovetor Preço x Fornecedores')
autovetor_preco=[TA;TB;TC]

%PONDERAÇÃO CLUSTERS

```

```

clusters=[1 1/3
          3 1];
[AUTO_VETOR_clusters]=pond_cluster(clusters)

%SUPERMATRIZ SEM PESO
disp('Supermatriz sem peso')
Z=zeros(3);
supermatriz_sp=[AutovetorA AutovetorB AutovetorC AUTO_VETOR1_ACE
autovetor_preco AUTO_VETOR2_ACQ
                AutovetorC_FA AutovetorC_FB AutovetorC_FC Z]
%Ponderação:
AutoA=(AutovetorA*AUTO_VETOR_clusters(1,1));
AutoB=(AutovetorB*AUTO_VETOR_clusters(1,1));
AutoC=(AutovetorC*AUTO_VETOR_clusters(1,1));
AutocritA=(AutovetorC_FA*AUTO_VETOR_clusters(2,1));
AutocritB=(AutovetorC_FB*AUTO_VETOR_clusters(2,1));
AutocritC=(AutovetorC_FC*AUTO_VETOR_clusters(2,1));
Autoentrega=(AUTO_VETOR1_ACE*AUTO_VETOR_clusters(1,1));
Autopreco=(autovetor_preco*AUTO_VETOR_clusters(1,1));
Autoqualidade=(AUTO_VETOR2_ACQ*AUTO_VETOR_clusters(1,1));

%SUPERMATRIZ PONDERADA
disp('Supermatriz ponderada')
supermatriz_cp=[AutoA AutoB AutoC Autoentrega Autopreco Autoqualidade
                AutocritA AutocritB AutocritC Z]

%NORMALIZAÇÃO SUPERMATRIZ PONDERADA

disp('Super matriz ponderada estocástica:')
sum_col=sum(supermatriz_cp,1)
smatriz1=(supermatriz_cp(:,1))./(sum_col(:,1));
smatriz2=(supermatriz_cp(:,2))./(sum_col(:,2));
smatriz3=(supermatriz_cp(:,3))./(sum_col(:,3));
smatriz4=(supermatriz_cp(:,4))./(sum_col(:,4));
smatriz5=(supermatriz_cp(:,5))./(sum_col(:,5));
smatriz6=(supermatriz_cp(:,6))./(sum_col(:,6));

super_matriz_pond_estocastica=[smatriz1 smatriz2 smatriz3 smatriz4 smatriz5
smatriz6]

%Método das potências - Matriz limite

[MATRIZ_LIMITE]=matrizlimite(super_matriz_pond_estocastica)

```

## 2. Função de comparação dos fornecedores x fornecedores

```

function [AUTO_VETOR1_FA, AUTO_VETOR2_FB, AUTO_VETOR3_FC]= altxalt (A,B,C)
%RELAÇÕES ENTRE OS FORNECEDORES
%ALTERNATIVAS X ALTERNATIVAS (Fornecedores x Fornecedores)

%ÍNDICE DE COERÊNCIA - TABELADO
IC=[3 0.52
    4 0.89
    5 1.11
    6 1.25
    7 1.35

```

```

8 1.4
9 1.45];
%Obtenção de autovalores e autovetores

%A.1. Matriz de decisão e autovetor dos elementos do cluster alternativas à
luz
%do fornecedor A.
[autovet1 autoval1]=eig(A);
V1=[autovet1 autoval1];
MATRIZ_AUTOVAL1=autoval1(:);
[VAL1,I1] = max(MATRIZ_AUTOVAL1);%MÁXIMO VALOR É O AUTOVALOR, guardado na
variável VAL.
AUTO_VALOR1=VAL1

tam=size(autovet1);
for i=1:tam(2)
    if autovet1(:,i)>0
        k=i;
    end
end

AVETOR1=autovet1(:,k);
SOMA1=sum(AVETOR1);
%Auto vetor autovetor dos elementos do cluster alternativas à luz do
fornecedor A
AUTO_VETOR1_FA=AVETOR1./(SOMA1);

%ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA
n1=IC(1,1);
RI1=IC(1,2);
CR1=((VAL1)-n1)/((n1-1)*RI1)

%A.2. Matriz de decisão e autovetor dos elementos do cluster alternativas à
luz
%do fornecedor B.

[autovet2 autoval2]=eig(B);
V2=[autovet2 autoval2];
MATRIZ_AUTOVAL2=autoval2(:);
[VAL2,I2] = max(MATRIZ_AUTOVAL2);%MÁXIMO VALOR É O AUTOVALOR, guardado na
variável VAL.
AUTO_VALOR2=VAL2 %maior valor da matriz como o auto valor.

tam2=size(autovet2); %número de colunas para teste
for i=1:tam2(2)
    if autovet2(:,i)>0
        k=i;
    end
end

AVETOR2=autovet2(:,k);
SOMA2=sum(AVETOR2);
%Auto vetor autovetor dos elementos do cluster alternativas à luz do
fornecedor B
AUTO_VETOR2_FB=AVETOR2./(SOMA2);

%ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA
n2=IC(1,1);
RI2=IC(1,2);

```

```

CR2=((VAL2)-n2)/((n2-1)*RI2)

%A.3. Matriz de decisão e autovetor dos elementos do cluster alternativas à
luz do fornecedor C.
[autovet3 autoval3]=eig(C);
V3=[autovet3 autoval3];
MATRIZ_AUTOVAL3=autoval3(:);
[VAL3,I3] = max(MATRIZ_AUTOVAL3);%MÁXIMO VALOR É O AUTOVALOR, guardado na
variável VAL.
AUTO_VALOR3=VAL3 %maior valor da matriz como o auto valor.

tam3=size(autovet3); %número de colunas para teste
for i=1:tam3(2)
    if autovet3(:,i)>0
        k=i;
    end
end

AVETOR3=autovet3(:,k);
SOMA3=sum(AVETOR3);
%Auto vetor autovetor dos elementos do cluster alternativas à luz do
fornecedor C
AUTO_VETOR3_FC=AVETOR3./(SOMA3);

%ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA
n3=IC(1,1);
RI3=IC(1,2);
CR3=((VAL3)-n3)/((n3-1)*RI3)
end

```

## 2. Função de comparação dos fornecedores x critérios

```

function [AUTO_VETOR1_CFA, AUTO_VETOR2_CFB,AUTO_VETOR3_CFC]=altxcrit(A,B,C)

%RELAÇÃO ENTRE OS FORNECEDORES
%ALTERNATIVAS X CRITÉRIOS (Fornecedores x CRITÉRIOS)

%ÍNDICE DE COERÊNCIA - TABELADO
IC=[3 0.52
    4 0.89
    5 1.11
    6 1.25
    7 1.35
    8 1.4
    9 1.45];
%Obtenção de autovalores e autovetores

%A.1. Matriz de decisão e autovetor dos elementos do cluster critérios
%em relação ao fornecedor A.
[autovet1 autoval1]=eig(A);
V1=[autovet1 autoval1];
MATRIZ_AUTOVAL1=autoval1(:);
[VAL1,I1] = max(MATRIZ_AUTOVAL1);%MÁXIMO VALOR É O AUTOVALOR, guardado na
variável VAL.
AUTO_VALOR1=VAL1

tam=size(autovet1);
for i=1:tam(2)

```

```

    if autovet1(:,i)>0
        k=i;
    end
end

AVETOR1=autovet1(:,k);
SOMA1=sum(AVETOR1);
%Autovetor dos elementos do cluster critérios em relação ao fornecedor A
AUTO_VETOR1_CFA=AVETOR1./(SOMA1);

%ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA
n1=IC(1,1);
RI1=IC(1,2);
CR1=((VAL1)-n1)/((n1-1)*RI1)

%A.2. Matriz de decisão e autovetor dos elementos do cluster critérios
%em relação ao fornecedor B.

[autovet2 autoval2]=eig(B);
V2=[autovet2 autoval2];
MATRIZ_AUTOVAL2=autoval2(:);
[VAL2,I2] = max(MATRIZ_AUTOVAL2);%MÁXIMO VALOR É O AUTOVALOR, guardado na
variável VAL.
AUTO_VALOR2=VAL2 %maior valor da matriz como o auto valor.

tam2=size(autovet2); %número de colunas para teste
for i=1:tam2(2)
    if autovet2(:,i)>0
        k=i;
    end
end

AVETOR2=autovet2(:,k);
SOMA2=sum(AVETOR2);
%Autovetor dos elementos do cluster critérios em relação ao fornecedor B
AUTO_VETOR2_CFB=AVETOR2./(SOMA2);

%ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA
n2=IC(1,1);
RI2=IC(1,2);
CR2=((VAL2)-n2)/((n2-1)*RI2)

%A.3. Matriz de decisão e autovetor dos elementos do cluster critérios
%em relação ao fornecedor C.

[autovet3 autoval3]=eig(C);
V3=[autovet3 autoval3];
MATRIZ_AUTOVAL3=autoval3(:);
[VAL3,I3] = max(MATRIZ_AUTOVAL3);%MÁXIMO VALOR É O AUTOVALOR, guardado na
variável VAL.
AUTO_VALOR3=VAL3 %maior valor da matriz como o auto valor.

tam3=size(autovet3); %número de colunas para teste
for i=1:tam3(2)
    if autovet3(:,i)>0
        k=i;
    end
end
end

```

```

AVETOR3=autovet3(:,k);
SOMA3=sum(AVETOR3);
%Autovetor dos elementos do cluster critérios em relação ao fornecedor C
AUTO_VETOR3_CFC=AVETOR3./(SOMA3);

%ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA
n3=IC(1,1);
RI3=IC(1,2);
CR3=((VAL3)-n3)/((n3-1)*RI3)

```

### 3. Função de comparação dos critérios x fornecedores

```

function [AUTO_VETOR1_ACE, AUTO_VETOR2_ACQ]=criterioxalter(A,B)

%RELAÇÃO ENTRE OS FORNECEDORES
%CRITÉRIOS X ALTERNATIVAS (CRITÉRIOS X Fornecedores)
%ÍNDICE DE COERÊNCIA - TABELADO
IC=[3 0.52
    4 0.89
    5 1.11
    6 1.25
    7 1.35
    8 1.4
    9 1.45];
%Obtenção de autovalores e autovetores

%A.1. Matriz de decisão e autovetor dos elementos do cluster
alternativas (fornecedores)
%em relação à Entrega.
[autovet1 autoval1]=eig(A);
V1=[autovet1 autoval1];
MATRIZ_AUTOVAL1=autoval1(:);
[VAL1,I1] = max(MATRIZ_AUTOVAL1);%MÁXIMO VALOR É O AUTOVALOR, guardado na
variável VAL.
AUTO_VALOR1=VAL1

tam=size(autovet1);
for i=1:tam(2)
    if autovet1(:,i)>0
        k=i;
    end
end

AVETOR1=autovet1(:,k);
SOMA1=sum(AVETOR1);
%Autovetor dos elementos do cluster Alternativas à Entrega
disp('Autovetor Entrega x Fornecedores')
AUTO_VETOR1_ACE=AVETOR1./(SOMA1);

%ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA
n1=IC(1,1);
RI1=IC(1,2);
CR1=((VAL1)-n1)/((n1-1)*RI1)

%A.2. Matriz de decisão e autovetor dos elementos do cluster alternativas
%(fornecedores) em relação à Qualidade.

[autovet2 autoval2]=eig(B);

```

```

V2=[autovet2 autoval2];
MATRIZ_AUTOVAL2=autoval2(:);
[VAL2,I2] = max(MATRIZ_AUTOVAL2);%MÁXIMO VALOR É O AUTOVALOR, guardado na
variável VAL.
AUTO_VALOR2=VAL2 %maior valor da matriz como o auto valor.

tam2=size(autovet2); %número de colunas para teste
for i=1:tam2(2)
    if autovet2(:,i)>0
        k=i;
    end
end

AVETOR2=autovet2(:,k);
SOMA2=sum(AVETOR2);
%Autovetor dos elementos do cluster alternativas em relação à Qualidade
disp('Autovetor Qualidade x Fornecedores')
AUTO_VETOR2_ACQ=AVETOR2./(SOMA2);

%ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA
n2=IC(1,1);
RI2=IC(1,2);
CR2=((VAL2)-n2)/((n2-1)*RI2)

```

#### 4. Função de ponderação entre *clusters*

```

function [AUTO_VETOR_clusters]=pond_cluster(A)

%RELAÇÃO ENTRE OS FORNECEDORES
%CRITÉRIOS X ALTERNATIVAS (CRITÉRIOS X Fornecedores)
%ÍNDICE DE COERÊNCIA - TABELADO
IC=[3 0.52
    4 0.89
    5 1.11
    6 1.25
    7 1.35
    8 1.4
    9 1.45];
%Obtenção de autovalores e autovetores

%A.1. Matriz de decisão e autovetor dos clusters (ponderação)
[autovet1 autoval1]=eig(A);
V1=[autovet1 autoval1];
MATRIZ_AUTOVAL1=autoval1(:);
[VAL1,I1] = max(MATRIZ_AUTOVAL1);%MÁXIMO VALOR É O AUTOVALOR, guardado na
variável VAL.
AUTO_VALOR1=VAL1

tam=size(autovet1);
for i=1:tam(2)
    if autovet1(:,i)>0
        k=i;
    end
end

AVETOR1=autovet1(:,k);
SOMA1=sum(AVETOR1);

```

```
%Autovetor dos elementos do cluster Alternativas à Entrega
disp('Autovetor Clusters - Ponderação')
AUTO_VETOR_clusters=AVETOR1./(SOMA1);

%ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA
n1=IC(1,1);
RI1=IC(1,2);
CR1=((VAL1)-n1)/((n1-1)*RI1)
```

## 5. Função matriz limite

```
function [MATRIZ_LIMITE]=matrizlimite(B)
r=range(B');
i=1;
u=0.001;
while (r>=u) & (i<=100)
    i=i+1;
    B=B*B;
    r=range(B');
end
disp('Matriz limite')
MATRIZ_LIMITE=B
```



**APÊNDICE E – LISTA DE TRABALHOS RESULTANTES DA REVISÃO  
SISTEMÁTICA**

| Nº | Nome do Artigo  | Autores                            | Ano  | Palavras-chave   | Journal   |
|----|---|------------------------------------|------|--|---|
| 1  | A green supplier selection model for high-tech industry   | Lee et al.                         | 2009 | Analytic hierarchy process; Environment; <i>Fuzzy</i> set theory; FEHP; Green supplier <i>Fuzzy</i> set theory. FEHP. Green supplier | Expert Systems with Applications                      |
| 2  | Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies   | Bai e Sarkis                       | 2010 | Environment/ Sustainability Supply chain/ Rough set/ Grey system   | International Journal of Production Economics         |
| 3  | Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection  | Kuo, Wang e Tien                   | 2010 | Green suppliersselection Data envelopmentanalysis Analytic networkprocess Artificial neuralnetwork                                   | Cleaner Production                                    |
| 4  | A novel <i>fuzzy</i> multi-criteria decision <i>framework</i> for sustainable supplier selection with incomplete information  | Büyükoçkan e Çifçi                 | 2011 | Sustainable supply chain/ Supplier selection/ Analytic network process/ <i>Fuzzy</i> logic/ Incomplete preference relations          | Computers in Industry                                 |
| 5  | The green supplier selection method for chemical industry with analytic network process and radial basis function neural network  | Zhou et al.                        | 2012 | Green Supplier Selection; Analytic Network Process (ANP); Radial Basis Function (RBF); Neural Network; Chemical Industry             | Advances in Information Sciences and Service Sciences |
| 6  | Sustainable supplier selection: A ranking model based on <i>fuzzy</i> inference system  | Amindoust et al.                   | 2012 | Sustainable supplier selection/ Supply chain management/ <i>Fuzzy</i> inference system   | Applied Soft Computing Journal                        |
| 7  | Integrated <i>fuzzy</i> multi criteria decision making method and multiobjective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain | Kannan et al.                      | 2013 | Green supply chain management (GSCM) Supplier selection Multi-objective linear programming (MOLP) Maxi-min method Order allocation   | Cleaner Production                                    |
| 8  | Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management   | Hsu et al.                         | 2013 | Carbon management, Supplier selection, Green supply chain management, DEMATEL  | Cleaner Production                                    |
| 9  | Selection ideal coal suppliers of thermal power plants using the matter-element extension model with integrated empowerment method for sustainability                     | Tan et al.                         | 2014 | não disponível   | Mathematical Problems in Engineering                  |
| 10 | A decision support tool for sustainable supplier selection in manufacturing firms   | Orji e Wei                         | 2014 | supplier selection, sustainability, Original Equipment Manufacturers (OEM)   | Industrial Engineering and Management                 |
| 11 | A new <i>fuzzy</i> TOPSIS-TODIM hybrid method for green supplier selection using <i>fuzzy</i> time function   | Arshadi Khamseh e Mahmoodi         | 2014 | não disponível   | Advances in <i>Fuzzy</i> Systems                      |
| 12 | Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using <i>fuzzy</i> TOPSIS applied to a Brazilian electronics company   | Kannan, De Sousa Jabbour e Jabbour | 2014 | Green supply chain management (GSCM) Green supplier selection <i>Fuzzy</i> set theory TOPSIS Triangular <i>fuzzy</i> number          | EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL                       |

| Nº | Nome do Artigo   | Autores                       | Ano  | Palavras-chave  | Journal  |
|----|--|-------------------------------|------|---|--|
| 13 | Selecting green supplier of thermal power equipment by using a hybrid MCDM method for sustainability                                     | Zhao e Guo                    | 2014 | <i>Fuzzy</i> -entropy; <i>Fuzzy</i> -TOPSIS; Green supplier selection; Sustainability; Thermal power equipment  | Sustainability (Switzerland)                                 |
| 14 | Green supplier selection and evaluation using DEA-type composite indicators  | Dobos e Vörösmarty            | 2014 | Green supplier assessment<br>DEA<br>Common weights analysis<br>Composite indicators<br>Multicriteria decision making  | International Journal of Production Economics                |
| 15 | Evaluating a green supplier selection problem using a hybrid MODM algorithm  | Bakeshlou et al.              | 2014 | Green supplier selection · <i>Fuzzy</i> analytical network process (ANP) · <i>Fuzzy</i> decision making trial and Evaluation laboratory (DEMATEL) · Order allocation · <i>Fuzzy</i> multi-objective linear programming (MOLP) Weighted max–min operator | Intelligent Manufacturing                                    |
| 16 | An integrated MCDM approach to green supplier selection  | Yazdani                       | 2014 | AHP; Environmental factors; <i>Fuzzy</i> TOPSIS; MCDM; Supplier selection   | International Journal of Industrial Engineering Computations |
| 17 | A hybrid multiple criteria group decision-making approach for green supplier selection in the TFT-LCD industry                           | Tsui e Wen                    | 2014 | não disponível  | Mathematical Problems in Engineering                         |
| 18 | A decision support system to select suppliers for a sustainable supply chain based on a systematic DEA approach                          | Shi et al.                    | 2014 | Decision support system; Green procurement; Green supplier evaluation; Green supplier selection; Sustainable supply chain; Systematic DEA approach  | Information Technology and Management                        |
| 19 | An intuitionsitic <i>fuzzy</i> judgment matrix and TOPSIS integrated multi-criteria decision making for green supplier selection         | Cao, Wu e Liang               | 2015 | Green supplier selection, multicriteria decision making, intuitionsitic <i>fuzzy</i> number, TOPSIS method, subjective weights, objective weights   | Journal of Intelligent & <i>Fuzzy</i> Systems                |
| 20 | Green supplier selection using na AHP-Entropy-TOPSIS <i>framework</i>  | Freeman e Chen                | 2015 | green issues, AHP, modeling   | Supply Chain Management: An International Journal            |
| 21 | Supplier selection problems in fashion business operations with sustainability considerations  | Jia et al.                    | 2015 | Fashion industry; Multi-criteria decision making; Supplier selection; Sustainability; TOPSIS  | Sustainability (Switzerland)                                 |
| 22 | Supplier selection for sustainable operations: a triple bottom line approach using bayesian <i>framework</i>                             | Sarkis e Dhavele              | 2015 | supplier selection, multiple objectives, triple bottom line, bayesian <i>framework</i> , markov chain monte carlos simulation, Gibbs sampler  | International Journal of Production Economics                |
| 23 | An innovative integration of <i>fuzzy</i> logic and systems dynamics in sustainable supplier selection: a case on manufacturing industry | Orji e Wei                    | 2015 | <i>Fuzzy</i> logic, supplier selection, sustainability, system dynamics   | Computers & Industrial Engineering                           |
| 24 | <i>Fuzzy</i> Axiomatic Design approach based green supplier selection: a case study from Singapore                                       | Kannan, Govindan e Rajendran, | 2015 | Green supplier selection<br>Multi criteria decision making<br><i>Fuzzy</i> Axiomatic Design<br>Environmental performance  | Cleaner Production   |
| 25 | An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis                      | Hashemi, Karimi e Tavana      | 2015 | Green supply chain management(GSCM), Environmental sustainability, Supplier selection, Analytic network process(ANP), Improved Grey relation alanalysis (GRA), Grey theory  | Production Economics   |

| <b>Nº</b> | <b>Nome do Artigo</b>  | <b>Autores</b> | <b>Ano</b> | <b>Palavras-chave</b>  | <b>Journal</b>               |
|-----------|--|----------------|------------|--|------------------------------|
| 26        | Developing a green supplier selection model by using the DANP with VIKOR                           | Kuo, Hsu e Li  | 2015       | DANP; EICC; Environmental performance; Supplier selection; VIKOR   | Sustainability (Switzerland) |
| 27        | Identifying Robust portfolios of suppliers: a sustainability selection and development perspective | Trapp e Sarkis | 2015       | Sustainability/ Green supply chain management/ Supplier selection/ Supplier development/ Integer programming/ Optimization | Cleaner Production           |

**APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO PARA A SELEÇÃO DE CRITÉRIOS PARA A  
APLICAÇÃO DO MODELO**

---

**Objetivo ‘Parte 1’ da Pesquisa:** A primeira parte do projeto consiste em escolher quais critérios mais utilizados na seleção de fornecedores da empresa.

---

Como a pesquisa foca em sustentabilidade, gostaria de saber os 5 principais critérios utilizados na seleção de fornecedores adotadas pela empresa nas 3 dimensões a seguir. E, se alguns dos critérios que a empresa utiliza não estiver na listagem, podem ser citados ao final da questão.

**INFORMAÇÃO LEGAL DE SABER!**

Esta listagem de critérios foi elaborada mediante uma revisão de literatura de todos os *journals* de renome internacionais. A relação abordada nas 3 dimensões (econômica, verde e social), são os critérios mais citados e trabalhados nos artigos estudados.

**SUSTENTABILIDADE:**

**DIMENSÃO ECONÔMICA:**

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Custo/Preço   |
| <input type="checkbox"/> | Qualidade   |
| <input type="checkbox"/> | Entrega no prazo/ tempo                             |
| <input type="checkbox"/> | Capacidade de tecnologia / uso de novas tecnologias |
| <input type="checkbox"/> | Flexibilidade                                       |
| <input type="checkbox"/> | Custo logístico / de entrega                        |
| <input type="checkbox"/> | Garantia  |
| <input type="checkbox"/> | Razão de rejeição                                   |
| <input type="checkbox"/> | Lead time   |
| <input type="checkbox"/> | Capacidade de design/projeto                        |
| <input type="checkbox"/> | Capacidade de P&D                                   |
| <input type="checkbox"/> | Conformidade com os preços do setor                 |
| <input type="checkbox"/> | Razão de entrega no prazo                           |
| <input type="checkbox"/> | <b>Outras:</b>                                      |
-

**DIMENSÃO VERDE / AMBIENTAL:**

- Sistema de gerenciamento ambiental
- Certificação ambiental e/ou verde / ISO 14001
- Controle de poluição
- Design verde / Eco-design
- Tecnologias mais limpas / ambientais
- Gerenciamento ou controle de resíduos perigosos / Gestão de resíduos
- Seleção de material verde / matéria-prima ambiental
- Consumo de recursos
- Emissão no ar (gases poluentes)
- Produto verde / ambiental
- Reusabilidade / Reuso / Recuperação
- Outros:

**DIMENSÃO SOCIAL:**

- Respeito pelas políticas e pelas leis
- Divulgação de informações
- Saúde e segurança do trabalho
- Direitos dos *stakeholders*
- Interesses e direitos dos trabalhadores
- Subsídios e doações/Contribuições filantrópicas
- Outros:

**APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO PARA O INÍCIO DA FASE 2 – *FUZZY DEMATEL***



## Parte 1 de 2 – Questionário Fase 2 (Fuzzy DEMATEL)

### SELEÇÃO DE FORNECEDORES SUSTENTÁVEIS PARTE 2

**Objetivo 'parte 2' da Pesquisa:** determinar as inter-relações de dependência entre os critérios pré-determinados na parte 1.

#### TERMOS PARA UTILIZAR NAS COMPARAÇÕES

| TERMO                  | SIGLA |
|------------------------|-------|
| NENHUMA INFLUÊNCIA     | N     |
| INFLUÊNCIA MUITO BAIXA | MB    |
| BAIXA INFLUÊNCIA       | B     |
| MÉDIA INFLUÊNCIA       | MD    |
| INFLUÊNCIA ALTA        | A     |
| INFLUÊNCIA MUITO ALTA  | MA    |
| INFLUÊNCIA ABSOLUTA    | AB    |

#### Como devo responder o questionário?

Para responder, nas tabelas abaixo você deve relacionar as **LINHAS.COM AS COLUNAS** das matrizes, sempre respondendo a pergunta "O quanto o termo X influencia o termo Y?" e responder de acordo com as siglas dos termos da **tabela ao lado**. Veja um exemplo PREENCHIDO ALEATORIAMENTE:

|                          | Custo | Qualidade | Controle da poluição | Certificações ambientais |
|--------------------------|-------|-----------|----------------------|--------------------------|
| Custo                    |       | AB        | A                    | A                        |
| Qualidade                | MA    |           | MB                   | MD                       |
| Controle da poluição     | MD    | MB        |                      | AB                       |
| Certificações ambientais | B     | B         | MD                   |                          |

|    |
|----|
| AB |
| MA |
| MD |
| AB |

Significa que o custo tem uma influência ABSOLUTA sobre a qualidade  
 Significa que a qualidade tem uma influência MUITO ALTA sobre o custo  
 Significa que as certificações ambientais possuem uma influência MÉDIA sobre o controle da poluição  
 Significa que o controle da poluição tem uma influência ABSOLUTA sobre as certificações ambientais

#### Vamos preencher?

#### COMPARAÇÃO ENTRE AS PERSPECTIVAS

| Clusters  | Econômico | Ambiental | Social |
|-----------|-----------|-----------|--------|
| Econômico |           |           |        |
| Ambiental |           |           |        |
| Social    |           |           |        |

Para preencher este espaço, se pergunte: "O quanto a perspectiva AMBIENTAL influencia na perspectiva SOCIAL?"

Proceda da mesma forma nos outros espaços

## Parte 2 de 2 – Questionário Fase 2 (Fuzzy DEMATEL)

### COMPARAÇÃO ENTRE OS CRITÉRIOS

| CRITÉRIOS   | ECONÔMICO |           |                  |                 |            | AMBIENTAL                            |                      |                         |                     | SOCIAL             |                          |                               |                           |   |   |
|---|-----------|-----------|------------------|-----------------|------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|---|---|
|   | Custo     | Qualidade | Entrega no prazo | Custo logístico | Compliance | Certificações ambientais / ISO 14001 | Controle da poluição | Tecnologias mais limpas | Consumo de recursos | Reuso/ Recuperação | Respeito pelas políticas | Saúde e segurança do trabalho | Direitos dos stakeholders | Interesses e direitos dos trabalhadores | Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis |
| ECONÔMICO   |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Qualidade   |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Entrega no prazo  |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Custo logístico   |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Compliance  |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Certificações ambientais / ISO 14001                                      |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Control de poluição   |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Tecnologias mais limpas   |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Consumo de recursos   |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Reuso/ Recuperação  |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Respeito pelas políticas  |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Saúde e segurança do trabalho   |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Direitos dos stakeholders   |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Interesses e direitos dos trabalhadores                                   |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |
| Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis |           |           |                  |                 |            |                                      |                      |                         |                     |                    |                          |                               |                           |   |   |

|  |   |
|--|---|
|  | Para preencher este espaço se pergunte: "Quanto o critério 'Consumo de recursos' influencia no critério 'Entrega no prazo'"             |
|  | Para preencher este espaço se pergunte: "Quanto o critério 'Entrega no prazo' influencia as 'Certificações ambientais'"                 |
|  | Para preencher este espaço se pergunte: "Quanto o critério 'Incentivo ao desenvolvimento...' influencia os 'Direitos dos stakeholders'" |

Proceda da mesma forma nos outros espaços

**APÊNDICE H – QUESTIONÁRIO PARA O INÍCIO DA FASE 3 – FUZZY ANP**

## Parte 1 de 3 – Questionário Fase 3 (Fuzzy ANP)

### SELEÇÃO DE FORNECEDORES SUSTENTÁVEIS PARTE 3 (ÚLTIMA)

**Objetivo parte 3:** Determinar a escolha entre os fornecedores com relação aos critérios e analisar as preferências destes critérios, com uma comparação par a par.

#### Como devo responder o questionário?

Pense nos 2 principais fornecedores, de mesmos produtos, da empresa!

Marque um 'X' a cada linha, com a escala abaixo, mostrando a preferência de cada critério, ou fornecedor, de acordo com a pergunta.

| ESCALA |                         |
|--------|-------------------------|
| IG     | Igual                   |
| RZ     | Preferência Razoável    |
| MD     | Preferência Moderada    |
| ESS    | Preferência Essencial   |
| FT     | Preferência Forte       |
| MF     | Preferência Muito Forte |
| EX     | Preferência Extrema     |

Obs: Quando nenhum dos dois nas comparações for um resposta, não responda e deixe em branco

Vamos preencher?

### COMPARAÇÃO DE FORNECEDORES EM RELAÇÃO AOS CRITÉRIOS

Aqui você irá analisar qual dos seus dois principais fornecedores prefere, em relação a cada critério especificado na pergunta.

| PERSPECTIVA ECONÔMICA |  | PERSPECTIVA AMBIENTAL |   | PERSPECTIVA SOCIAL |  |
|-----------------------|--|-----------------------|---|--------------------|--|
| 1                     | Compare os fornecedores em relação ao critério <b>CUSTO</b>      | 1                     | Compare os fornecedores em relação ao critério <b>CERTIFICADOS AMBIENTAIS / ISO 14001</b> | 1                  | Compare os fornecedores em relação ao critério <b>RESPEITO ÀS POLÍTICAS</b>  |
| Fornecedor 1          | EX MF FT ESS MD RZ IG RZ MD ESS FT MF EX Fornecedor 2            | Fornecedor 1          | EX MF FT ESS MD RZ IG RZ MD ESS FT MF EX Fornecedor 2                                     | Fornecedor 1       | EX MF FT ESS MD RZ IG RZ MD ESS FT MF EX Fornecedor 2  |
| 2                     | Compare os fornecedores em relação ao critério <b>QUALIDADE</b>  | 2                     | Compare os fornecedores em relação ao critério <b>CONTROLE DA POLUIÇÃO</b>                | 2                  | Compare os fornecedores em relação ao critério <b>DIREITOS DOS STAKEHOLDERS</b>  |
| Fornecedor 1          | EX MF FT ESS MD RZ IG RZ MD ESS FT MF EX Fornecedor 2            | Fornecedor 1          | EX MF FT ESS MD RZ IG RZ MD ESS FT MF EX Fornecedor 2                                     | Fornecedor 1       | EX MF FT ESS MD RZ IG RZ MD ESS FT MF EX Fornecedor 2  |
| 3                     | Compare os fornecedores em relação ao critério <b>COMPLIANCE</b> | 3                     | Compare os fornecedores em relação ao critério <b>REISO E RECUPERAÇÃO</b>                 | 3                  | Compare os fornecedores em relação ao critério <b>Incunivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis</b> |
| Fornecedor 1          | EX MF FT ESS MD RZ IG RZ MD ESS FT MF EX Fornecedor 2            | Fornecedor 1          | EX MF FT ESS MD RZ IG RZ MD ESS FT MF EX Fornecedor 2                                     | Fornecedor 1       | EX MF FT ESS MD RZ IG RZ MD ESS FT MF EX Fornecedor 2  |

## Parte 2 de 3 – Questionário Fase 3 (Fuzzy ANP)

### COMPARAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO À CADA FORNECEDOR

Aqui você irá analisar qual critério se sobressai em cada comparação de acordo com o fornecedor especificado.

| FORNECEDOR 1 x PERSPECTIVA ECONÔMICA   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|--|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
| Qual dos critérios abaixo são mais importantes, ou preferíveis, no <b>Forneccor 1</b> ?<br>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 1  | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Compliance   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 2.   | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Compliance   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 3.   | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Custo  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| FORNECEDOR 2 x PERSPECTIVA ECONÔMICA   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| Qual dos critérios abaixo são mais importantes, ou preferíveis, no <b>Forneccor 2</b> ?<br>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 1  | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Compliance   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 2.   | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Compliance   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 3.   | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Custo  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| FORNECEDOR 1 x PERSPECTIVA AMBIENTAL   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| Qual dos critérios abaixo são mais importantes, ou preferíveis, no <b>Forneccor 1</b> ?<br>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 1  | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Certificações Ambientais e ISO 14001   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 2.   | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Certificações Ambientais e ISO 14001   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 3.   | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Controle da Poluição   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| FORNECEDOR 2 x PERSPECTIVA AMBIENTAL   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| Qual dos critérios abaixo são mais importantes, ou preferíveis, no <b>Forneccor 2</b> ?<br>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 1  | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Certificações Ambientais e ISO 14001   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 2.   | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Certificações Ambientais e ISO 14001   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 3.   | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Controle da Poluição   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| FORNECEDOR 1 x PERSPECTIVA SOCIAL  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| Qual dos critérios abaixo são mais importantes, ou preferíveis, no <b>Forneccor 1</b> ?<br>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 1  | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Direitos dos Stakeholders  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 2.   | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Direitos dos Stakeholders  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 3.   | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem autossustentáveis  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| FORNECEDOR 2 x PERSPECTIVA SOCIAL  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| Qual dos critérios abaixo são mais importantes, ou preferíveis, no <b>Forneccor 2</b> ?<br>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 1  | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Direitos dos Stakeholders  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 2.   | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Direitos dos Stakeholders  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 3.   | EX | MF | FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |
| Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem autossustentáveis  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |

## Parte 3 de 3 – Questionário Fase 3 (Fuzzy ANP)

### COMPARAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO AOS PRÓPRIOS CRITÉRIOS

Aqui você irá analisar qual critério mais tem influência no critério especificado na pergunta

| <b>PERSPECTIVA ECONÔMICA X PERSPECTIVA AMBIENTAL</b>  |                                      |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|---|--------------------------------------|----------|-----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|---|----------|----------|--------------------------------------|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|--|----------------------|--------------------------------------|----------|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----------------------|--|---------------------------|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---------------------|----------|----------|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|--|--|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------|---|----------|----------|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|--|--|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------|----------|----------|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|--|--|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------|----------|----------|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|--|--|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------|--|----------|----------|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|--|--|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------|----------|----------|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|--|--|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------|----------|----------|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|--|--|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------|
| <p>Qual dos critérios abaixo influenciam mais no critério "CUSTO"<br/>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;"><b>1</b></td> <td style="width: 10%;">EX MF FT</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">IG</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">FT</td> <td style="width: 10%;">MF</td> <td style="width: 10%;">EX</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Certificações Ambientais e ISO 14001</td> <td style="background-color: #f08080;">Controle da Poluição</td> </tr> <tr> <td><b>2</b></td> <td>EX MF FT</td> <td>ESS</td> <td>MD</td> <td>RZ</td> <td>IG</td> <td>RZ</td> <td>MD</td> <td>ESS</td> <td>FT</td> <td>MF</td> <td>EX</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Certificações Ambientais e ISO 14001</td> <td style="background-color: #f08080;">Reuso / Recuperação</td> </tr> <tr> <td><b>3</b></td> <td>EX MF FT</td> <td>ESS</td> <td>MD</td> <td>RZ</td> <td>IG</td> <td>RZ</td> <td>MD</td> <td>ESS</td> <td>FT</td> <td>MF</td> <td>EX</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Controle da Poluição</td> <td style="background-color: #f08080;">Reuso / Recuperação</td> </tr> </table>                 | <b>1</b>                             | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD  | ESS | FT | MF | EX  |          |          | Certificações Ambientais e ISO 14001 |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  | Controle da Poluição | <b>2</b>                             | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX                   |  |                           | Certificações Ambientais e ISO 14001 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   | Reuso / Recuperação | <b>3</b> | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |  | Controle da Poluição |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Reuso / Recuperação | <p>Qual dos critérios abaixo influenciam mais no critério "QUALIDADE"<br/>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;"><b>1</b></td> <td style="width: 10%;">EX MF FT</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">IG</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">FT</td> <td style="width: 10%;">MF</td> <td style="width: 10%;">EX</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Certificações Ambientais e ISO 14001</td> <td style="background-color: #f08080;">Controle da Poluição</td> </tr> <tr> <td><b>2</b></td> <td>EX MF FT</td> <td>ESS</td> <td>MD</td> <td>RZ</td> <td>IG</td> <td>RZ</td> <td>MD</td> <td>ESS</td> <td>FT</td> <td>MF</td> <td>EX</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Certificações Ambientais e ISO 14001</td> <td style="background-color: #f08080;">Reuso / Recuperação</td> </tr> <tr> <td><b>3</b></td> <td>EX MF FT</td> <td>ESS</td> <td>MD</td> <td>RZ</td> <td>IG</td> <td>RZ</td> <td>MD</td> <td>ESS</td> <td>FT</td> <td>MF</td> <td>EX</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Controle da Poluição</td> <td style="background-color: #f08080;">Reuso / Recuperação</td> </tr> </table>                 | <b>1</b> | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |  | Certificações Ambientais e ISO 14001 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Controle da Poluição | <b>2</b> | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |  | Certificações Ambientais e ISO 14001 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Reuso / Recuperação | <b>3</b> | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |  | Controle da Poluição |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Reuso / Recuperação | <p>Qual dos critérios abaixo influenciam mais no critério "COMPLIANCE"<br/>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;"><b>1</b></td> <td style="width: 10%;">EX MF FT</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">IG</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">FT</td> <td style="width: 10%;">MF</td> <td style="width: 10%;">EX</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Certificações Ambientais e ISO 14001</td> <td style="background-color: #f08080;">Controle da Poluição</td> </tr> <tr> <td><b>2</b></td> <td>EX MF FT</td> <td>ESS</td> <td>MD</td> <td>RZ</td> <td>IG</td> <td>RZ</td> <td>MD</td> <td>ESS</td> <td>FT</td> <td>MF</td> <td>EX</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Certificações Ambientais e ISO 14001</td> <td style="background-color: #f08080;">Reuso / Recuperação</td> </tr> <tr> <td><b>3</b></td> <td>EX MF FT</td> <td>ESS</td> <td>MD</td> <td>RZ</td> <td>IG</td> <td>RZ</td> <td>MD</td> <td>ESS</td> <td>FT</td> <td>MF</td> <td>EX</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Controle da Poluição</td> <td style="background-color: #f08080;">Reuso / Recuperação</td> </tr> </table> | <b>1</b> | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |  | Certificações Ambientais e ISO 14001 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Controle da Poluição | <b>2</b> | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |  | Certificações Ambientais e ISO 14001 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Reuso / Recuperação | <b>3</b> | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |  | Controle da Poluição |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Reuso / Recuperação |
| <b>1</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Controle da Poluição  |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>2</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Reuso / Recuperação   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>3</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Controle da Poluição                 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Reuso / Recuperação   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>1</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Controle da Poluição  |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>2</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Reuso / Recuperação   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>3</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Controle da Poluição                 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Reuso / Recuperação   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>1</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Controle da Poluição  |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>2</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Reuso / Recuperação   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>3</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Controle da Poluição                 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Reuso / Recuperação   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>PERSPECTIVA SOCIAL X PERSPECTIVA AMBIENTAL</b>   |                                      |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <p>Qual dos critérios abaixo influenciam mais no critério "RESPEITO ÀS POLÍTICAS"<br/>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;"><b>1</b></td> <td style="width: 10%;">EX MF FT</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">IG</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">FT</td> <td style="width: 10%;">MF</td> <td style="width: 10%;">EX</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Certificações Ambientais e ISO 14001</td> <td style="background-color: #f08080;">Controle da Poluição</td> </tr> <tr> <td><b>2</b></td> <td>EX MF FT</td> <td>ESS</td> <td>MD</td> <td>RZ</td> <td>IG</td> <td>RZ</td> <td>MD</td> <td>ESS</td> <td>FT</td> <td>MF</td> <td>EX</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Certificações Ambientais e ISO 14001</td> <td style="background-color: #f08080;">Reuso / Recuperação</td> </tr> <tr> <td><b>3</b></td> <td>EX MF FT</td> <td>ESS</td> <td>MD</td> <td>RZ</td> <td>IG</td> <td>RZ</td> <td>MD</td> <td>ESS</td> <td>FT</td> <td>MF</td> <td>EX</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Controle da Poluição</td> <td style="background-color: #f08080;">Reuso / Recuperação</td> </tr> </table> | <b>1</b>                             | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD  | ESS | FT | MF | EX  |          |          | Certificações Ambientais e ISO 14001 |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  | Controle da Poluição | <b>2</b>                             | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX                   |  |                           | Certificações Ambientais e ISO 14001 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   | Reuso / Recuperação | <b>3</b> | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |  | Controle da Poluição |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Reuso / Recuperação | <p>Qual dos critérios abaixo influenciam mais no critério "Direitos dos Stakeholders"<br/>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;"><b>1</b></td> <td style="width: 10%;">EX MF FT</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">IG</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">FT</td> <td style="width: 10%;">MF</td> <td style="width: 10%;">EX</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Certificações Ambientais e ISO 14001</td> <td style="background-color: #f08080;">Controle da Poluição</td> </tr> <tr> <td><b>2</b></td> <td>EX MF FT</td> <td>ESS</td> <td>MD</td> <td>RZ</td> <td>IG</td> <td>RZ</td> <td>MD</td> <td>ESS</td> <td>FT</td> <td>MF</td> <td>EX</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Certificações Ambientais e ISO 14001</td> <td style="background-color: #f08080;">Reuso / Recuperação</td> </tr> <tr> <td><b>3</b></td> <td>EX MF FT</td> <td>ESS</td> <td>MD</td> <td>RZ</td> <td>IG</td> <td>RZ</td> <td>MD</td> <td>ESS</td> <td>FT</td> <td>MF</td> <td>EX</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Controle da Poluição</td> <td style="background-color: #f08080;">Reuso / Recuperação</td> </tr> </table> | <b>1</b> | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |  | Certificações Ambientais e ISO 14001 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Controle da Poluição | <b>2</b> | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |  | Certificações Ambientais e ISO 14001 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Reuso / Recuperação | <b>3</b> | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |  | Controle da Poluição |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Reuso / Recuperação | <p>Qual dos critérios abaixo influenciam mais no critério "REUSO / RECUPERAÇÃO"<br/>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;"><b>1</b></td> <td style="width: 10%;">EX MF FT</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">IG</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">FT</td> <td style="width: 10%;">MF</td> <td style="width: 10%;">EX</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Certificações Ambientais e ISO 14001</td> <td style="background-color: #f08080;">Controle da Poluição</td> </tr> </table>  | <b>1</b> | EX MF FT | ESS | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |  | Certificações Ambientais e ISO 14001 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Controle da Poluição |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>1</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Controle da Poluição  |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>2</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Reuso / Recuperação   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>3</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Controle da Poluição                 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Reuso / Recuperação   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>1</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Controle da Poluição  |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>2</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Reuso / Recuperação   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>3</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Controle da Poluição                 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Reuso / Recuperação   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>1</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Controle da Poluição  |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>INTER-RELAÇÕES</b>   |                                      |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <p>Qual dos critérios abaixo influenciam mais no critério "RESPEITO PELAS POLÍTICAS"<br/>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;"><b>1</b></td> <td style="width: 10%;">EX MF FT</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">IG</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">FT</td> <td style="width: 10%;">MF</td> <td style="width: 10%;">EX</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Certificações Ambientais e ISO 14001</td> <td style="background-color: #f08080;">Controle da Poluição</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Direitos dos Stakeholders</td> <td style="background-color: #f08080;">Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis</td> </tr> </table>   |                                      |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    |   | <b>1</b> | EX MF FT | ESS                                  | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |                      | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    | Controle da Poluição |  | Direitos dos Stakeholders |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>1</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Certificações Ambientais e ISO 14001 |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Controle da Poluição  |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Direitos dos Stakeholders            |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Incentivo ao desenvolvimento de programas de reciclagem auto-sustentáveis |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <p>Qual dos critérios abaixo influenciam mais no critério "CUSTO"<br/>Escolha um critério por linha, marcando um X no quadrado correspondente</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;"><b>1</b></td> <td style="width: 10%;">EX MF FT</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">IG</td> <td style="width: 10%;">RZ</td> <td style="width: 10%;">MD</td> <td style="width: 10%;">ESS</td> <td style="width: 10%;">FT</td> <td style="width: 10%;">MF</td> <td style="width: 10%;">EX</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="11">Compliance</td> <td style="background-color: #f08080;">Qualidade</td> </tr> </table>  |                                      |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    |   | <b>1</b> | EX MF FT | ESS                                  | MD | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT | MF | EX |  |                      | Compliance                           |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    | Qualidade            |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
| <b>1</b>  | EX MF FT                             | ESS      | MD  | RZ | IG | RZ | MD | ESS | FT  | MF | EX |   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |
|   | Compliance                           |          |     |    |    |    |    |     |     |    |    | Qualidade   |          |          |                                      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |                      |                                      |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |                      |  |                           |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |   |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |  |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |          |          |     |    |    |    |    |    |     |    |    |    |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                     |