



JESSICA ANTUNES ABRANTES

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

PROPOSTA DE UM ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE
PARA AVALIAR O DESEMPENHO SUSTENTÁVEL EM
OPERAÇÕES LOGÍSTICAS

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA E
GESTÃO INDUSTRIAL

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa

Novembro, 2021



NOVA

NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E
INDUSTRIAL**

PROPOSTA DE UM ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE PARA AVALIAR O DESEMPENHO SUSTENTÁVEL EM OPERAÇÕES LOGÍSTICAS

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA E
GESTÃO INDUSTRIAL

JESSICA ANTUNES ABRANTES

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Pedro Emanuel Botelho Espadinha da Cruz,
Professor Auxiliar Convidado,
Universidade NOVA de Lisboa

Coorientadores: Radu Godina,
Professor Auxiliar Convidado,
Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes,
Professora Associada com Agregação da Faculdade de
Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

Arguentes: Doutor António Carlos Bárbara Grilo,
Professor Associado com Agregação da Faculdade de
Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

Vogais: Doutor Pedro Emanuel Botelho Espadinha da Cruz,
Professor Auxiliar Convidado da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa
Novembro, 2021

Proposta de um Índice de Sustentabilidade para avaliar o desempenho sustentável em operações logísticas

Copyright © JESSICA ANTUNES ABRANTES, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

*Aos meus pais, ao meu irmão
e aos meus avós*

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação marca o culminar de uma longa viagem, de cinco anos, pautada por inúmeros desafios e aprendizagens, ao longo do qual tive a sorte de poder contar com o apoio de pessoas incríveis às quais quero deixar um agradecimento muito especial.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Professor Pedro Espadinha da Cruz e ao Professor Radu Godina, orientador e coorientador desta dissertação, por todos os conhecimentos transmitidos, pelos desafios lançados e pela disponibilidade, incentivo, e apoio que sempre demonstraram.

À EDP Global Solutions, por me ter dado a oportunidade de realizar o estágio curricular no âmbito da presente dissertação na Direção dos Serviços de Logística. Ao João Pereira de Almeida pela disposição em acolher-me e pela prontidão e disponibilidade para me transmitir todos os seus conhecimentos, que enriqueceram esta minha experiência. À Rita Mourão por me ter orientado e por me manter motivada durante todo o trabalho, e pela disponibilidade incansável e preocupação constante que teve comigo. Aos restantes elementos dos SL pelo tempo que disponibilizaram e por contribuírem para o meu trabalho.

À minha Kika, por ser a melhor colega de casa, a melhor amiga, a melhor companheira de aventuras e a melhor *coach* motivacional. Obrigada pela energia que me transmites, pelos conselhos e por toda a força, contigo foi mais fácil!

À Filipa Martins, que foi um pilar durante todo o meu percurso académico e que esteve sempre à distância de uma chamada para me ouvir e incentivar a seguir em frente.

Às minhas amigas, Andreia Pereira e Beatriz Cerqueira, por estarem sempre presentes, por terem acreditado sempre em mim e por me terem apoiado em todos os projetos em que me envolvi. Sem o vosso suporte não teria conseguido chegar até aqui! Aos amigos que a faculdade me deu, por todas as vezes partilhados que contribuíram para o meu crescimento, um grande obrigada, Catarina Ladeira, Diogo Dinis, Margarida Cinca, Bruno Santos, Adriana Ramos, Elisa Reboredo, Patrícia Apolinário, Sofia Madaleno, Carolina Alves, António Pimparel e Gonçalo Nobre.

À família que a AEFCT me deu, à minha querida Sónia Pereira que é o pilar desta casa e que esteve sempre lá quando mais precisei; ao Eduardo Freitas por ter abraçado comigo o primeiro ano de dirigentes associativos e por todos os desafios superados; à minha querida

administrativa, Pedro Ferreira, Pedro Jacinto, Tomás Chora e Adriana Costinha (mana), pelo ano incrível que passamos juntos, por todo o companheirismo, desafios e aventuras; à Carolina Crespo por me ter guiado nestes três anos de crescimento; ao Sebastião Bandeira (dad) pela paciência e por todos os conhecimentos transmitidos, um obrigada não chega; por fim, aos filhos, Francisco Fernandes e Rita Pereira, pela equipa incrível que formamos e por termos sido capazes de nos reinventar.

Aos amigos de sempre, por serem uma presença constante ao longo do meu percurso académico, Inês Costa, Augusto Fernandes, Filipa Veloso, Gaspar Viana, Patrick Cunha, Jéssica Gonçalves, Marcelo Silva e Daniel Nunes.

Por fim, aos meus pilares, Mãe e Pai, por me quererem dar aquilo que não tiveram, por terem acreditado em mim, por terem partilhado os momentos de tristeza e de alegria, por me incentivarem a ser mais e melhor, acima de tudo por me fazerem sempre feliz! Ao meu irmão, por me incentivar a ser melhor, para que possa ser o seu exemplo de coragem e determinação, por me ajudar em tudo e por tornar os meus dias mais alegres. A toda a minha família, tios, primos, padrinhos, mas principalmente, à minha prima Alexia Deligeorgis, pela força, à Eliana Costa e Maria Mendes por me terem apoiado nos momentos que mais precisei.

“Creativity is intelligence having fun”
(Albert Einstein)

RESUMO

Os atuais modelos de consumo e produção têm provocado uma crescente preocupação e investimento por parte das empresas relativamente à área da sustentabilidade e problemas inerentes. A medição do desempenho sustentável em cadeias de abastecimento permite às empresas melhorar a sua vantagem competitiva face à concorrência. Contudo, a literatura revela que existe falta de um modelo que permita avaliar a sustentabilidade de acordo com as suas três dimensões (económica, social e ambiental) de forma equivalente.

O principal objetivo desta dissertação consiste na identificação de KPIs aplicáveis a cadeias de abastecimento, de acordo com as três dimensões da sustentabilidade, e no desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Geral (ISG), capaz de monitorizar o estado da sustentabilidade. Tendo em conta o objetivo, é realizada uma revisão da literatura no âmbito da sustentabilidade, cadeias de abastecimento sustentáveis, avaliação de desempenho e análise multicritério, a fim de identificar KPIs aplicáveis a cadeias de abastecimento, modelos de decisão capazes de selecionar os KPIs mais relevantes e métodos de agregação para a criação de índices de avaliação da sustentabilidade. Deste modo, foi proposto um sistema *fuzzy*, que permite a integração dos KPIs para a criação de um ISG capaz de avaliar o estado da sustentabilidade geral e particular de cada dimensão da sustentabilidade em simultâneo.

De forma a testar e validar a metodologia proposta para a criação de um ISG, foi realizado um estudo de caso na Direção dos Serviços de Logística (SL) da EDP Global Solutions. Os KPIs identificados na literatura foram analisados por um grupo de decisores através de um processo de pré-seleção, realizado por intermédio de entrevistas semiestruturadas e de um questionário, com o intuito de reduzir a lista de KPIs inicial a um conjunto de KPIs relevantes para a atividade dos SL e de completar a mesma com KPIs sugeridos pelos inquiridos. De modo a estabelecer uma ordem de importância dos KPIs a selecionar para a criação do ISG, foram aplicados os modelos AHP e TOPSIS por intermédio de questionários e do *software SuperDecisions*. Por último, os KPIs foram agregados num ISG através da modelação por *fuzzy logic* no *software Matlab* através da ferramenta *Fuzzy Logic Designer* e da ferramenta *Simulink*. O modelo proposto contribuiu para a avaliação da sustentabilidade geral e particular de cada dimensão da sustentabilidade em simultâneo, e permitiu identificar as atividades que influenciam positiva e negativamente o estado da sustentabilidade.

Palavras chave: Sustentabilidade, Cadeias de Abastecimento, TOPSIS, AHP, Lógica Difusa, *Key Performance Indicators*

ABSTRACT

The current consumption and production patterns have been raising concerns and investment from companies regarding the sustainability area and its inherent challenges. The measurement of sustainable performance in supply chain allows companies to improve their competitive advantage against the competitors. However, the literature reveals the lack of a model to assess sustainability according to its three dimensions (economic, social and environmental) in an equal manner.

The major objective of this dissertation is to identify KPIs applicable to supply chains, according to the three dimensions of sustainability, and to develop a General Sustainability Index (GSI), capable of monitoring the state of sustainability. Considering the objective, a literature review was carried out in the field of sustainability, sustainable supply chains, performance measurement and multi-criteria analysis, in order to identify KPIs applicable to supply chains, decision models capable of selecting the most relevant KPIs and aggregation methods for creating sustainability assessment indexes. Therefore, a fuzzy system was proposed, which allows the integration of KPIs for the creation of an GSI capable of assessing the state of general and particular sustainability' state for each sustainability dimension simultaneously.

In order to test and validate the methodology proposed for the creation of an GSI, a case study was carried out in the Logistics Services Department (LS) of EDP Global Solutions. The KPIs identified in the literature were analyzed by a group of decision makers through a pre-selection process, carried out through semi-structured interviews and a questionnaire, to reduce the initial KPI list to a set of relevant KPIs to the LS activity and to complete it with KPIs suggested by the decision makers. To facilitate the implementation of an order of importance of the KPIs to be selected for the creation of the GSI, the AHP and TOPSIS methods were applied through questionnaires and the SuperDecisions software. Lastly, the KPIs were gathered in an GSI through fuzzy logic modeling in Matlab software using the Fuzzy Logic Designer tool and the Simulink tool. The proposed model contributed to the assessment of the general and particular sustainability dimension simultaneously and allowed the identification of activities that positively and negatively influence the state of sustainability.

Keywords: Sustainability, Supply Chains, TOPSIS, AHP, Fuzzy Logic, Key Performance Indicators

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2.	OBJETIVO E ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	2
1.3.	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	3
2.	REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1.	A SUSTENTABILIDADE E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	5
2.2.	PILARES DA SUSTENTABILIDADE.....	8
2.2.1.	<i>Sustentabilidade Económica</i>	9
2.2.2.	<i>Sustentabilidade Ambiental</i>	10
2.2.3.	<i>Sustentabilidade Social</i>	12
2.3.	SUSTENTABILIDADE CORPORATIVA	13
2.4.	CADEIAS DE ABASTECIMENTO	14
2.4.1.	<i>Cadeia de Abastecimento Sustentável</i>	15
2.4.2.	<i>Medição do desempenho sustentável</i>	17
2.5.	AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO.....	18
2.6.	SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO.....	19
2.6.1.	<i>Melhoria Contínua</i>	21
2.6.2.	<i>Balanced Scorecard</i>	23
2.6.3.	<i>EFQM Business Excellence Model</i>	24
2.7.	INDICADORES DE DESEMPENHO	26
2.7.1.	<i>Tipos de Indicadores</i>	26
2.7.2.	<i>Características dos KPIs</i>	28
2.7.3.	<i>Identificação e Seleção de Indicadores</i>	29
2.7.4.	<i>Dificuldades e desafios</i>	30
2.8.	TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO NA SELEÇÃO DE INDICADORES	31
2.8.1.	<i>Análise Multicritério de Apoio à Decisão</i>	31
2.8.2.	<i>Modelos de Apoio à Decisão Multicritério</i>	32
2.8.3.	<i>Indicadores aplicados a Cadeias de Abastecimento Sustentáveis</i>	35

3.	METODOLOGIA PROPOSTA	39
3.1.	METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DE KPIS E DESENVOLVIMENTO DE UM ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE GERAL	40
3.1.1.	<i>Pré-seleção de KPIS</i>	41
3.1.2.	<i>Definição dos Critérios.....</i>	42
3.2.	MODELO DE DECISÃO HÍBRIDO AHP-TOPSIS PARA SELEÇÃO DE KPIS.....	44
3.2.1.	<i>Modelo AHP.....</i>	44
3.2.2.	<i>Modelo TOPSIS.....</i>	45
3.2.3.	<i>Proposta do modelo híbrido AHP-TOPSIS</i>	46
3.3.	LÓGICA DIFUSA	54
3.3.1.	<i>Fuzzy Inference Systems.....</i>	55
3.3.2.	<i>Proposta de um Sistema Fuzzy para determinação do ISG</i>	56
3.3.3.	<i>Aplicação do Sistema Fuzzy para determinação do ISG.....</i>	71
4.	ESTUDO DE CASO.....	75
4.1.	GRUPO EDP	75
4.2.	EDP GLOBAL SOLUTIONS.....	77
4.2.1.	<i>Direção dos Serviços de Logística</i>	77
4.3.	CARACTERIZAÇÃO INICIAL DA ORGANIZAÇÃO.....	78
4.4.	RECOLHA DE DADOS.....	79
4.4.1.	<i>Pré-seleção de KPIS</i>	81
4.4.2.	<i>Mensurabilidade</i>	83
4.5.	APLICAÇÃO DO MODELO AHP	85
4.5.1.	<i>Matrizes de comparação</i>	85
4.5.2.	<i>Validação da consistência</i>	88
4.5.3.	<i>Resolução de problemas de consistência</i>	89
4.5.4.	<i>Resultados do modelo AHP</i>	89
4.6.	APLICAÇÃO DO MODELO TOPSIS.....	90
4.6.1.	<i>Matrizes de decisão</i>	91
4.6.2.	<i>Processo de agregação.....</i>	96
4.6.3.	<i>Resultados do modelo AHP-TOPSIS.....</i>	97
4.7.	APLICAÇÃO DO SISTEMA FUZZY	100
4.7.1.	<i>Variáveis de entrada e saída.....</i>	100
4.7.2.	<i>Resultados do Sistema Fuzzy</i>	102
5.	CONCLUSÕES	107
5.1.	CONCLUSÕES GERAIS	107
5.2.	CONTRIBUTOS.....	109
5.3.	TRABALHOS FUTUROS	109
	BIBLIOGRAFIA.....	111
	ANEXOS.....	119

ANEXO A: AVALIAÇÃO DO GRAU DE RELEVÂNCIA DOS KPIS IDENTIFICADOS NA LITERATURA	119
ANEXO B: PRIORIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS ATRAVÉS DO MODELO AHP	123
ANEXO B.1: ANÁLISE AOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO DO ANEXO B.....	131
ANEXO C: HIERARQUIZAÇÃO E SELEÇÃO DOS KPIS ATRAVÉS DO MODELO TOPSIS.....	134
ANEXO D: DESCRIÇÃO DOS KPIS SELECIONADOS	136
ANEXO E: REGRAS DE INFERÊNCIA <i>FUZZY</i>	139

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - MODELOS DE <i>TRIPLE BOTTOM LINE</i>	9
FIGURA 2.2 - <i>FRAMEWORK</i> SUSTENTÁVEL DA CADEIA DE ABASTECIMENTO	16
FIGURA 2.3 - <i>BALANCED SCORECARD</i>	24
FIGURA 2.4 - MODELO DE EXCELÊNCIA EMPRESARIAL EFQM	25
FIGURA 2.5 - TIPOS DE <i>KEY PERFORMANCE INDICATORS</i>	27
FIGURA 3.1 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA PROPOSTA	39
FIGURA 3.2 - <i>SUSTAINABILITY BALANCED SCORECARD</i>	43
FIGURA 3.3 - ESTRUTURA HIERÁRQUICA DO AHP	44
FIGURA 3.4 - ESTRUTURA HIERÁRQUICA DO MODELO DE DECISÃO HÍBRIDO AHP-TOPSIS	47
FIGURA 3.5 - PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM FIS	55
FIGURA 3.6 - ARQUITETURA DO SISTEMA <i>FUZZY</i> PARA MODELAÇÃO DO ISG	57
FIGURA 3.7 - FUNÇÕES DE PERTENÇA PARA A VARIÁVEL A1 (<i>MEMBERSHIP FUNCTION EDITOR</i> NO SOFTWARE <i>MATLAB</i>)	61
FIGURA 3.8 - FUNÇÕES DE PERTENÇA PARA A VARIÁVEL A4 (<i>MEMBERSHIP FUNCTION EDITOR</i> NO SOFTWARE <i>MATLAB</i>)	63
FIGURA 3.9 - FUNÇÕES DE PERTENÇA PARA A VARIÁVEL A11 (<i>MEMBERSHIP FUNCTION EDITOR</i> NO SOFTWARE <i>MATLAB</i>)	64
FIGURA 3.10 - FUNÇÕES DE PERTENÇA PARA A VARIÁVEL E17 (<i>MEMBERSHIP FUNCTION EDITOR</i> NO <i>SOFTWARE MATLAB</i>)	66
FIGURA 3.11 - FUNÇÕES DE PERTENÇA PARA A VARIÁVEL E14 (<i>MEMBERSHIP FUNCTION EDITOR</i> NO <i>SOFTWARE MATLAB</i>)	67
FIGURA 3.12 - FERRAMENTA <i>FUZZY LOGIC DESIGNER</i> NO SOFTWARE <i>MATLAB</i>	71
FIGURA 3.13 - BASE DE REGRAS DE INFERÊNCIA NO <i>RULE EDITOR</i>	72
FIGURA 3.14 - PROCESSO DE INFERÊNCIA NO <i>RULE VIEWER</i>	72
FIGURA 4.1 - EMPRESAS DO GRUPO EDP DISTRIBUÍDAS POR ÁREA DE ATUAÇÃO	76
FIGURA 4.2 - ESTRUTURA ORGANIZATIVA DA EDP GLOBAL SOLUTIONS	77
FIGURA 4.3 - ESTRUTURA ORGANIZATIVA DA DIREÇÃO DOS SERVIÇOS DE LOGÍSTICA	78
FIGURA 4.4 - FLUXOGRAMA DA MENSURABILIDADE DOS KPIs	84
FIGURA 4.5 - PROCESSO DE MODELAÇÃO DO ISG ATRAVÉS DA FERRAMENTA <i>SIMULINK</i> DO SOFTWARE <i>MATLAB</i>	103
FIGURA 4.6 - GRÁFICO RADAR DAS VARIÁVEIS <i>OUTPUT</i> (2019 E 2020)	105

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 - MODELOS DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO	33
TABELA 2.2 - KPIs APLICÁVEIS A CADEIAS DE ABASTECIMENTO SUSTENTÁVEIS	35
TABELA 3.1 - ESCALA DE AVALIAÇÃO DE RELEVÂNCIA	41
TABELA 3.2 - ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY	48
TABELA 3.3 - ÍNDICE DE RIDGE	50
TABELA 3.4 - ESCALA DO GRAU DE CONTRIBUIÇÃO	53
TABELA 3.5 - DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ENTRADA E SAÍDA	58
TABELA 3.6 - FATOR DE EMISSÃO ATMOSFÉRICO ANUAL (gCO ₂ T/KM)	60
TABELA 3.7 - EMISSÕES MÉDIA DE CO ₂ PARA O SUBGRUPO 9	60
TABELA 3.8 - PARÂMETROS DOS TERMOS LINGÜÍSTICOS DA VARIÁVEL A1	61
TABELA 3.9 - % MATERIAIS RECICLADOS FACE AO TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS	62
TABELA 3.10 - % RECOLHA SELETIVA DE RESÍDUOS URBANOS SOBRE O TOTAL DE RESÍDUOS URBANOS RECOLHIDOS, EM PORTUGAL	62
TABELA 3.11 - PARÂMETROS DOS TERMOS LINGÜÍSTICOS DA VARIÁVEL A4	63
TABELA 3.12 - REDUÇÃO DO CONSUMO DE PAPEL FACE AO ANO DE 2016 (%)	64
TABELA 3.13 - PARÂMETROS DOS TERMOS LINGÜÍSTICOS DA VARIÁVEL A11	65
TABELA 3.14 - NÚMERO MÉDIO DE SEMANAS DE ATRASO DOS FORNECEDORES NUM ANO	65
TABELA 3.15 - PARÂMETROS DOS TERMOS LINGÜÍSTICOS DA VARIÁVEL E17	66
TABELA 3.16 - PARÂMETROS DOS TERMOS LINGÜÍSTICOS DAS RESTANTES VARIÁVEIS DE ENTRADA E SAÍDA	67
TABELA 3.17 - NÚMERO DE REGRAS PARA CADA FIS	68
TABELA 3.18 - ESCALA DOS TERMOS LINGÜÍSTICOS EM FUNÇÃO DO OBJETIVO DA VARIÁVEL	69
TABELA 4.1 - ESPECIFICAÇÃO DE KPIs	80
TABELA 4.2 - CARACTERIZAÇÃO DO PAINEL DE INQUIRIDOS	81
TABELA 4.3 - KPIs PRÉ-SELECIONADOS E KPIs PROPOSTOS NAS ENTREVISTAS	82
TABELA 4.4 - EXEMPLO DE MATRIZ DE COMPARAÇÃO	86
TABELA 4.5 - MATRIZ DE COMPARAÇÃO NORMALIZADA E SÍNTESE DE PESOS	87
TABELA 4.6 - PESOS RELATIVOS DOS CRITÉRIOS NA ÓTICA DOS DECISORES	90
TABELA 4.7 - EXEMPLO DA MATRIZ DE DECISÃO	92
TABELA 4.8 - CÁLCULO DAS RAÍZES QUADRADAS DA SOMA DOS QUADRADOS	93
TABELA 4.9 - MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA	93
TABELA 4.10 - PESO RELATIVO DOS CRITÉRIOS	94
TABELA 4.11 - MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA PONDERADA	94

TABELA 4.12 - SOLUÇÕES IDEAIS POSITIVAS E NEGATIVAS	94
TABELA 4.13 - MATRIZ DISTÂNCIA À ALTERNATIVA IDEAL POSITIVA	95
TABELA 4.14 - MATRIZ DISTÂNCIA À ALTERNATIVA IDEAL NEGATIVA	96
TABELA 4.15 - AGREGAÇÃO INTERNA DAS MEDIDAS DE SEPARAÇÃO DA ALTERNATIVA A1	97
TABELA 4.16 - MEDIDAS DE SEPARAÇÃO AGREGADAS E RESPECTIVO RANKING	97
TABELA 4.17 - RANKING REORGANIZADO.....	99
TABELA 4.18 - VALORES DAS VARIÁVEIS <i>INPUT</i> E <i>OUTPUT</i> (2019 E 2020)	104
TABELA 4.19 - ANÁLISE COMPARATIVA DAS VARIÁVEIS <i>OUTPUT</i> (2019 E 2020).....	105

ACRÓNIMOS

- AHP** – *Analytic Hierarchy Process*
- ANP** – *Analytic Network Process*
- BOA** – *Bisector of Area*
- BSC** – *Balanced Scorecard*
- CA** – *Cadeia de Abastecimento*
- CERES** – *Coalition for Environmentally Responsible Economics*
- COA** – *Centroid of Area method*
- COG** – *Center of Gravity*
- CSCMP** – *Council of Supply Chain Management Professionals*
- CSR** – *Corporate Social Responsibility*
- DEA** – *Data Envelopment Analysis model*
- DMAIC** – *Define, Measure, Analyse, Improve and Control*
- EDP** – *Energias de Portugal*
- EFQM** – *European Foundation for Quality Management*
- ELECTRE** – *Elimination Et Choix Traduisant la Realite*
- ESG** – *Environmental, Social and Governance*
- FIS** – *Fuzzy Inference Systems*
- GCA** – *Gestão da Cadeia de Abastecimento*
- GREENSCOR** – *Green Supply Chain Operations Reference*
- GRI** – *Global Reporting Initiative*
- ISG** – *Índice de Sustentabilidade Geral*
- ISO** – *International Organization for Standardization*
- KPIs** – *Key Performance Indicators*
- KRIs** – *Key Result Indicators*
- LOM** – *Largest of Maximum method*
- MACBETH** – *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*
- MADM** – *Multi-Attribute Decision Making*
- MAUT** – *Multi-Attribute Utility Theory*
- MCDA** – *Multi-Criteria Decision Analysis*

MCDM – *Multi-Criteria Decision Making*
MODM – *Multi-Objective Decision Making*
MOM – *Mean of Maximum method*
ODM – *Objetivos de Desenvolvimento do Milénio*
ODS – *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*
OECD – *Organization for Economic Co-operation and Development*
ONU – *Organização das Nações Unidas*
PDCA – *Plan, Do, Check and Act*
PIs – *Performance Indicators*
PMS – *Performance Measurement Systems*
PROMETHEE – *Preference ranking organization method for enrichment evaluation*
QUALIFLEX – *Qualitative Flexible*
RADAR – *Resultados, Abordagem, Desenvolvimento, Avaliação e Revisão*
RIs – *Result Indicators*
SBSC – *Sustainability Balanced Scorecard*
SC – *Sustentabilidade Corporativa*
SCOR – *Supply Chain Operations Reference*
SMART – *Simple Multi-Attribute Rating Technique*
SMART – *Specific, Mensurable, Achievable, Relevant, Time sensitive*
SMARTER – *Specific, Mensurable, Achievable, Relevant, Time sensitive, Explainable or Evaluated, Relative or Reviewed*
SOM – *Smallest of Maximum method*
TBL ou 3BL – *Triple Bottom Line*
TOPSIS – *Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solutions*
TPS – *Toyota Production System*
TQM – *Total Quality Management*
UNEP – *United Nations Environment Programme*
WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development*
WCED – *World Commission on Environment and Development*

SÍMBOLOS

- A – Matriz de comparação de pares (AHP)
 a_{ij} – Importância relativa do elemento i em relação ao elemento j (AHP)
 n – Número de critérios na matriz de comparação (AHP)
 w_{ij} – Vetor de normalização (AHP)
 W – Vetor de prioridade ou Autovetor (AHP)
 w_n – Peso dos critérios (AHP)
 λ_{max} – Maior autovetor da matriz de comparação (AHP)
 CI – Índice de consistência (AHP)
 CR – Rácio de consistência (AHP)
 RI – Índice de consistência aleatório (AHP)
 X – Matriz de decisão (TOPSIS)
 m – Alternativas (TOPSIS)
 n – Critérios (TOPSIS)
 x_{ij} – Valores da matriz de decisão (TOPSIS)
 r_{ij} – Vetor de normalização (TOPSIS)
 V – Matriz de decisão normalizada ponderada (TOPSIS)
 v_{ij} – Valor normalizado ponderado (TOPSIS)
 w_j – Peso dos critérios (TOPSIS)
 A^+ ou v_j^+ – Solução ideal positiva (TOPSIS)
 A^- ou v_j^- – Solução ideal negativa (TOPSIS)
 S_i^+ – Distância à solução ideal positiva (TOPSIS)
 S_i^- – Distância à solução ideal negativa (TOPSIS)
 C_i^+ – Coeficiente de proximidade (TOPSIS)
 U – Universo de discurso de *input* (Fuzzy Systems)
 V – Universo de discurso de *output* (Fuzzy Systems)
 F_i^l – Conjuntos difusos de *input* (Fuzzy Systems)
 G^l – Conjuntos difusos de *output* (Fuzzy Systems)
 x – Variáveis linguísticas de *input* (Fuzzy Systems)

y – Variáveis linguísticas de *output* (*Fuzzy Systems*)

l – Número de regras (*Fuzzy Systems*)

$u_F(u)$ – Funções de pertença (*Fuzzy Systems*)

INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o conteúdo da presente dissertação e referida a importância da monitorização dos impactos sustentáveis para as empresas. Numa primeira instância pretende-se apresentar a contextualização do problema, seguindo-se a explicitação do objetivo, a metodologia utilizada e, por fim, a estrutura da dissertação.

1.1. Contextualização e caracterização do problema

O desenvolvimento emergente da sustentabilidade ao longo das últimas décadas é uma consequência da finitude dos recursos naturais, do crescimento populacional, da consciencialização para os limites do desenvolvimento económico e das exigências ambientais. Neste sentido, têm vindo a ser adotadas inúmeras estratégias e planos de gestão de desenvolvimento sustentável, assim como algumas diretivas políticas e de incentivo (Klarin, 2018) com o objetivo de pressionar as empresas para se tornarem mais responsáveis ambientalmente e socialmente.

A pressão colocada sobre as empresas, por parte dos seus *stakeholders* (partes interessadas), para considerarem os impactos ambientais, sociais e económicos, tem resultado na procura por soluções mais sustentáveis, que tem vindo a ser transmitida para as suas cadeias de abastecimento (Seuring & Müller, 2008). Por sua vez, a integração do conceito de sustentabilidade nas operações de uma cadeia de abastecimento permite às empresas desenvolver vantagens competitivas face à concorrência (S. A. R. Khan et al., 2021), através da integração das três dimensões da sustentabilidade (económica, social e ambiental) nas suas atividades (Liu et al., 2017).

Neste contexto, existe a necessidade de medir o desempenho sustentável nas cadeias de abastecimento em todas as dimensões de forma equivalente, bem como identificar os processos e atividades que têm um impacto positivo ou negativo no desempenho sustentável (Chardine-Baumann & Botta-Genoulaz, 2014). Deste modo, os sistemas de medição de desempenho

devem ser constituídos por um conjunto de *Key Performance Indicators* (KPIs) capazes de fornecer informações relevantes para a tomada de decisão (Kurien & Qureshi, 2011). No entanto, apesar de vários autores terem estudado processos de implementação de práticas sustentáveis no âmbito das cadeias de abastecimento, são poucos os que avaliam a sustentabilidade e o desempenho nas cadeias de abastecimento, pelo que não existe um modelo que consiga integrar simultaneamente as três dimensões do desenvolvimento sustentável (Chardine-Baumann & Botta-Genoulaz, 2014). Em contrapartida, a agregação de um conjunto de KPIs relativos às várias perspetivas da sustentabilidade, num índice composto de desenvolvimento sustentável, pode ser considerada uma solução para a monitorização do estado da sustentabilidade (Krajnc & Glavič, 2005).

Esta dissertação pretende colmatar a ausência de um modelo que avalie a sustentabilidade nas cadeias de abastecimento, de acordo com as suas três dimensões de forma equivalente.

1.2. Objetivo e abordagem metodológica

Esta dissertação pretende avaliar a sustentabilidade, em atividades logísticas de suporte a empresas de produção e distribuição elétrica, tendo como objetivo principal o desenvolvimento de um modelo de avaliação de desempenho sustentável, capaz de auxiliar os decisores a monitorizar o estado da sustentabilidade geral e particular de cada dimensão da sustentabilidade e identificar as atividades que influenciam negativamente o desempenho sustentável.

Deste modo, pretende-se construir um índice composto para avaliar a sustentabilidade, de acordo com as suas três dimensões, sendo para tal necessário definir e implementar um conjunto de KPIs capazes de identificar as atividades onde se deve intervir, com o propósito de se atingirem metas sustentáveis no futuro. Para atingir este objetivo é necessário efetuar algumas etapas intermédias:

- i) Revisão da literatura sobre sustentabilidade, cadeias de abastecimento sustentáveis, avaliação de desempenho e análise multicritério;
- ii) Identificar um conjunto de KPIs capazes de avaliar o desempenho de cadeias de abastecimento ecológicas e sustentáveis e os modelos de apoio à decisão multicritério capazes de selecionar os KPIs mais relevantes, assim como o método de agregação a utilizar;
- iii) Estabelecer os critérios adequados para avaliar os KPIs selecionados através dos modelos de decisão;
- iv) Propor uma metodologia para o desenvolvimento de um modelo que avalie a sustentabilidade nas cadeias de abastecimento, de acordo com as suas três dimensões de forma equivalente;
- v) Estruturar os modelos de decisão propostos e o modelo agregação, detalhando as etapas necessárias ao seu desenvolvimento;

- vi) Validar o modelo proposto para a criação de um índice de sustentabilidade geral, através da aplicação do modelo ao estudo de caso e através da análise dos resultados obtidos.

Com isto pretende-se responder à seguinte questão de investigação: “de que forma a monitorização da sustentabilidade nas operações logísticas pode contribuir para atingir metas sustentáveis?”

1.3. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos:

O Capítulo 1 apresenta a contextualização do tema abordado nesta dissertação e identifica o problema que se pretende resolver, os principais objetivos a atingir e a metodologia aplicada.

O Capítulo 2 é dedicado à revisão da literatura sobre os conceitos teóricos necessários à compreensão da presente dissertação e inicia com uma contextualização à sustentabilidade, onde é abordado o conceito do desenvolvimento sustentável, os três pilares da sustentabilidade e a sustentabilidade corporativa. Seguindo-se a caracterização das cadeias de abastecimento, com especial foco nas cadeias de abastecimento sustentáveis. E por fim, são identificados e caracterizados os principais sistemas de medição de desempenho, no âmbito da avaliação de desempenho, e são apresentados os diferentes modelos de análise multicritério, com especial foco no modelo TOPSIS¹ e AHP².

O Capítulo 3 descreve a metodologia proposta para o desenvolvimento de um índice composto de sustentabilidade. O processo de pré-seleção dos KPIs e a definição dos critérios a utilizar nos modelos de decisão são descritos neste capítulo, assim como a construção detalhada de cada modelo de decisão (TOPSIS e AHP), com recurso a questionários e ao *software SuperDecisions*. Por último, também é descrito o processo de agregação dos KPIs num índice composto, através da modelação por *fuzzy logic*, com recurso ao *software MATLAB R2021a*.

O Capítulo 4 refere-se ao estudo de caso desenvolvido na EDP Global Solutions, empresa do Grupo de Energias de Portugal (EDP), que é caracterizada no início do capítulo. Seguindo-se a apresentação das metodologias para recolha de dados e a interpretação dos dados recolhidos, assim como a aplicação dos dois modelos de decisão e da modelação por *fuzzy logic*, onde se demonstram e discutem os resultados obtidos.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões gerais do trabalho realizado e as principais contribuições, assim como sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros

¹ *Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solutions*

² *Analytic Hierarchy Process*

REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é apresentada uma revisão da literatura que expõe os conceitos teóricos necessários para uma melhor compreensão da presente dissertação e que serve de suporte para o desenvolvimento da mesma.

O capítulo inicia com uma contextualização da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável, onde se apresentam os três pilares da sustentabilidade e a sustentabilidade corporativa. Seguindo-se a introdução às cadeias de abastecimento, dando especial atenção às cadeias de abastecimento sustentáveis. Por outro lado, é feita uma abordagem à melhoria contínua, como ponte para o estudo da avaliação do desempenho, dentro da qual são apresentados os sistemas de medição de desempenho existentes. Por fim, exploraram-se os diferentes modelos de apoio à decisão multicritério, que ajudaram na seleção dos indicadores de desempenho adequados a uma avaliação geral da sustentabilidade.

2.1. A Sustentabilidade e o Desenvolvimento Sustentável

Sustentabilidade é uma das palavras mais utilizadas na área científica, contudo até ao final dos anos 70 era empregue apenas para se referir à forma como os recursos naturais deveriam ser geridos (Leal Filho, 2000). É possível pensar em sustentabilidade como longevidade, uma vez que quanto mais tempo se conseguir manter um sistema inalterado, mais sustentável será esse sistema (Roostaie et al., 2019).

No entanto, desde o início da Revolução Industrial, que se tem assistido a um crescimento abrupto da população mundial e a um célere desenvolvimento da produção. Como consequência deste crescimento, foram explorados cada vez mais recursos naturais e simultaneamente o volume de resíduos e poluentes lançados para o meio ambiente também aumentaram de forma gradual (Shi et al., 2019), o que levou a mudanças climáticas e desastres naturais, mas também a guerras e instabilidade política e socioeconómica (Klarin, 2018). Tudo isto, faz com que a preservação do capital natural se torne cada vez mais exigente (Shi et al., 2019). Paralelamente a esta evolução, também o conceito de desenvolvimento sustentável e toda a

preocupação inerente a este tema evoluiu ao longo das últimas décadas, sendo possível categorizar este progresso em 3 períodos históricos distintos: Período Pré-Estocolmo (antes 1972), Período entre Estocolmo e Brundtland (1972-1987) e Período Após Brundtland (desde 1987) (Shi et al., 2019).

Em 1968, reuniram-se cientistas, economistas e humanistas de dez países, em Roma, com o objetivo de se debater a crise ambiental global que se estava a expandir a um ritmo alarmante, para melhorar a situação socioeconómica e ecológica dos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos (Klarin, 2018; Mebratu, 1998). Deste encontro, resultou uma organização global independente denominada “Clube de Roma” que discutiu sobre as preocupações e os desafios que a humanidade estava prestes a enfrentar (recursos naturais limitados, crescimento populacional, desenvolvimento económico e problemas ecológicos) (Klarin, 2018). Com o intuito de apelar à sociedade para uma mudança de comportamento em relação ao planeta, o Clube de Roma publicou um dos primeiros estudos a alertar sobre as consequências negativas do desenvolvimento económico - “*Limits of Growth*” (1972) (Meadows et al., 2013). O estudo comprova, através de modelos de simulação, que existe um claro conflito entre a procura e os recursos finitos da Terra, pelo que um crescimento sem restrições não é viável, tornando-se fundamental que exista uma gestão adequada da qualidade dos sistemas naturais e do tipo de crescimento que os mesmos são capazes de suportar (Shrivastava & Berger, 2010). Deste modo, o período Pré-Estocolmo é reconhecido como o período das teorias económicas, uma vez que foi neste período e através do Clube de Roma que investigadores como Adam Smith, Karl Marx, Malthus, Ricardo e Mil reconheceram os limites do desenvolvimento e das exigências ambientais (Klarin, 2018).

Em 1972, realizou-se a Primeira Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, que marca o início do segundo período e simboliza o início do conceito de desenvolvimento sustentável com a publicação de uma declaração e de um plano de ação para a preservação do meio ambiente (Klarin, 2018; Shi et al., 2019). Para além disso, nesta conferência foram assinaladas exigências a nível global, para que todos os países fortalecessem as suas políticas de gestão ambiental ao mesmo tempo que desenvolviam as suas economias (Shi et al., 2019).

O período entre 1972 e 1987, ficou pautado por alguns acontecimentos, nomeadamente a Conferência de Belgrado em 1975 – com a formulação de princípios e orientações para um programa de Educação Ambiental; em 1979 organizou-se a Primeira Conferência Mundial do Clima, em Genebra – que impulsionou a criação de um programa de investigação e monitoramento das mudanças climáticas; e em 1984 foi criada a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (World Commission on Environment and Development – WCED) das Nações Unidas – com o propósito de criar novas formas de cooperação internacional entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento, e de desenvolver e adotar planos a nível global para o desenvolvimento e conservação do meio ambiente (Klarin, 2018).

Em 1987, a WCED elaborou um relatório sobre o desenvolvimento humano, intitulado “*Our Common Future*”, onde se propôs pela primeira vez o conceito de desenvolvimento sustentável (Shi et al., 2019). O relatório Brundtland define desenvolvimento sustentável como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (World Commission on Environment and Development (WCED), 1987). Esta definição é uma das mais aceitas e mais citadas na literatura, independentemente do contexto em que o desenvolvimento sustentável esteja a ser discutido (Klarin, 2018). Brundtland era defensor de um desenvolvimento económico que tivesse em consideração a saúde humana e do planeta no longo prazo (Shrivastava & Berger, 2010), para além disso era apologeta de uma utilização racional e controlada dos recursos, de forma a proteger e conservar a natureza (Klarin, 2018).

Este acontecimento impulsionou o início do terceiro período, conhecido como período Após Brundtland, que perdura até à atualidade e que soma vários eventos significativos no campo do desenvolvimento sustentável (Klarin, 2018). O início da jornada do desenvolvimento sustentável, ficou marcado pela Conferência do Rio de Janeiro, em 1992 – na qual foram abordadas questões sobre o meio ambiente e o desenvolvimento, e foram estabelecidas metas e planos de ação para implementar o desenvolvimento sustentável a nível global (Agenda 21). Surgindo daqui o ponto de partida para uma parceria a nível global em prol da resolução dos problemas ambientais globais (Shi et al., 2019). De forma a enriquecer esta parceria, no ano de 2000, durante a Conferência do Milénio das Nações Unidas foram definidos oito objetivos internacionais de desenvolvimento para o ano de 2015 (Objetivos de Desenvolvimento do Milénio - ODM) com foco no desenvolvimento e na eliminação da pobreza extrema (Shi et al., 2019). No entanto, nos anos que se seguiram, nem todas as negociações e implementações previstas na Agenda 21 foram cumpridas, principalmente no que diz respeito à cooperação com os países subdesenvolvidos. Neste período, realizaram-se mais três conferências – a Conferência Rio+5 (em 1997), a Conferência Rio+10 (em 2002) e a Conferência Rio+20 (em 2012) – todas elas tinham como objetivo apresentar os resultados alcançados desde a Conferência do Rio em 1992, bem como os avanços e os problemas na implementação do desenvolvimento sustentável, com o propósito de no final, renovarem o compromisso com as metas estabelecidas. Na última conferência, em 2012, foram acrescentados incentivos relacionados com questões de Economia Verde Global (Klarin, 2018). Em 2015 decorreu a Conferência de Desenvolvimento Sustentável, em Nova Iorque – na qual se avaliou a implementação dos ODM e se adotou a Agenda 2030 (*Transforming our World*), que é definida por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Por sua vez, os ODS distinguem-se dos ODM, na medida em que monitorizam o crescimento económico, social e ambiental de forma coordenada e não apenas o desenvolvimento económico (Shi et al., 2019). Nesse ano também se realizou a Conferência da ONU sobre as Mudanças Climáticas, em Paris (COP21 Paris) – na qual se delinearam medidas para a redução das emissões dos gases de efeito de estufa, com o intuito de limitar o aquecimento global (Klarin, 2018).

Deste modo é possível afirmar que desde a definição do conceito de desenvolvimento sustentável no relatório Brundtland, foram adotadas inúmeras estratégias e planos de gestão de desenvolvimento sustentável, assim como algumas diretivas políticas e de incentivo (Klarin, 2018). Friedman (2008) afirma que o ser humano está a ter uma perspectiva e visão sustentável sem os recursos necessários, sem uma ética de conservação e sem uma resposta sistêmica baseada numa conceção inteligente e apoiada por forças de mercado, padrões de eficiência mais elevados e regulamentos mais restritivos, capazes de tornar essa visão uma realidade. Por esse motivo, continuam a existir problemas de implementação do desenvolvimento sustentável e é possível concluir que a implementação do conceito está diretamente dependente do grau de desenvolvimento socioeconómico e dos recursos financeiros e tecnológicos disponíveis (Klarin, 2018).

2.2. Pilares da Sustentabilidade

Um conceito que operacionaliza a sustentabilidade é a abordagem *Triple Bottom Line* (TBL ou 3BL), um conceito desenvolvido por John Elkington em 1994 como resultado da necessidade de abordar as dimensões sociais e económicas de forma mais integrada (Elkington, 2004). Este conceito sugere que a sustentabilidade será alcançada sempre que exista equilíbrio entre as três dimensões (económica, social e ambiental) (Silvestre & Fonseca, 2020). Estes três princípios básicos foram desenvolvidos ao longo do desenvolvimento sustentável e defendem a igualdade social (igual acesso a recursos e oportunidades), a integridade ambiental (não agredir o meio ambiente) e a prosperidade económica (capacidade produtiva das organizações de fornecer aos indivíduos uma qualidade de vida razoável) (Mensah, 2019; Rodrigues & Franco, 2019). Por outras palavras, o TBL pode ser definido como “*People, Planet and Profit*”, como Elkington sugeriu em 1995 (Elkington, 2004).

As três dimensões do TBL são geralmente representadas pela interseção de três círculos, com a sustentabilidade representada na sua interseção, como demonstrado no lado esquerdo da figura 2.1. Por outro lado, o TBL também pode ser retratado por três pilares ou três círculos concêntricos (ver lado direito da figura 2.1). No modelo dos círculos concêntricos, o círculo central é ocupado pela dimensão económica, seguindo-se a dimensão social e por fim, a dimensão ambiental, que por sua vez é a base de tudo, reforçando assim a ideia de que a qualidade do meio ambiente tem impacto nas outras duas dimensões (Purvis et al., 2019).

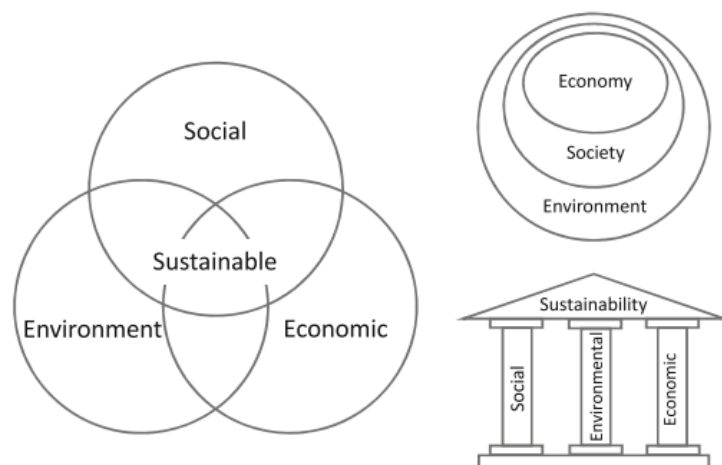


Figura 2.1 - Modelos de *Triple Bottom Line* (Purvis et al., 2019)

Segundo Mensah (2019) as ações do ser humano têm quase sempre implicações para o meio ambiente, a economia ou a sociedade. Pelo que se as três dimensões da sustentabilidade forem corretamente aplicadas no quotidiano, os resultados são notórios para qualquer uma das áreas, desde a preservação dos recursos naturais, ao crescimento resiliente da economia e para uma vida social livre e respeitada pelos direitos humanos (Mensah, 2019).

Com base nisto, é possível inferir que o conceito de desenvolvimento sustentável se apoia em três pilares: a sustentabilidade económica – que concentra os seus esforços nas vendas e na obtenção de lucro, a sustentabilidade ambiental – que tem como foco a eficiência energética e a redução da poluição e por fim, a sustentabilidade social – que por sua vez, se preocupa com as condições de trabalho e o bem-estar dos funcionários (Shou et al., 2019).

2.2.1. Sustentabilidade Económica

O desenvolvimento económico começou por ser questionado com o lançamento da obra “Limits to Growth” (1972) que defende que a economia moderna baseada no crescimento era insustentável para um planeta finito (Purvis et al., 2019). Isto obrigou as organizações a reverem a forma como geriam os seus negócios, dado que seguiam a tradicional produção em massa (produzir – usar – descartar) que resultava em extrações intensivas de recursos naturais e em baixas taxas de utilização e eficiência de recursos, o que não era de todo uma opção para um futuro sustentável. Daqui resultaram implementações de práticas de negócio e desenvolvimento sustentável ao nível estratégico das organizações (Laurell et al., 2018).

A sustentabilidade económica implica assim um sistema de produção que satisfaça os níveis de consumo atuais sem comprometer as necessidades futuras (Mensah, 2019), uma vez que a manutenção de um crescimento económico leva muitas vezes à degradação do meio ambiente e ao aumento das desigualdades económicas (Despotovic et al., 2016). Posto isto,

fica claro que as organizações devem expandir o seu campo de visão e deixar de focar exclusivamente na economia, passando a tomar decisões de forma mais equitativa, tendo em consideração os impactos nas outras dimensões da sustentabilidade (Despotovic et al., 2016; Mensah, 2019).

Na ótica das empresas, o pilar da sustentabilidade económica é visto como pilar tradicional, dado que sustentabilidade financeira foi sempre uma preocupação no seio das organizações (Kouaib et al., 2020; Shou et al., 2019). Kouaib et al. (2020) afirma que as empresas devem apostar nas preocupações sociais e ambientais da mesma forma que se concentram na obtenção de lucros.

A *Global Reporting Initiative* (GRI) define sustentabilidade económica como “*An organisation’s impacts on the economic conditions of its stakeholders, and on economic systems at local, national, and global levels.*”, ou seja, a GRI está predominantemente preocupado com os impactos externos que um determinado negócio pode ter nos sistemas económicos (Global Reporting Initiative, 2018a; Labuschagne et al., 2005). A GRI é uma estrutura que foi lançada em 1997, resultante de uma parceria entre o *United Nations Environment Programme* (UNEP) e a *Coalition for Environmentally Responsible Economics* (CERES), tendo como objetivo “melhorar a qualidade, o rigor e a utilidade dos relatórios de sustentabilidade” (Labuschagne et al., 2005).

2.2.2. Sustentabilidade Ambiental

Os anos 60 e 70 incentivaram as preocupações com a proteção ambiental e a maioria das organizações começaram por criar as suas políticas ambientais, como resposta a desastres ambientais (Shrivastava & Berger, 2010). Os anos que sucederam à publicação do Relatório de Brundtland, fizeram com que vários autores se concentrassem na sustentabilidade ambiental, o que levou a um crescimento exponencial do conceito de orientação ambiental na literatura (Purvis et al., 2019; Shou et al., 2019).

A sustentabilidade ambiental refere-se ao meio ambiente e à forma como este permanece produtivo e resiliente para sustentar a vida humana. Para tal, os recursos naturais não devem ser colhidos a uma velocidade superior aquela a que podem ser regenerados, nem os resíduos devem ser emitidos com uma intensidade superior aquela a que o meio ambiente os consegue assimilar (Mensah, 2019). Assim sendo, o propósito da sustentabilidade ambiental prende-se com a preservação da qualidade do meio ambiente necessária à realização das atividades económicas e à qualidade da vida das pessoas (Klarin, 2018).

Os decisores têm por hábito valorizar o pilar económico, no entanto, na última década, os esforços têm sido voltados para o pilar ambiental, devido à importância que é dada aos impactos do ciclo de vida ambiental (Hutchins & Sutherland, 2008). Deste modo é possível afirmar que os *stakeholders* (partes interessadas) têm exercido pressão sobre as empresas, na

medida em que pretendem que as mesmas se comportem de forma ambientalmente e socialmente responsável, o que tem levado cada vez mais empresas a desenvolverem as suas estratégias de desenvolvimento sustentável (Shou et al., 2019).

A Global Reporting Initiative define o pilar ambiental de sustentabilidade da seguinte forma *“the environmental dimension of sustainability concerns an organization’s impacts on living and non-living natural systems, including land, air, water, and ecosystems”*, ou seja, a GRI considera que o pilar ambiental tenciona preservar todos os recursos naturais presentes na natureza (Global Reporting Initiative, 2018b). Seja energia, materiais, espaços, condições geofísicas, funcionamento dos ciclos hidrológicos, biodiversidade, etc., todos têm que ser conservados, para satisfazer as necessidades da sociedade com uma qualidade adequada no longo prazo. Só assim será possível alcançar um desenvolvimento ambientalmente sustentável (Kouaib et al., 2020).

A OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico), no âmbito da estratégia ambiental para a primeira década do século 21, definiu quatro critérios específicos para a sustentabilidade ambiental (Kouaib et al., 2020):

1. **Regeneração** – Os recursos naturais devem ser usados eficientemente, de modo a não exceder as taxas de renovação natural de longo prazo;
2. **Substituibilidade** – Os recursos não renováveis devem ser substituídos por recursos renováveis, sempre que os primeiros não estejam a ser utilizados de forma eficiente e estejam a prejudicar o ambiente;
3. **Assimilação** – A libertação de substâncias perigosas ou poluentes para o meio ambiente não deve exceder a capacidade assimilativa do mesmo;
4. **Evitar a Irreversibilidade** – Os acontecimentos adversos irreversíveis, resultantes das atividades humanas nos ecossistemas, devem ser evitados.

Olafsson et al. (2014) defende que os recursos renováveis, os recursos não renováveis, a poluição e o tratamento de desperdícios, são quatro áreas ambientais que afetam a economia e que precisam de ser controladas de forma consistente.

Estes critérios foram criados pela OECD, com o propósito de servirem de auxílio à concretização dos objetivos propostos, de modo que boas políticas ambientais fossem alcançadas. Dentro dos objetivos propostos, a OECD explicita que é a essencial medir continuamente os efeitos e progressos a nível ambiental, através do uso de indicadores e índices ambientais (Kouaib et al., 2020).

2.2.3. Sustentabilidade Social

A sustentabilidade social é o pilar do TBL que menos atenção recebeu por parte da literatura e, nos escassos momentos de discussão, foram levantadas questões legislativas e de saúde e segurança humana, em vez de questões sobre as consequências das decisões culturais e éticas (Hutchins & Sutherland, 2008; Shou et al., 2019).

O conceito de Corporate Social Responsibility (CSR) reconhece a importância da dimensão social da sustentabilidade e defende o comportamento ético (Hutchins & Sutherland, 2008). Os primeiros relatórios de sustentabilidade em que a dimensão social foi incluída, incidiram principalmente sobre questões de responsabilidade social, com o objetivo de se atingirem melhores condições de trabalho e também mais seguras. Para além disso, os relatórios refletem as obrigações éticas das empresas e o cumprimento dos objetivos morais perante os colaboradores (Kantabutra & Ketprapakorn, 2020; Tsalis et al., 2020). Assim sendo, a sustentabilidade social visa garantir os direitos humanos e a igualdade, a preservação da identidade cultural, a acessibilidade e a oportunidade de participação, bem como o respeito pela diversidade cultural, pela raça e pela religião (Klarin, 2018; Mensah, 2019).

Segundo Kolk (2016) a sustentabilidade social não tem como objetivo satisfazer as necessidades de todos. O que quer que seja que possa impedir a capacidade das pessoas satisfazerem as suas necessidades é considerado um obstáculo, que precisa de ser ultrapassado para que indivíduos, organizações ou comunidades consigam progredir em direção à sustentabilidade social (Mensah, 2019).

A Global Reporting Initiative por sua vez, define o pilar social como *“the social dimension of sustainability concerns an organization’s impacts on the social systems within which it operates”* (Global Reporting Initiative, 2018c).

Do ponto de vista das organizações e do negócio, a sustentabilidade social divide-se em dois campos: interno e externo. Os aspetos internos que impactam a sustentabilidade do negócio estão associados à saúde e ao bem-estar dos colaboradores, à equidade e direitos dos colaboradores a nível contratual, assim como à capacidade da empresa em promover formações para os seus colaboradores. Deste modo é possível concluir que a repercussão que o negócio tem na comunidade é que define a sustentabilidade interna. Por outro lado, os aspetos externos estão associados ao impacto operacional, ou seja, ao impacto que as ações realizadas ao nível operacional têm para a sustentabilidade do negócio. Assim sendo, a sustentabilidade externa define-se pelo efeito que as ações operacionais do negócio têm na sociedade e nas comunidades locais, regionais ou nacionais (Labuschagne et al., 2005).

2.3. Sustentabilidade Corporativa

Ao longo das últimas décadas, foram criadas inúmeras iniciativas com o intuito de guiar as empresas na transição para uma abordagem à sustentabilidade (Laurell et al., 2018). Como consequência da pressão colocada sobre as empresas e indústrias, para que estas ampliassem as suas responsabilidades e não se restringissem ao desempenho económico para satisfazer os acionistas (*shareholders*), mas por outro lado, conseguissem melhorar o seu desempenho sustentável perante todas as partes interessadas (*stakeholders*). Consequentemente, o conceito de sustentabilidade empresarial foi crescendo e ganhando reconhecimento e importância (Chowdhury & Paul, 2020; Labuschagne et al., 2005).

Kantabutra & Ketprapakorn (2020) definem Sustentabilidade Corporativa (SC) como uma abordagem de liderança e gestão adotada por parte das empresas que pretendem crescer de forma lucrativa, e ao mesmo tempo, gerar resultados ao nível social, ambiental e económico (Kantabutra & Ketprapakorn, 2020; Labuschagne et al., 2005). Por outro lado, o desempenho da SC mede a capacidade que as empresas têm em gerar lucro e assumir responsabilidades ambientais e sociais, ao mesmo tempo que têm em consideração os *stakeholders* nas atividades do seu negócio. Em geral, a SC diz respeito à capacidade de responder às expectativas dos *shareholders* e dos *stakeholders*, no curto e longo prazo, tendo em conta questões económicas, ambientais e sociais (Grewatsch & Kleindienst, 2018; Pranugrahaning et al., 2021; Silvestre & Fonseca, 2020).

A literatura ao nível empresarial reconhece diferentes termos para o conceito de sustentabilidade, nomeadamente “Sustentabilidade Corporativa”, “Sustentabilidade *Triple Bottom Line*” e “Sustentabilidade Empresarial”. Apesar das diferentes terminologias, as empresas concordam com a abordagem às três dimensões da sustentabilidade (económica, social e ambiental). Em contrapartida, não conseguem chegar a um acordo sobre qual a melhor estratégia para incorporar as três vertentes da sustentabilidade nas práticas empresariais, nem sobre a forma como estas devem ser operacionalizadas e medidas (Laurell et al., 2018). Nos últimos anos, as empresas têm evoluído e demonstrado uma crescente preocupação e consciência ao nível da sustentabilidade empresarial, apesar de continuarem a existir dúvidas sobre o planeamento da sustentabilidade no longo prazo. Isto, levou ao desenvolvimento de inúmeras medidas, indicadores e relatórios modelo, para que se tornasse possível avaliar e comparar o grau de empenho das empresas relativamente às práticas de sustentabilidade (Laurell et al., 2018; Silvestre & Fonseca, 2020). Para as empresas que competem ao nível empresarial mais elevado, a medição e apresentação dos resultados de desempenho de sustentabilidade geral das suas atividades operacionais tornou-se numa obrigação (Labuschagne et al., 2005). Como consequência desta evolução ao nível da sustentabilidade empresarial, a SC passou a ser citada por inúmeros autores, em artigos de economia e a nível empresarial, bem como noutros campos, tornando-se numa referência na literatura da sustentabilidade e da gestão estratégica (Chowdhury & Paul, 2020).

Posto isto, qualquer empresa que deseje atuar de acordo com os princípios de sustentabilidade, deve ter em conta os impactos ambientais, económicos e sociais ao longo dos ciclos de vida dos produtos e deve considerar a sua cadeia de abastecimento como um todo, e não apenas as partes que pertencerem à sua própria esfera de atuação (Hutchins & Sutherland, 2008).

2.4. Cadeias de Abastecimento

A cadeia de abastecimento (CA) é composta por uma rede de organizações, responsáveis por desenvolver um conjunto de atividades necessárias ao desenvolvimento de um produto (desde a extração de matérias-primas até ao consumidor final), assim como por qualquer processo, fluxo económico, material e de informação que constitua a cadeia (Seuring & Müller, 2008). Num sistema tão complexo é fundamental garantir uma gestão integrada e incorporada sobre todas as atividades da cadeia, de modo a garantir vantagens competitivas sustentáveis (Borregan-Alvarado et al., 2020). Surge assim, a gestão da cadeia de abastecimento (GCA) com o propósito de eliminar barreiras de comunicação e redundâncias, através da coordenação e monitorização de todos os processos pertencentes ao fluxo (Power, 2005).

O *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP), citado por (Sweeney et al., 2018), define a gestão da cadeia de abastecimento como “o planeamento e gestão de todas as atividades envolvidas no abastecimento, obtenção, conversão, assim como em todas as atividades logísticas. Também inclui a coordenação e colaboração entre parceiros da cadeia, dos quais fazem parte fornecedores, intermediários, prestadores de serviços logísticos e clientes. Na sua essência, a gestão da cadeia de abastecimento integra a gestão da oferta e da procura dentro e entre as empresas que constituem a cadeia”.

O termo “cadeia de abastecimento” deriva da seguinte noção básica “*disponibilidade de materiais, produtos e informações*” e o seu objetivo primordial passa por garantir a disponibilidade de matéria-prima, peças e produtos na quantidade e qualidade certas, juntamente com o fluxo de informação necessário, para que seja possível entregar o produto certo ao cliente certo, na hora certa (Mardani et al., 2020; Zijm et al., 2019).

Liu et al. (2017) verificou uma evolução da GCA tradicional para cadeias de abastecimento inversas e fechadas (*closed-loop*) e posteriormente para cadeias de abastecimento ecológicas e sustentáveis, na literatura. A CA inversa, frequentemente designada como extensão da CA tradicional, tem início após a receção do produto por parte do cliente final, e corresponde a qualquer atividade (recolha, reciclagem, reutilização, etc.) que contribua para o fecho do ciclo (Mardani et al., 2020), ou seja, o fluxo inverso tem início no consumidor final e evolui em direção ao fornecedor. Zhang et al. (2019) defende que para se alcançar uma CA eficaz, os gestores devem apostar na redução do consumo de recursos naturais e optar por cadeias de abastecimento de ciclo fechado – que contêm o fluxo tradicional (direto) e o fluxo inverso em

simultâneo (Mota et al., 2015). Deste modo, como consequência da expansão (teórica e prática) em torno de questões ecológicas e ambientais (Liu et al., 2017), surge a CA ecológica com o objetivo de reduzir ou minimizar os efeitos ambientais negativos como a poluição do ar, da água e da terra; o desperdício de recursos como energia, materiais e produtos, desde a utilização das matérias-primas até à obtenção dos produtos finais e posterior descarte (Mardani et al., 2020). Assim sendo, a CA ecológica veio incorporar o pensamento ambiental nas CA, no entanto não se preocupa com as questões sociais (Rajeev et al., 2017). De modo a colmatar esta lacuna, surge a gestão sustentável das CA, que se preocupa com a integração de objetivos ambientais, sociais e económicos em todos os processos da CA (Koberg & Longoni, 2019).

2.4.1. Cadeia de Abastecimento Sustentável

O conceito de sustentabilidade tem ganho notoriedade, ao longo da última década, como consequência dos problemas socioambientais, das mudanças climáticas, da poluição do ar assim como das doenças que daí resultam. Pelo que a integração do conceito de sustentabilidade nas operações de uma CA permite às empresas construir uma vantagem competitiva perante a concorrência (S. A. R. Khan et al., 2021).

A gestão sustentável das CA veio alargar os horizontes, passando a integrar tanto questões económicas como não económicas (Roy et al., 2018). Como consequência, as empresas, passaram a ser cada vez mais responsabilizadas, pelos impactos ambientais, sociais e económicos resultantes das suas operações internas e das operações dos seus fornecedores (Koberg & Longoni, 2019).

Seuring e Müller (2008) (citados por (Koberg & Longoni, 2019)), definem a gestão sustentável das CA como a “gestão de materiais, informações e fluxos de capital, assim como a colaboração entre todas as empresas ao longo da cadeia de abastecimento, tendo em conta as metas e objetivos das três dimensões do desenvolvimento sustentável (ambiental, social e económica) exigidos por parte dos clientes e das partes interessadas”. Na literatura, a proporção dos trabalhos de investigação que se dedicam à gestão da cadeia de abastecimento e à sustentabilidade de forma individualizada, existem em maior número, do que os trabalhos que abordam as duas áreas de forma integrada (S. A. R. Khan et al., 2021). Deste modo, alcançar o equilíbrio entre as três dimensões da sustentabilidade pode constituir um verdadeiro desafio, desde o nível estratégico ao nível operacional (Mota et al., 2015), uma vez que a adoção de uma CA sustentável requer mudanças na mentalidade e cultura das pessoas (Roy et al., 2018). Por esse motivo, antes de se passar à implementação do conceito de sustentabilidade nas CA é fundamental garantir que o sistema, no seu todo, perceba as vantagens que esta mudança trará (Roy et al., 2018). Para tal é necessário desambiguar o entendimento do conceito de sustentabilidade, dar visibilidade ao mesmo através da demonstração de conhecimento na área e contribuir para o desenvolvimento da confiança entre as empresas da CA (S. A. R. Khan et al., 2021).

Moshood et al. (2021) diz-nos que o incentivo por parte da gestão de topo, aliado à pressão imposta pelos clientes e à pretensão de se manter o desempenho organizacional e uma boa reputação, são os principais fatores responsáveis por impulsionar as empresas a adotarem práticas sustentáveis nas suas CA. Este ponto de vista é representado em (Liu et al., 2017) através da *framework* de Brandenburg, representada na figura 2.2, a qual demonstra a visão do autor sobre as CA sustentáveis. Na sua perspetiva, as empresas centrais (*focal company*) estão conectadas aos fornecedores (*supplier*) e aos clientes (*customer*) através de produtos e processos. Fora da CA representou as diferentes partes interessadas (*stakeholders*), cuja pressão e incentivos impulsionam a práticas de gestão sustentáveis na CA como a gestão sustentável de fornecedores e de riscos. Estas práticas sustentáveis têm como propósito atingir três objetivos sustentáveis: o desempenho económico, ambiental e social, que representam o *triple bottom line*. O TBL é um conceito que incorpora os resultados económicos, ambientais e sociais com o objetivo de otimizar a economia, o meio ambiente e o desempenho social em toda a CA (Liu et al., 2017).

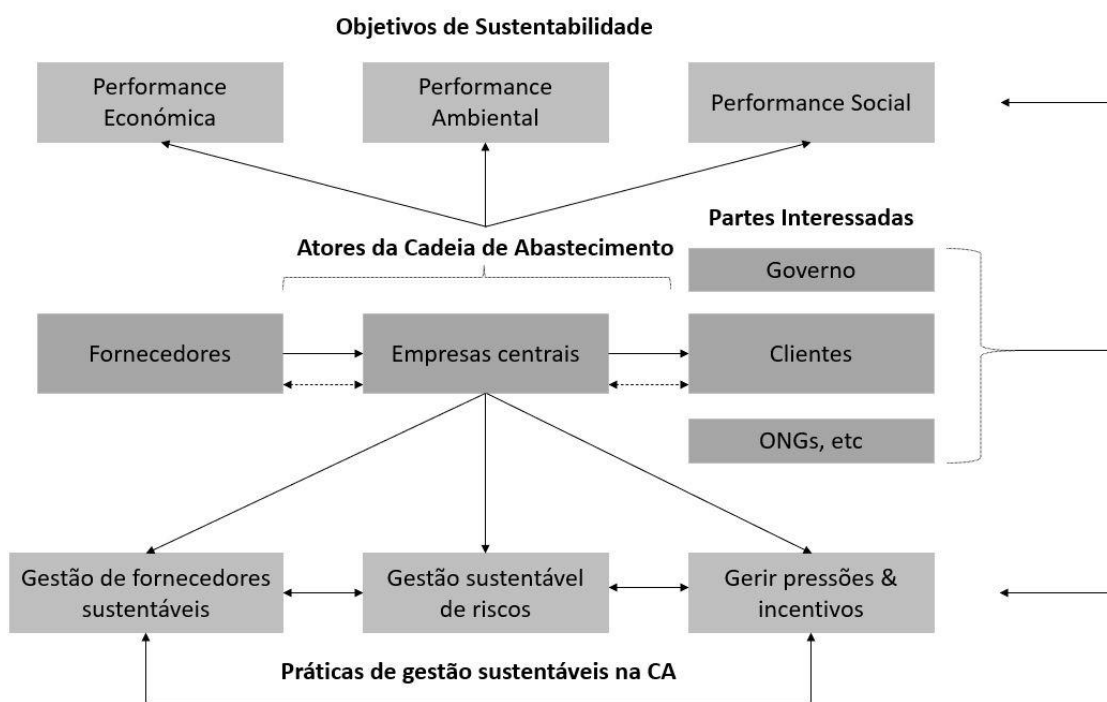


Figura 2.2 - *Framework* Sustentável da Cadeia de Abastecimento (Adaptado de (Liu et al., 2017))

Segundo Koberg & Longoni (2019) o desempenho traduz-se através de resultados ou tarefas bem-sucedidas. O desempenho ambiental reflete-se pela eficiência com que se utilizam os recursos, com que se recicla e com que se reduz a poluição, os resíduos e as emissões. Por outro lado, o desempenho social destaca a importância dos direitos humanos, das práticas de trabalho e do impacto nas comunidades locais. Por fim, o desempenho económico pode ser monitorizado e apresentado através de métricas (Koberg & Longoni, 2019).

Assim sendo, a adoção de uma gestão sustentável nas cadeias de abastecimento surge com o intuito de reduzir custos e aumentar a eficiência, a satisfação dos clientes internos e externos, assim como as vendas e a participação nos mercados externos, o que resulta numa gestão de risco mais eficaz (Rajeev et al., 2017).

2.4.2. Medição do desempenho sustentável

O conceito de desempenho sustentável surge no âmbito do desenvolvimento sustentável e combina o desempenho económico, social e ambiental. Deste modo, o TBL permite não só identificar o desempenho das várias atividades numa CA, como também identifica aquelas que têm um impacto positivo ou negativo no desempenho sustentável, de acordo com os objetivos estabelecidos (Chardine-Baumann & Botta-Genoulaz, 2014). Segundo Searcy (2016) (citado por (Bottani et al., 2017)), a medição do desempenho da sustentabilidade requer uma abordagem sistemática, estruturada e integrada que considere todos os aspetos da sustentabilidade. Assim sendo, é perceptível a importância que as empresas e organizações atribuem à monitorização, que é efetuada por meio de indicadores, que por sua vez, permitem analisar a forma como uma empresa contribui para o desenvolvimento sustentável (Krajnc & Glavič, 2005).

Neste sentido, ocorreram desenvolvimentos importantes no âmbito dos relatórios de sustentabilidade e foram propostas inúmeras metodologias de avaliação de sustentabilidade na literatura. Os principais impulsionadores para a adoção de práticas de sustentabilidade foram o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), a Organização Internacional de Normalização (ISO) e a *Global Reporting Initiative* (GRI) (Beekaroo et al., 2019). Todas estas estruturas recomendam a utilização de vários indicadores de sustentabilidade, que geralmente são medidos em unidades muito diferentes (Krajnc & Glavič, 2005).

A maioria dos estudos encontrados na literatura por Chardine-Baumann & Botta-Genoulaz (2014) no âmbito da sustentabilidade, tratam essencialmente a implementação de práticas sustentáveis em CA, pelo que são poucos os estudos que avaliam os impactos que as práticas da GCA têm no desempenho sustentável das empresas. Uma das ferramentas mais direcionadas para a avaliação da sustentabilidade é o modelo SCOR (*Supply Chain Operations Reference*), com a integração do modelo GREENSCOR. No entanto, este modelo não consegue integrar simultaneamente as três dimensões do desenvolvimento sustentável (Chardine-Baumann & Botta-Genoulaz, 2014).

Assim sendo, Krajnc & Glavič (2005) considera que a criação de um índice composto de desenvolvimento sustentável pode ser útil para auxiliar os decisores, dado que se podem incluir as várias perspetivas da sustentabilidade num só elemento – o que consequentemente, se traduz na redução do número de critérios de tomada de decisão a ter em conta. Por outro lado, e apesar da agregação de diferentes indicadores num índice composto, permitir uma avaliação rápida e eficiente da sustentabilidade, esta também se pode tornar num problema

complexo (Krajnc & Glavič, 2005). Devido à ausência de medidas padronizadas entre as três dimensões do desenvolvimento sustentável, e devido à natureza dos indicadores que tanto podem ser qualitativos como quantitativos. Por sua vez, ainda que a agregação de métricas num índice composto envolva perda de informações, os índices compostos são cada vez mais utilizados no contexto do desenvolvimento sustentável, uma vez que permitem uma avaliação simultânea de múltiplos aspetos num único elemento (Bottani et al., 2017).

Segundo a literatura explorada por Bottani et al. (2017), existem diversos modelos que procuram avaliar simultaneamente os três pilares da sustentabilidade. Bottani et al. (2017) apresenta, no seu trabalho, os resultados da revisão da literatura efetuada por Ahi e Searcy (2015), que identificaram as quatro principais técnicas para obtenção de um Índice Composto de Sustentabilidade:

- **DEA – Data Envelopment Analysis model** (modelo de análise envoltória de dados): proposto por Tajbakhsh and Hassini (2015);
- **Modelo de Programação Matemática Multi-Objetivo**: proposto por Mota et al. (2015);
- **Modelo Matemático**: proposto por Ahi and Searcy (2015);
- **Lógica Difusa**: proposta por Phillis and Andriantiatsaholiniaina (2013).

Assim sendo, um possível método de agregação é a lógica difusa, uma vez que é reconhecida como uma ferramenta eficaz para avaliar conceitos imprecisos, como é o caso da sustentabilidade. Por sua vez, os modelos que recorrem à lógica difusa são associados a funções monótonas, isto significa que a medida agregada deve aumentar sempre que um dos seus *inputs* melhorar, enquanto os restantes se mantêm constantes (Bottani et al., 2017).

2.5. Avaliação de Desempenho

Ao longo das últimas décadas, o tema da medição e avaliação de desempenho tem conquistado uma crescente atenção e reconhecimento por parte de diversos autores. Yang et al. (2010) defende que o principal objetivo da medição de desempenho é medir e melhorar a eficiência e a qualidade do desempenho, bem como identificar oportunidades de melhoria, definição apoiada por Neely (2002) que definiu a medição de desempenho como o processo de quantificação da eficiência e eficácia das ações e por Bitici (1997) que definiu medição de desempenho como o processo que permite perceber de que forma os indivíduos e organizações de sucesso têm atingido os seus objetivos. Por outro lado, Lorino (1996), afirma que a medição de desempenho para uma empresa se resume, apenas e só, aos contributos que permitem alcançar os objetivos estratégicos da mesma.

O conceito de medição de desempenho surgiu na década de 1900 e tem vindo a desenvolver-se com o passar do tempo, de acordo com a evolução da procura e da oferta. No início, o único interesse das empresas estava associado à produtividade e à lucratividade, e a opinião dos clientes tinha pouco impacto, uma vez que a procura era superior à oferta. A partir do momento em que a procura e a oferta se equilibraram, passou a existir mais concorrência e os clientes tornaram-se mais exigentes, o que despoletou o aparecimento de medidas não-financeiras (Ravelomanantsoa et al., 2019). Posto isto é possível concluir que a medição de desempenho tradicional se concentrava apenas no desempenho dos projetos em termos de tempo, custos e qualidade. Contudo, nos últimos anos, a oferta tem sido superior à procura, e tem-se vindo a perceber que as medidas financeiras, por si só, não são suficientes para ilustrar de forma precisa a abrangência do conceito de desempenho empresarial, pelo que os indicadores de desempenho passaram a focar na satisfação do cliente, na saúde e segurança, assim como no meio ambiente (Eaidgah et al., 2016; Yang et al., 2010).

Hoje em dia, em pleno século 21, as empresas estão inseridas num ambiente complexo e global, onde prospera a competitividade, e onde é possível destacar a importância que a avaliação de desempenho tem ao nível empresarial. Dado que esta pode ajudar as empresas a construir as suas estratégias, a quantificar o seu desempenho estratégico e a melhorar a sua vantagem competitiva (Yang et al., 2010). Posto isto, para que uma empresa consiga aumentar a sua competitividade, deve supervisionar e diagnosticar frequentemente o seu desempenho, uma vez que o sucesso está dependente da capacidade de interpretação das variações que o desempenho assume ao longo do tempo, e não apenas das melhorias de eficiência e de produtividade efetuadas (Chen & Yang, 2018). Assim sendo percebe-se que apenas um sistema de medição de desempenho bem desenvolvido e implementado poderá ajudar as empresas a melhorarem o seu desempenho (Papulová et al., 2021).

2.6. Sistemas de Medição de Desempenho

Os sistemas de medição de desempenho (PMS – *Performance Measurement Systems*) são definidos e implementados, tendo em conta o contexto e o objetivo que se pretende, pelo que se podem utilizar diferentes métodos (Ravelomanantsoa et al., 2019). Segundo Tangen (2004), a escolha adequada de um PMS está dependente de uma série de fatores, tais como:

1. Objetivo que se pretende com a medição;
2. Nível de detalhe necessário;
3. Tempo disponível;
4. Custo da medição;
5. Existência ou não de dados.

Os PMS são compostos por um conjunto de medidas e indicadores de desempenho (Yang et al., 2010) com características multidimensionais.

A implementação de um PMS adequado, nos ambientes competitivos e complexos em que as empresas se inserem é indispensável, uma vez que só será possível progredir através de uma monitorização regular (Ravelomanantsoa et al., 2019). No entanto, não existe nenhuma estrutura que nos indique o PMS mais eficaz ou eficiente tendo em conta o tipo de empresa, pelo que não importa descobrir qual o melhor sistema de medição, mas sim descobrir e conhecer todos os métodos que existem para avaliar o desempenho e perceber como e quando devem ser utilizados (Papulová et al., 2021). Bourne (2000) criou um modelo para explicar o processo de implementação de um sistema de avaliação de desempenho, que foi apresentado no trabalho de Papulová et al. (2021), e que mostra que este processo pode ser dividido em três fases:

1. Conceção e definição das medidas de desempenho
2. Implementação das medidas de desempenho definidas
3. Utilização das medidas implementadas na avaliação de desempenho

Assim sendo, a avaliação do desempenho deve ser avaliada por meio de ferramentas robustas (Chen & Yang, 2018). Por sua vez, as estruturas de avaliação de desempenho mais utilizadas são o *Balanced Scorecard* e o *EFQM Business Excellence Model*, ambos representam estruturas capazes de identificar oportunidades de melhoria e ameaças, e de retratar a estratégia das empresas em objetivos alcançáveis, metas e tarefas específicas (Striteska & Spickova, 2012). Porém, a revisão da literatura de Striteska & Spickova (2012) e Kurien & Qureshi (2011) revela que têm vindo a surgir vários modelos com validade teórica e empírica, cada um com os seus benefícios e suas limitações, dos quais se destacam:

- The Performance Measurement Matrix;
- SMART Performance Pyramid;
- Performance Prism;
- Kanji Business Excellence Performance System;
- Theory of constraints;
- Medori and Steeple's Framework;
- The Supply-Chain Operations Reference (SCOR);
- Data Envelopment Analysis (DEA);
- Time-based Performance Measures.

Deste modo, é possível concluir que o principal objetivo de um PMS é conseguir fornecer informações relevantes, no momento certo à pessoa certa. Para tal é fundamental que aquando do planeamento de um PMS se tenha em conta a pessoa que irá interpretar os dados

resultantes do mesmo. Com isto em mente, devem construir-se painéis de controlo que facilitem o acesso e interpretação da informação, através de uma apresentação simplificada e útil dos dados (Kurien & Qureshi, 2011).

2.6.1. Melhoria Contínua

A globalização e as grandes alterações vividas nos ambientes empresariais, como as crescentes taxas de procura e expectativa por parte dos clientes, forçaram as empresas a apresentar estratégias para melhorar e inovar continuamente a sua atividade. De modo a permanecerem competitivas no mercado, as empresas devem identificar as atividades que não acrescentam valor e procurar melhorá-las (S. A. Khan et al., 2019; Sanchez-Ruiz et al., 2018).

A melhoria contínua, na ótica das empresas, funciona como uma filosofia que procura conhecer a empresa e perceber de que forma é que esta deve evoluir e ser melhorada (Sanchez-Ruiz et al., 2018). Pelo que é fundamental que sejam implementadas ferramentas de melhoria contínua que tornem as empresas capazes de competir com a concorrência, e capazes de responder de forma eficaz e eficiente, à procura dos clientes (S. A. Khan et al., 2019; Ravelomanantsoa et al., 2019). As ferramentas de melhoria contínua têm como propósito, melhorar continuamente o desempenho dos processos e aumentar a produtividade e eficiência dos mesmos. Para além disso, também contribuem para a minimização dos desperdícios nas empresas e para organizar os seus processos e fluxos de informação (S. A. Khan et al., 2019).

A implementação destas ferramentas numa empresa exige o envolvimento de todos os níveis hierárquicos, desde a gestão de topo aos colaboradores (S. A. Khan et al., 2019). São vários os autores, referidos por Sanchez-Ruiz et al. (2018), que defendem que a melhoria contínua depende da colaboração de todos os participantes da organização. Pelo que barreiras como a falta de envolvimento e motivação por parte dos colaboradores e a resistência dos mesmos à mudança, resultam de uma gestão ineficaz dos recursos humanos (Sanchez-Ruiz et al., 2018). Por outro lado, uma gestão eficaz dos mesmos, pode marcar a diferença entre o sucesso e o fracasso de uma iniciativa de melhoria contínua (Sanchez-Ruiz et al., 2018). Em suma, é fundamental que todos os elementos envolvidos no processo, estejam comprometidos em contribuir para melhorar continuamente o desempenho dos processos.

De modo a melhorar o desempenho dos processos e como resposta às alterações vividas nas empresas, foram desenvolvidos novos sistemas de gestão, como o *Lean Management* e o *Total Quality Management (TQM)*, que realçam a importância da qualidade e da melhoria contínua. Posteriormente, e com o intuito de alcançar melhores resultados, as empresas foram implementando algumas metodologias de melhoria contínua, apresentando-se de seguida algumas das mais conhecidas (Sanchez-Ruiz et al., 2018):

- **Toyota Production System - TPS (Sistema de Produção da Toyota):** é um sistema de produção, desenvolvido pela Toyota, cujo principal objetivo é conseguir produzir as quantidades necessárias no tempo certo e ao mesmo tempo, evitar o desperdício, através da eliminação de stocks de produtos (intermédios e acabados) desnecessários;
- **Lean Management (Gestão Lean):** é uma filosofia de gestão, proveniente do TPS, que pretende criar valor e melhorar a produtividade das empresas através da eliminação de desperdícios, que por sua vez contribuem para uma melhoria da qualidade e redução do tempo e custo de produção;
- **Six Sigma (Seis Sigma):** é uma metodologia que, para além de ter como propósito melhorar sistematicamente os processos e minimizar os desperdícios, também é reconhecida como uma estratégia que as empresas adotam para promover alterações que visem aumentar a satisfação dos clientes;
- **DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control):** é um ciclo de melhoria, que se divide em cinco fases distintas (definir-medir-analisar-melhorar-controlar), e que funciona como uma estratégia de qualidade, que se baseia em dados para melhorar processos. Esta ferramenta é maioritariamente utilizada em projetos que utilizam a metodologia *Six Sigma*;
- **PDCA (Plan, Do, Check, Act):** o ciclo PDCA é composto por quatro fases distintas: planejar as ações, executar o que foi planeado, verificar os resultados e agir em função dos resultados obtidos. Apesar de ter sido criado para o controlo de qualidade de produtos, passou a ser reconhecido como ferramenta de melhoria de processos de produção, podendo ser incorporado em qualquer processo ou atividade de uma empresa.

As metodologias de melhoria contínua anteriormente apresentadas têm como foco a avaliação de desempenho ao nível operacional dos processos (S. A. Khan et al., 2019). Muitas empresas recorrem a estas metodologias com o intuito de melhorar a sua competitividade ao nível da gestão das cadeias de abastecimento, no entanto, sendo estas metodologias orientadas para os processos, nem sempre incluem medidas de desempenho e métricas suficientemente abrangentes para monitorizar toda a cadeia de abastecimento (Gunasekaran et al., 2004). Deste modo, os sistemas de medição de desempenho que tencionem obter uma visão geral da empresa, devem incorporar indicadores de desempenho que representem os objetivos estratégicos da empresa e um conjunto equilibrado de medidas financeiras e não-financeiras, que podem ser orientados para a avaliação de desempenho operacional, tática e estratégica (Gunasekaran et al., 2004), como é o caso do BSC.

2.6.2. *Balanced Scorecard*

O *Balanced Scorecard* (BSC) foi criado em 1990 por Robert Kaplan e David Norton e é hoje uma das estruturas de avaliação de desempenho mais utilizada, devido à sua capacidade de interligar os objetivos estratégicos com as medidas de desempenho (financeiras e não-financeiras) e os planos de ação (Striteska & Spickova, 2012).

O BSC elevou os sistemas de medição de desempenho das empresas a outro nível, uma vez que consegue descrever, implementar e gerir a estratégia a todos os níveis organizacionais, permitindo ainda um acompanhamento do desempenho quer em termos financeiros como em termos não-financeiros. Tudo isto resulta do equilíbrio entre os objetivos de curto prazo (operacionais) e longo prazo (estratégicos) que se fazem representar nas 4 perspetivas nas quais o BSC se divide e que se encontram representadas na Figura 2.3 (Kaplan, 2009; Kurien & Qureshi, 2011; Striteska & Spickova, 2012):

- **Financeira** (“*How do we look to our shareholders?*”): esta perspetiva tem em conta métricas financeiras como por exemplo lucro, receita e custos, que oferecem uma visão clara do sucesso financeiro da empresa aos acionistas.
- **Processos Internos** (“*What must we excel at?*”): esta perspetiva pretende satisfazer os requisitos dos acionistas e dos clientes, pelo que pretende identificar os processos nos quais a empresa deve apostar para se destacar. Para tal são utilizadas métricas como a produtividade, a liderança do produto, a responsabilidade pública, o tempo e o número de defeitos.
- **Aprendizagem e Crescimento** (“*How can we continue to improve and create value?*”): esta perspetiva baseia-se em métricas associadas aos funcionários, tais como o desenvolvimento pessoal, as atitudes dos funcionários e as horas de formação. O acompanhamento destas métricas, permite às empresas identificar o seu potencial para poder continuar a mudar e melhorar.
- **Clientes** (“*How do our costumers see us?*”): esta perspetiva concentra-se na satisfação dos clientes e na forma como as empresas se devem expor perante os mesmos. Neste sentido, a satisfação do cliente, a participação no mercado, e métricas mais direcionadas para a qualidade exigida pelo cliente (tempo de ciclo, atraso nas entregas, e inovação de produtos e serviços) podem ser algumas das métricas a utilizar.

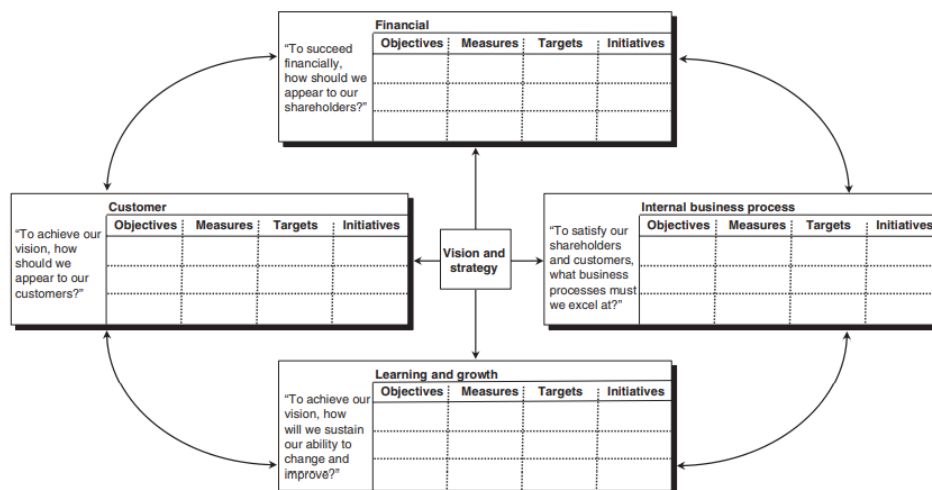


Figura 2.3 - *Balanced Scorecard* (Kaplan, 2009)

O BSC pretende demonstrar através dos indicadores de desempenho, de que forma é que as empresas devem agir perante cada perspetiva, de modo a serem bem-sucedidas (Kaplan, 2009).

2.6.3. EFQM *Business Excellence Model*

O Modelo de Excelência Empresarial foi criado em 1991 pela Fundação Europeia para a Gestão da Qualidade (EFQM – *European Foundation for Quality Management*) e é um sistema não-prescritivo que visa ajudar as organizações a avaliar o seu progresso na área de melhoria contínua. Este modelo tem por base oito conceitos de excelência: orientação para os resultados, desenvolvimento e envolvimento de pessoas, foco no cliente, aprendizagem contínua, inovação e melhoria, liderança, desenvolvimento de parcerias, gestão dos processos e responsabilidade pública (Striteska & Spickova, 2012). Uma das principais características deste modelo, que se encontra representado na figura 2.4, é a sua capacidade de dividir os conceitos de excelência em duas categorias distintas: facilitadores (*enablers*) e resultados (*results*), nas quais os conceitos de excelência são expressos e especificados em nove critérios. A categoria dos facilitadores, representa a gestão da organização e, é composta por cinco critérios: liderança, pessoas, política e estratégia, parcerias e relacionamentos, processos. Por outro lado, a categoria dos resultados apresenta os resultados que a organização alcançou através de quatro critérios: pessoas, clientes, sociedade e resultados-chave de desempenho (Yang et al., 2010).

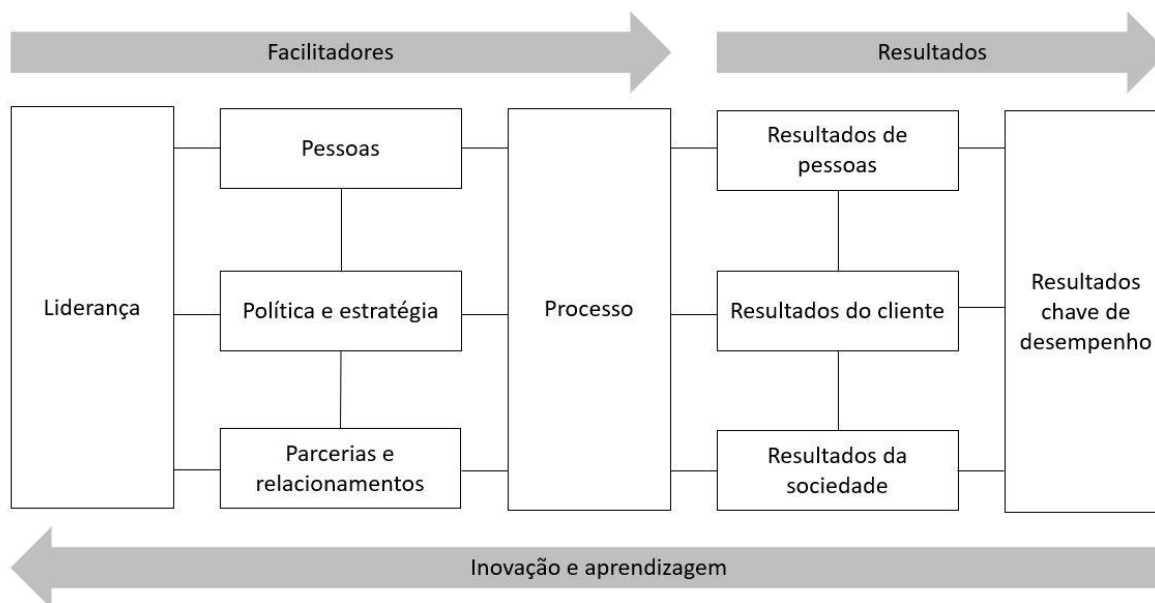


Figura 2.4 - Modelo de Excelência Empresarial EFQM (Adaptado de(Yang et al., 2010))

O modelo previamente analisado baseia-se na metodologia RADAR (Resultados, Abordagem, Desenvolvimento, Avaliação e Revisão) que é uma metodologia cíclica e contínua, e que segue os seguintes passos (Striteska & Spickova, 2012):

1. Determinar os resultados que se pretendem alcançar como consequência das estratégias da empresa;
2. Planejar e desenvolver um conjunto integrado de abordagens sólidas com vista a atingir os resultados esperados;
3. Implementar as abordagens de forma sistemática para garantir a sua plena execução;
4. Avaliar e rever as abordagens implementadas através do acompanhamento e análise dos resultados alcançados. De modo a identificar oportunidades de melhoria e incorporar atividades de aprendizagem e inovação no processo.

Segundo Striteska & Spickova (2012) este modelo funciona como ferramenta de autoavaliação, uma vez que permite uma revisão abrangente, sistemática e regular das atividades e resultados de uma organização.

2.7. Indicadores de Desempenho

Os indicadores de desempenho assumem um papel crucial no âmbito da avaliação de desempenho. Sem estes, as empresas não seriam capazes de medir o seu desempenho regularmente, o que conseqüentemente as impediria de criar processos de controlo e monitorização viáveis (Ravelomanantsoa et al., 2019). Deste modo e uma vez que as empresas precisam de avaliar a sua atividade e perceber se os objetivos estipulados estão a ser cumpridos, recorrem a medidas e métricas de desempenho para medir a eficácia e a eficiência dos seus processos (Domínguez et al., 2019; Reddy. K et al., 2019).

2.7.1. Tipos de Indicadores

Na literatura é muito frequente encontrar estudos que dividem os indicadores de desempenho em indicadores *leading*, *lagging* ou *diagnostic*. Um indicador *leading* fornece a informação que permite perceber se as atividades terão um impacto significativo no desempenho futuro da empresa. Através deste tipo de indicadores, as empresas podem adotar ações preventivas ou alterar certos procedimentos, de modo a ir de encontro à estratégia estabelecida. Por outro lado, um indicador *lagging* mede o sucesso da estratégia seguida, ou seja, de acontecimentos passados, não sendo possível impor ações corretivas durante o processo com o intuito de impedir impactos negativos. Tratando-se de um indicador de resultados, só no fim do processo é que é possível perceber o motivo que levou a que os resultados esperados não fossem atingidos. Por fim, temos o indicador *diagnostic* que se caracteriza por medir o desempenho atual das atividades das empresas, ou seja, este tipo de indicadores são medidos num curto intervalo de tempo (Kerzner, 2017).

Contudo, há quem não concorde com esta divisão dos indicadores de desempenho. Na opinião de Parmenter (2019), a classificação dos indicadores como *leading e lagging* não é a mais pertinente, uma vez que existem situações em que, dependendo do período em que se analisa a informação fornecida pelo indicador, o mesmo pode ser considerado tanto *leading* como *lagging*. Na sua obra, *Key Performance Indicators* (Parmenter, 2019), alega que existem muitas empresas a trabalhar com medidas de desempenho inadequadas e salienta que muitas vezes são definidas incorretamente. Pelo que considera e defende uma divisão dos indicadores em dois grandes grupos (indicadores de resultados e os indicadores de desempenho), que se subdividem em quatro tipo de medidas de desempenho:

- **Key Result Indicators – KRIs** (Indicadores-Chave de Resultados): permitem ter uma ideia geral do progresso de uma empresa perante a sua estratégia. Contudo, e pelo facto de retratarem várias atividades, não indicam o que é necessário para melhorar os resultados obtidos pelos indicadores;

- **Result Indicators – RIs** (Indicadores de Resultados): resumem a atividade de vários processos e oferecem uma visão geral sobre os mesmos;
- **Key Performance Indicators – KPIs** (Indicadores-Chave de Desempenho): representam um conjunto de medidas que se focam e monitorizam os aspetos do desempenho organizacional mais críticos para o sucesso atual e futuro de uma empresa;
- **Performance Indicators – PIs** (Indicadores de Desempenho): caracterizam-se por se focarem num único processo e por serem indicadores que complementam os KPIs da empresa. Para além disso, ajudam a empresa a perceber se se encontra alinhada com a sua estratégia e indicam o que é necessário para que a mesma consiga melhorar o desempenho.

Por outro lado, os indicadores de desempenho também podem ser divididos em quantitativos ou qualitativos, apesar da classificação mais comum ser a quantitativa, dado que o principal objetivo das organizações passa por identificar o impacto que os resultados têm nas suas atividades e processos (Meier et al., 2013). Um indicador para além de ser classificado como quantitativo, deve ainda, ser diferenciado em medidas absolutas e em medidas relativas, como representado na figura 2.5.

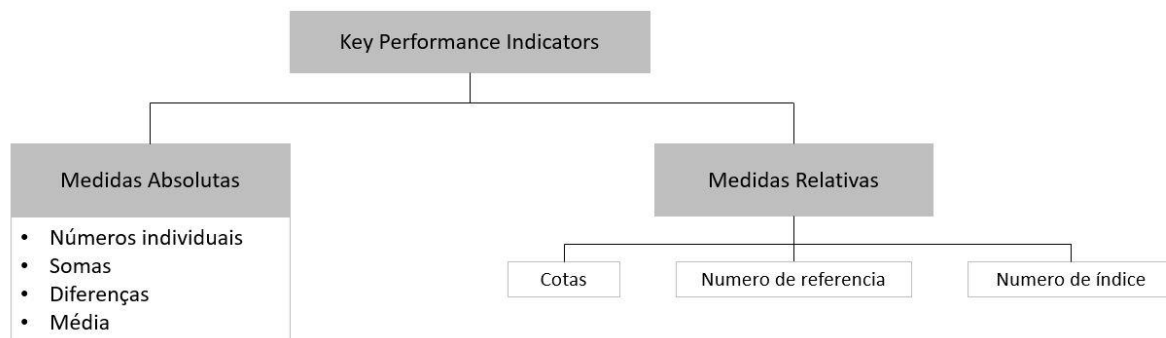


Figura 2.5 - Tipos de *Key Performance Indicators* (Adaptado de (Meier et al., 2013))

As medidas absolutas são independentes de outros indicadores, podendo ser apenas números ou derivar de somas, diferenças ou médias. No entanto, as medidas absolutas só se tornam significativas quando comparadas com outros indicadores. Nesse sentido, as medidas relativas podem ser consideradas mais eficazes, uma vez que expõem a informação numa

ótica comparativa entre indicadores. Estas medidas podem ser cotas (rácios entre um indicador relativamente ao conjunto de todos os indicadores), números de referência (rácios entre indicadores iguais) e números de índice (comparam aspetos temporais) (Meier et al., 2013).

2.7.2. Características dos KPIs

Os KPIs são uma ferramenta diferenciadora na gestão de qualquer empresa e são fundamentais para o planeamento e controlo das atividades, uma vez que simplificam o acesso à informação (separam as informações importantes das não importantes), criando assim uma maior transparência dentro das empresas, e para além disso, ainda contribuem para o apoio à tomada de decisão. Pelo que, um bom KPI deve ser mensurável, inequívoco, compreensível e comparável (Meier et al., 2013).

Porém, tem-se verificado que existem muitas empresas a designar de forma incorreta as suas medidas de desempenho, chegando a confundir os termos métrica e *Key Performance Indicator* (Parmenter, 2019). As métricas são mais genéricas e podem representar a medição de qualquer tipo de atividade, enquanto que os KPIs são específicos e refletem sempre indicadores de valor estratégico, ou seja, importantes para os objetivos da empresa (Kerzner, 2017). Neste sentido, os KPIs devem ser distinguidos através de um conjunto de características específicas, como as que compõem a regra SMART (Parmenter, 2019):

- **S - *Specific* (Específicos e claros):** devem ser claros e ter objetivos específicos para alcançar;
- **M - *Mensurable* (Mensuráveis):** devem ser mensuráveis e expressos quantitativamente;
- **A - *Achievable* (Alcançáveis):** devem ter objetivos razoáveis e alcançáveis, com base em valores padrão admissíveis;
- **R - *Relevant* (Relevantes):** devem ser pertinentes para a o projeto em questão e ter impacto no desempenho da empresa;
- **T - *Time sensitive* (Sensíveis ao tempo):** devem ter prazos estabelecidos para o cumprimento dos seus objetivos.

Após o estabelecimento e alinhamento das metas de cada KPI com a regra SMART, os gestores de topo têm como obrigação avaliar e rever regularmente o progresso e os resultados dos KPIs. Daqui resultam dois critérios adicionais que compõem a regra SMARTER na qual, os KPIs devem (Kaganski et al., 2018):

- **E - *Explainable or Evaluated* (Explicáveis ou Avaliados):** ser compreendidos por todos os envolvidos na sua medição e devem ser capazes de avaliar o desempenho e o progresso dos seus objetivos;

- **R - Relative or Reviewed (Relativos ou Revistos):** ter medidas relativas, que permitam acompanhar o progresso da empresa e devem ser sujeitos a uma revisão periódica.

Para além das características anteriormente apresentadas, o autor Parmenter (2019) apresenta um conjunto de outras sete características que considera que os KPIs devem ter:

1. **Non-Financial (medidas não financeiras):** os KPIs não devem ser expressos em medidas monetárias;
2. **Timely (medidas periódicas):** os KPIs devem ser medidos frequentemente, numa base periódica diária ou semanal;
3. **CEO Focus (medidas orientadas para o CEO e gestão de topo):** os KPIs devem estar orientados para os altos níveis de gestão;
4. **Simple (simples):** os KPIs devem ser simples e de fácil compreensão, de modo que todos os envolvidos consigam perceber quais as medidas e ações corretivas necessárias;
5. **Team based (associados a equipas):** os KPIs são controlados por equipas que têm como responsabilidade garantir o seu bom funcionamento e implementar medidas corretivas;
6. **Significant impact (impacto significativo):** os KPIs devem ter um impacto significativo sobre os fatores críticos de sucesso da empresa e sobre mais do que uma perspetiva do *Balanced Scorecard*;
7. **Limited dark side (lado negativo limitado):** os KPIs devem ter um impacto positivo no desempenho da empresa, incentivando a ações apropriadas e limitando as consequências não intencionais;

2.7.3. Identificação e Seleção de Indicadores

O processo de identificação e seleção dos indicadores que mais se adequam à realidade de uma empresa, para a sua avaliação de desempenho, pode ser decomposto em três etapas (Cristea & Cristea, 2021):

- **Etapa I – Literatura científica:** a identificação de potenciais métricas para a avaliação de desempenho de uma empresa, passa sempre por uma revisão da literatura existente na área em que se pretende medir o desempenho;
- **Etapa II – Entrevistas:** a realização de entrevistas semiestruturadas com especialistas do setor, é uma técnica frequentemente utilizada para discutir a relevân-

cia dos indicadores recolhidos na literatura e averiguar a possibilidade de implementação dos mesmos. Em simultâneo, este tipo de entrevistas também permite esclarecer dúvidas dos inquiridos, bem como identificar e recolher indicadores sugeridos pelos mesmos;

- **Etapa III – Questionários:** a construção de questionários para distribuir aos especialistas do setor, tem como intuito recolher a opinião quantitativa dos mesmos. Pretende-se assim, validar o conjunto de indicadores determinados na etapa anterior, através da importância que cada especialista atribui a cada indicador.

Através destas etapas é possível apresentar um conjunto de indicadores, que vão de encontro com a estratégia e objetivos da empresa, sendo deste modo adequados para medir o desempenho, de um determinado processo dentro da empresa.

2.7.4. Dificuldades e desafios

As organizações e as empresas, na sua generalidade e no âmbito dos seus negócios, utilizam os KPIs como uma ferramenta de auxílio à decisão e medição de desempenho. Porém, continuam a existir inúmeras dificuldades no que diz respeito à sua implementação (Brint et al., 2021).

A capacidade de selecionar KPIs relevantes, e de forma eficaz, tornou-se numa prática essencial e cada vez mais crítica dentro das empresas. A própria definição dos KPIs tem-se revelado numa tarefa cada vez mais complexa, uma vez que se tem que ter em consideração inúmeros aspetos, tais como a estratégia e os objetivos da empresa, e a forma como os mesmos vão ser calculados, analisados e por fim, apresentados (Domínguez et al., 2019). Posto isto, a escolha dos indicadores adequados não é uma tarefa simples. Se por um lado, a escolha de um número reduzido de indicadores pode fazer com que fatores importantes não sejam considerados, por outro lado, a escolha de muitos indicadores, pode desviar a atenção, dos aspetos considerados cruciais, para o desempenho da empresa (Brint et al., 2021). Neste sentido, Parmenter (2019) sugere a utilização de um máximo de 10 KPIs para avaliar o desempenho das empresas, de modo a possibilitar uma revisão periódica, que verifique continuamente se os KPIs se mantêm relevantes (Parmenter, 2019).

No entanto, existem outros problemas, como a dificuldade em identificar padrões causa-efeito entre os indicadores, em virtude de existirem indicadores que se correlacionam uns com os outros, e por esse motivo, a melhoria de um dos indicadores poderá levar ao agravamento de outro indicador (Brint et al., 2021).

A dificuldade com que mais empresas se deparam é o facto de terem de acompanhar continuamente um elevado número de indicadores de desempenho. De modo a reduzir o número de KPIs, as empresas podem recorrer a abordagens estatísticas e de tomada de decisão multicritério, sendo que as últimas são as que têm maior destaque na literatura (Brint et al., 2021).

2.8. Tomada de Decisão Multicritério na Seleção de Indicadores

A seleção dos indicadores de desempenho mais significativos, ou seja, Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs), representa um dos principais desafios para as empresas durante a construção de um sistema de medição de desempenho (PMS) eficaz (Carlucci, 2010). A relevância dos KPIs pode ser avaliada através de critérios SMART, no entanto, a seleção dos KPIs mais apropriados, deve ser fundamentada em critérios e nos pesos relativos de cada indicador, e pode ser interpretada como um problema de tomada de decisão multicritério (MCDM – *Multi-Criteria Decision Making*) (Chorfi et al., 2015).

Para tomar decisões corretas e pertinentes, os decisores não devem acompanhar um elevado número de métricas, muitas vezes redundantes ou irrelevantes, devem sim, selecionar as métricas consideradas mais adequadas e úteis (Chorfi et al., 2015). Assim sendo, um PMS eficaz requer um número limitado de KPIs, de modo a conseguir fornecer uma visão integrada e completa do desempenho da empresa (Carlucci, 2010).

2.8.1. Análise Multicritério de Apoio à Decisão

A tomada de decisão multicritério (MCDM – *Multi-Criteria Decision Making*) ou a análise de decisão multicritério (MCDA – *Multi-Criteria Decision Analysis*) são designações diferentes para o mesmo conceito. Estes termos bem conhecidos, representam processos complexos e retratam de uma forma genérica todos os métodos que têm como objetivo apoiar os decisores, de modo a tornar as suas decisões mais eficazes e consistentes, de acordo com as suas preferências, em situações onde exista mais do que um critério. Uma vantagem significativa do MCDM é a sua aplicabilidade, tanto à tomada de decisões quantitativa como qualitativa (Alvarez et al., 2021).

Os problemas MCDM podem ser abordados em duas perspetivas distintas: problemas de tomada de decisão com múltiplos atributos (em inglês *Multi-Attribute Decision Making* – MADM), nos quais o número de alternativas é finito (variáveis discretas); e problemas de tomada de decisão com múltiplos objetivos (em inglês *Multi-Objective Decision Making* – MODM), nos quais o número de alternativas é infinito (variáveis contínuas) (Hanaoka & Kunadhamraks, 2009). Segundo a metodologia desenvolvida por Vansnick (1990) (citada por

(Hanaoka & Kunadhamraks, 2009)), um problema de decisão multicritério é definido com base em 4 aspetos:

- **Objetivo** - para determinar o objetivo geral do problema de decisão;
- **Alternativas** – conjunto finito de possíveis alternativas;
- **Critérios** – conjunto finito de critérios, geralmente conflituosos, a partir dos quais se avaliam as alternativas;
- **Avaliação de Desempenho** – conjunto de métodos para avaliar o desempenho das alternativas consoante os critérios estabelecidos.

As abordagens MCDM são alternativas úteis e capazes de lidar com diferentes tipos de problemas de decisão, de modo a apoiar os decisores, tais como (Alvarez et al., 2021):

- **Choice problem (Escolha)**: os problemas de escolha têm como propósito selecionar um subconjunto das melhores alternativas do conjunto total das mesmas;
- **Ranking problem (Classificação)**: os problemas de classificação têm como finalidade a ordenação de todas as alternativas, por ordem de preferência decrescente.
- **Sorting problem (Ordenação)**: os problemas de ordenação requerem a atribuição de cada alternativa a uma classe predefinida apropriada, de acordo com a preferência do decisor;

Deste modo, o principal objetivo dos problemas MCDM é ajudar os decisores a tratar a quantidade de informações complexas com que estes trabalham. Para tal, existem vários métodos de apoio à decisão, que podem ser usados para identificar a opção preferida (*choosing problems*), para classificar as opções de forma decrescente, para uma avaliação subsequente mais detalhada (*ranking problems*) ou simplesmente para distinguir as alternativas aceitáveis das inaceitáveis (*sorting problems*) (Hanaoka & Kunadhamraks, 2009).

2.8.2. Modelos de Apoio à Decisão Multicritério

Os modelos de apoio de decisão multicritério são um tema amplamente estudado na literatura e pertencem ao ramo da investigação operacional, que por sua vez se dedica à resolução de problemas complexos com vários indicadores e critérios, que têm características diferentes. Estes modelos têm sido adotados por diferentes áreas de estudo, nomeadamente a área dos negócios e da gestão, assim como a área das ciências e engenharias (Sousa et al., 2021).

Neste contexto, foram criados vários modelos multicritério ao longo dos anos, que se podem classificar em três grandes métodos (Hanaoka & Kunadhamraks, 2009):

- **Métodos de Critérios Únicos de Síntese:** são modelos aditivos e têm como principal característica a agregação de múltiplos critérios numa única função. Estes métodos baseiam-se numa lógica compensatória e não aceitam a possibilidade de existirem razões que justifiquem a incomparabilidade entre duas alternativas, ou seja, aceitam que as alternativas podem ser comparadas entre si. Isto é possível, uma vez que cada alternativa se caracteriza por uma pontuação relativamente ao seu desempenho perante cada um dos critérios.
- **Métodos Outranking (Subordinação):** são modelos não-aditivos, representam as preferências do decisor com base na informação disponível e consistem numa avaliação de superação que se baseia em relações binárias, ou seja, na comparação par a par das alternativas. Estes métodos apresentam avaliações não compensatórias, ou seja, não permitem que sejam feitas comparações entre os critérios. Pelo que neste caso, as alternativas não podem ser caracterizadas com base no seu desempenho em cada critério.
- **Métodos Interativos com Abordagem de Teste e Erro:** têm como base técnicas de programação matemática, e os passos computacionais são alternados com o diálogo com o grupo de decisores. Estes métodos permitem assim, que o decisor interaja no momento em que não concordar com o resultado, sendo possível a simulação de outro resultado, o que por sua vez, caracteriza as iterações de tentativa e erro. Por outro lado, deve realçar-se que estes métodos são modelos aditivos e que permitem avaliações compensatórias entre critérios.

De seguida, na tabela 2.1, apresentam-se alguns dos modelos multicritério mais utilizados e implementados na resolução de problemas de decisão, que compõem os métodos anteriormente apresentados (Guarini et al., 2018; Hanaoka & Kunadhamraks, 2009):

Tabela 2.1 - Modelos de Apoio à Decisão Multicritério

Métodos de Critérios Únicos de Síntese	MAUT – <i>Multi-Attribute Utility Theory</i>
	ANP – <i>Analytic Network Process</i>
	AHP – <i>Analytic Hierarchy Process</i>
	MACBETH – <i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i>
	TOPSIS – <i>Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solutions</i>
Métodos Outranking	SMART – <i>Simple Multi-Attribute Rating Technique</i>
	ELECTRE – <i>Elimination Et Choix Traduisant la Realite</i>
	PROMETHEE – <i>Preference ranking organization method for enrichment evaluation</i>
	QUALIFLEX – <i>Qualitative Flexible</i>

Para além destes modelos, existem outros métodos, como a teoria dos conjuntos difusos, que apesar de não pertencerem ao conjunto dos MCDM, são frequentemente combinados com esses modelos para a resolução de problemas específicos. Isto deve-se ao facto da lógica difusa ter a capacidade de modelar a imprecisão dos pensamentos humanos, uma vez que consegue apresentar formas de raciocínio próximas. A teoria dos conjuntos difusos foi projetada com o objetivo específico de representar matematicamente a incerteza e a imprecisão, pelo que aceita *inputs* imprecisos e implementa limites nos modelos que não são definidos de forma exata (Renzi et al., 2017).

Deste modo, Sousa et al. (2021), apresenta uma revisão sistemática da literatura em diferentes períodos temporais, sobre a função e a utilidade dos modelos MCDM que mais vezes são utilizados, em determinados contextos, tais como: problemas ao nível da gestão da energia (1995-2015), crescimento do interesse em manufatura sustentável (2001-2009) e tomadas de decisão em contextos de desenvolvimento sustentável (2010-2017). Com base nos artigos revistos por (Sousa et al., 2021) é possível concluir que os dois modelos MCDM mais utilizados, são o modelo AHP e o TOPSIS.

2.8.2.1. Modelo AHP

A principal característica do modelo AHP é a comparação par a par, tanto das alternativas em relação aos vários critérios, como entre os próprios critérios para estimar o peso dos mesmos (Velasquez & Hester, 2013). Para além disso, outra vantagem é a facilidade de uso deste modelo e a capacidade de se adaptar a problemas de maior dimensão, apesar de também ter algumas desvantagens, como a interdependência entre os critérios e as alternativas, a falta de estruturas teóricas para modelar a hierarquia dos problemas de decisão e os julgamentos subjetivos utilizados na comparação par a par (Renzi et al., 2017).

2.8.2.2. Modelo TOPSIS

Por sua vez, o TOPSIS classifica as alternativas de acordo com a proximidade relativa entre elas, através da medição das distâncias euclidianas entre as soluções ideais positivas e negativas (Renzi et al., 2017). O objetivo será sempre identificar a alternativa que se encontrar mais próxima da solução ideal positiva e mais distante da solução ideal negativa. A simplicidade e facilidade com que este modelo é utilizado e programado, e a capacidade de manter a mesma quantidade de etapas, independentemente do tamanho do problema, é o que tem mantido este modelo como um dos mais escolhidos pelos decisores, e é também o que o torna na escolha mais comum, para confirmar os resultados propostos por outros modelos. No entanto, o facto do modelo fazer uso da distância euclidiana, que não considera a correlação entre os atributos é apontado como uma desvantagem, dado que dificulta a ponderação dos atributos e conseqüentemente a consistência dos julgamentos (Velasquez & Hester, 2013).

2.8.3. Indicadores aplicados a Cadeias de Abastecimento Sustentáveis

A avaliação do desempenho sustentável de uma organização, ao nível da sua cadeia de abastecimento, requer a identificação e seleção de indicadores e métricas publicados na literatura sobre gestão das cadeias de abastecimento ecológicas e sustentáveis. Assim sendo, o primeiro passo passou pela identificação e seleção desses KPIs na literatura científica, uma vez que este processo de identificação de KPIs, ajuda as empresas a aplicarem conceitos sustentáveis no âmbito da sua atividade, o que consequentemente contribui para a expansão do seu desempenho ao nível da sustentabilidade corporativa (Ahi & Searcy, 2015).

Deste modo, as métricas e os indicadores sustentáveis devem seguir alguns requisitos, como serem simples, robustos, consistentes, úteis para a tomada de decisão, e acima de tudo, devem ser capazes de refletir o desempenho da empresa nos seguintes parâmetros: custos, qualidade, flexibilidade, capacidade de resposta, minimização de resíduos, produtividade dos recursos, esforços para aumentar a produtividade humana, satisfação dos funcionários e clientes, assim como o envolvimento da comunidade (Singh et al., 2014).

Assim sendo, a medição do desempenho em CA sustentáveis tem em conta os objetivos das três dimensões do desenvolvimento sustentável, ou seja, económica, ambiental e social (Erol et al., 2011). Pelo que se pode afirmar que a avaliação do desempenho sustentável é um conceito multidimensional que se baseia na abordagem TBL (Torabizadeh et al., 2020).

No âmbito desta pesquisa foram recolhidos 69 KPIs da literatura, que se encontram especificados na tabela 2.2, e que foram agrupados pelas três dimensões do TBL. No entanto, esta lista de indicadores pode ser expandida ou reduzida com base na opinião dos decisores (Singh et al., 2014).

Tabela 2.2 - KPIs aplicáveis a Cadeias de Abastecimento Sustentáveis

Dimensão	KPI	Referência
	Taxa de produtos com defeito	1, 2, 11
	Eficiência do acompanhamento dado aos fornecedores	3
	Eficiência do operador 3PL contratado pela empresa	3
	Tempo da operação de receção	4
Económica	Custos de armazém	1, 2, 4
	Capacidade de armazenamento	4
	Tempo de <i>picking</i>	4
	Tempo de carga e descarga	4
	Custos de stock	1, 2, 5, 7

Dimensão	KPI	Referência
Económica	Custos de mão-de-obra	1, 2, 5
	Custos de material	1, 2, 5
	Custos de energia	1, 2, 6
	Custos com I&D (Investigação e Desenvolvimento)	1, 2, 6, 13
	Custos com aplicações de digitalização de processos logísticos	1, 2, 3, 7
	Custos com multas ambientais e de segurança	1, 2, 13
	Investimentos em proteção ambiental / ano (€)	3
	Investimentos em projetos sociais / ano (€)	3
	Tempo de entrega	4, 7, 12
	Custos de transporte	7
	Atraso de transporte	7
	Retorno do investimento	8
	Valor económico direto e indireto gerado e distribuído	4, 8
	Rácio de gastos com fornecedor local e fornecedores não local	1, 2, 4
	EBITDA	6
Lucro	1	
Ambiental	Volume de emissões atmosféricas por ano	1, 5, 7, 10, 11
	Redução da quantidade de emissões diretas e indiretas e de outras emissões relevantes de gases de efeito de estufa	1, 2, 4, 7, 10, 13
	Pegada de Carbono	1, 6, 11
	Veículos movidos a energia renovável, eletricidade e gás natural (%)	8
	Consumo de Energia	1, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11
	Energia proveniente de fontes renováveis (%)	2, 8, 9
	Redução de requisitos energéticos nos produtos e serviços	4
	Iluminação LED (%)	9
	Iluminação natural (%)	9
	Uso de dispositivos de controlo automático da temperatura	9
	Uso de dispositivos de controlo automático de iluminação	9
	Nível de isolamento do edifício	9
	Consumo de combustível	5, 7
	Consumo de água	1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11
	Quantidade de água reutilizada	4, 8
	Água Residual (%)	1, 2, 11

Dimensão	KPI	Referência
Ambiental	Quantidade de resíduos gerados	1, 2, 3, 6, 11, 12
	Quantidade de materiais reutilizados	2, 8, 10, 12
	Quantidade de materiais reciclados	1, 2, 3, 6, 7, 10, 12
	Quantidade de resíduos perigosos	2, 10, 11, 12, 13
	Horas de formação do operador 3PL em questões ambientais	3
	Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001	1, 3, 8
	Quantidade de fornecedores verdes	8
	Impacto da empresa sobre a biodiversidade e o habitat	4
	Número de iniciativas de mitigação do impacto ambiental	4
	Social	Taxa de rotatividade dos colaboradores
Número de horas de trabalho / colaborador		2, 11
Número de horas de formação / colaborador		2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12
Satisfação dos colaboradores		12
Envolvimento dos colaboradores		5
Equidade de género		3, 5
Número de colaboradores contratados por faixa etária e género		4
Número anual de ideias inovadoras aplicadas geradas por colaboradores		3
Número médio anual de reclamações / colaborador		3
Benefícios dos colaboradores		10
Ergonomia		6
Qualidade do ambiente de trabalho		5, 6
Satisfação do cliente		1, 2, 8
Número médio anual de reclamações / clientes		3, 4
Taxa de Acidentes		3, 5, 7, 13
Saúde e Segurança Ocupacional		5, 6, 9
Taxa de Doença		11
Ética e integridade		6
Taxa de aceitação de aplicativos digitais		7

Nota: A numeração atribuída às referências diz respeito aos seguintes artigos: 1 – (Ahi & Searcy, 2015), 2 – (Singh et al., 2014), 3 – (Erol et al., 2011), 4 – (Torabizadeh et al., 2020), 5 – (Amrina & Vils, 2015), 6 – (Mokhtar et al., 2017), 7 – (Kayikci, 2018), 8 – (Antolín-López et al., 2016), 9 – (Malinowska et al., 2018), 10 – (Wang & Lin, 2004), 11 – (Hartini et al., 2017), 12 – (Presley et al., 2007), 13 – (Krajnc & Glavič, 2005).

METODOLOGIA PROPOSTA

O presente capítulo tem por objetivo apresentar a metodologia proposta para o desenvolvimento de um Índice Composto de Sustentabilidade, capaz de monitorizar e avaliar a sustentabilidade nas suas três dimensões. Neste sentido, serão apresentadas um conjunto de etapas que explicarão, ao detalhe, as metodologias utilizadas na construção do modelo. O conjunto de etapas para a criação do Índice de Sustentabilidade Geral (ISG) estão representadas, através de um fluxograma, na figura 3.1 e são descritas nas subsecções seguintes desta dissertação.

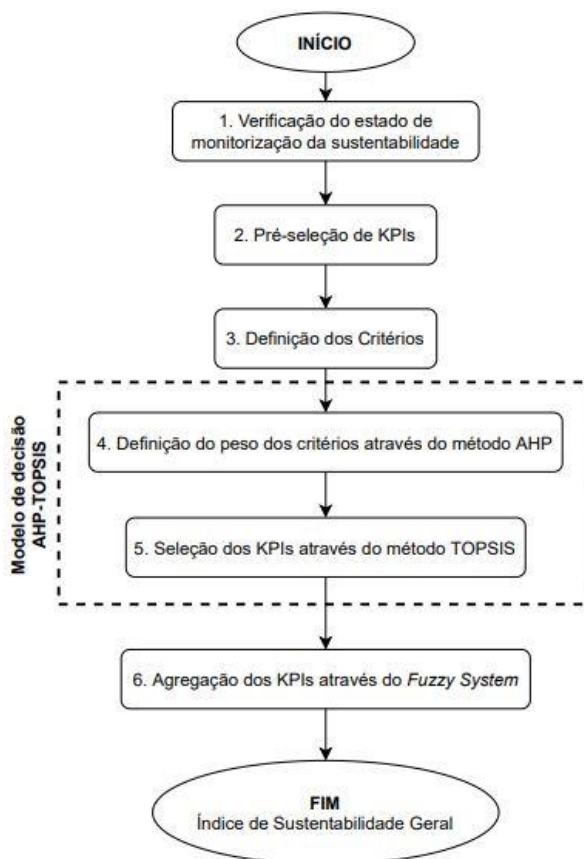


Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia proposta

3.1. Metodologia para seleção de KPIs e desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Geral

Um Índice Composto pressupõe a agregação de diferentes indicadores num único elemento (Bottani et al., 2017). De modo a realizar uma avaliação simultânea das três dimensões da sustentabilidade, é fundamental começar por analisar as atividades da empresa para as quais se pretende avaliar o estado da sustentabilidade, através de um ISG. O objetivo passa por perceber se os impactos sustentáveis estão a ser monitorizados e de que forma, e se existe a necessidade de identificar KPIs sustentáveis na literatura (passo 1 - verificação do estado de monitorização da sustentabilidade).

De modo a construir um ISG foram identificadas métricas e indicadores sustentáveis na revisão da literatura, no âmbito das cadeias de abastecimento ecológicas e sustentáveis, como demonstrado na tabela 2.2 da secção 2.9.3. Ao todo, foram identificados 69 KPIs, encontrando-se estes agrupados de acordo com o TBL, uma vez que se defende que só será possível alcançar a sustentabilidade se existir equilíbrio entre as 3 dimensões (Silvestre & Fonseca, 2020), pelo que é importante avaliar todas as perspetivas que compõem a sustentabilidade.

De acordo com o levantamento de indicadores da literatura é possível verificar que existe um elevado número de KPIs capazes de medir o desempenho sustentável de uma empresa. No entanto, (Parmenter, 2019) sugere que a avaliação do desempenho de uma empresa seja feita com base num número reduzido de KPIs. Pelo que o desafio que se impõe, passa pela capacidade de seleccionar apenas os KPIs relevantes, ou seja, aqueles que incidem no que realmente importa para atingir os objetivos das empresas. Posto isto, a escolha dos indicadores que serão agregados no ISG revela-se numa tarefa complexa. Assim sendo, a seleção dos KPIs relevantes, não é mais do que uma comparação entre as várias alternativas, de acordo com um conjunto de critérios, pelo que constitui um problema de tomada de decisão multicritério.

De modo a resolver este problema, recorreu-se a modelos de decisão, para auxiliar o processo de tomada de decisão de uma forma fundamentada. De acordo com a revisão da literatura efetuada na secção 2.9.2, foi possível perceber que os modelos multicritério mais utilizados são o TOPSIS e o AHP. Assim sendo, o modelo proposto para a resolução deste problema é o TOPSIS, dada a sua capacidade em classificar as alternativas, neste caso os KPIs, por ordem de preferência. Para tal é necessário definir os critérios (explicados na secção 3.1.2) a utilizar e quantificar a sua importância relativa, ou seja, determinar os pesos dos critérios, o que é possível através da aplicação do modelo AHP, uma vez que este se caracteriza pela comparação par a par entre os critérios, para estimar o peso relativo dos mesmos. Contudo, dado o elevado número de KPIs recolhidos da literatura, antes da sua integração no modelo TOPSIS, realizou-se uma pré-seleção dos mesmos (explicados adiante na secção 3.1.1), de acordo com a sua relevância para a atividade da empresa.

Por fim, para a construção do índice de sustentabilidade geral é necessário proceder à agregação dos KPIs selecionados através do TOPSIS. Para o processo de agregação recorreu-se à modelação por *fuzzy logic*, uma vez que os sistemas *fuzzy* foram identificados como metodologia de agregação na secção 2.4.2.

3.1.1. Pré-seleção de KPIs

Os KPIs recolhidos da literatura são indicadores que podem ser utilizados na gestão de diferentes tipos de cadeias de abastecimento ecológicas e sustentáveis, ao longo dos vários processos que estas abrangem. No entanto, um dos objetivos deste estudo é selecionar um conjunto de KPIs com máxima relevância para a medição do desempenho sustentável das atividades de uma empresa. Uma vez que os indicadores foram selecionados a partir da revisão da literatura, existe a necessidade dos mesmos serem avaliados e validados por especialistas. Para tal, definiu-se um processo de pré-seleção de KPIs segundo o método proposto por Chandra & Kumar (2018) na literatura científica (Chandra & Kumar, 2018).

Com esta pré-seleção, pretende-se que os KPIs a incluir no modelo de decisão proposto, apresentem características SMART e sejam relevantes para a área da empresa em que se pretendem implementar. Para tal, foi criado o questionário “Avaliação do grau de relevância dos KPIs identificados na literatura” (anexo A) com o objetivo de inquirir um grupo de colaboradores suficientemente abrangente, com representatividade nos vários níveis hierárquicos do departamento da empresa em análise. O questionário consiste em questões como “Considera que o acompanhamento do KPI “Taxa de produtos com defeito” pode ser considerado um indicador para a medição do desempenho sustentável da cadeia de abastecimento?”. O questionário do anexo A, apresenta uma lista com todos os KPIs, agrupados pelas três dimensões do TBL, e uma escala de medição, que pretende avaliar a relevância de cada indicador e que varia entre 1 e 5, na qual o número 1 significa “sem relevância” e o número 5 significa “muito relevante”, como demonstrado na tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Escala de avaliação de relevância

Grau de relevância	Avaliação
Sem relevância	1
Pouco relevante	2
Razoavelmente relevante	3
Relevante	4
Muito relevante	5

Depois de obtidos os resultados dos questionários, procede-se à análise da relevância de cada KPI, de forma individual, com base nos julgamentos do grupo de decisores. A regra de tomada de decisão em grupo utilizada para esta metodologia é baseada em (Saaty & Peniwati, 2013), onde os julgamentos em grupo são combinados através da média geométrica.

Deste modo, é calculada a média geométrica individual para cada KPI, através da relevância atribuída pelos inquiridos a cada um dos indicadores. De modo a comparar as médias geométricas calculadas para cada KPI, foi criada uma regra (ver equação 3.1) com base no método proposto por Chandra & Kumar (2018), que sugere que o valor da média geométrica de cada KPI deve ser igual ou superior a um valor limite (x) a definir.

$$KPIs = \begin{cases} \text{incluir, se valor da média geométrica do KPI} \geq x \\ \text{excluir, se valor da média geométrica do KPI} < x \end{cases} \quad (\text{eq. 3.1})$$

Assim sendo, através da escala de avaliação de relevância e da equação 3.1, pretende-se que ocorra uma redução significativa da amostra inicial de KPIs, de modo a incluir apenas os KPIs com média geométrica igual ou superior a x , no modelo de decisão proposto.

3.1.2. Definição dos Critérios

A primeira etapa da metodologia proposta para a seleção dos KPIs, é a identificação dos critérios que serão utilizados na seleção das alternativas (KPIs). Os critérios funcionam como requisitos que as alternativas têm de cumprir, pelo que quanto mais requisitos uma determinada alternativa cumprir, melhor será a sua classificação e maior será a probabilidade de ser selecionada. Deste modo, é possível inferir que um determinado problema de decisão será tão mais complexo quanto maior for o número de critérios.

A seleção dos KPIs mais adequados à medição da sustentabilidade, nas suas três dimensões, tendo em conta os objetivos estratégicos da empresa, deve ser apoiada por critérios alinhados com o objetivo principal do problema de decisão. Neste caso, pretende-se selecionar KPIs para constituir o ISG, os quais devem estar alinhados com os aspetos que a empresa valoriza para a medição da sustentabilidade da sua atividade.

De modo a refletir as preocupações sustentáveis por parte da empresa, os critérios de avaliação foram determinados com base na técnica do *Sustainability Balanced Scorecard* (SBSC), que surgiu das adaptações propostas por vários autores ao *Balanced Scorecard*, com o intuito de se criar um método capaz de incluir questões sociais e ambientais e assim avaliar o desempenho sustentável (Lu et al., 2018). O BSC traduz a visão e estratégia de uma empresa em objetivos estratégicos, indicadores de desempenho, metas e medidas relacionadas com as suas quatro perspetivas (financeira, processos internos, aprendizagem e crescimento, clientes), por sua vez, a adição de critérios ambientais e sociais ampliou o BSC convencional para o SBSC, que se tornou numa ferramenta que visa a integração de questões de sustentabilidade ambiental e social (Falle et al., 2016).

Como consequência da adição de critérios ambientais e sociais ao BSC tradicional, foram desenvolvidos inúmeros modelos, com diferentes arquiteturas para representar o SBSC. Assim sendo, o SBSC pode incorporar os três aspetos da sustentabilidade (económico, social

e ambiental) de diferentes formas: através da adição de uma quinta perspectiva, através da integração das questões sociais e ambientais em algumas ou todas as quatro perspectivas inicialmente desenvolvidas por Kaplan e Norton, ou através do desenvolvimento de uma estrutura de sustentabilidade equilibrada específica para o problema em questão (Falle et al., 2016). A figura 3.2 representa uma estrutura possível para um SBSC:

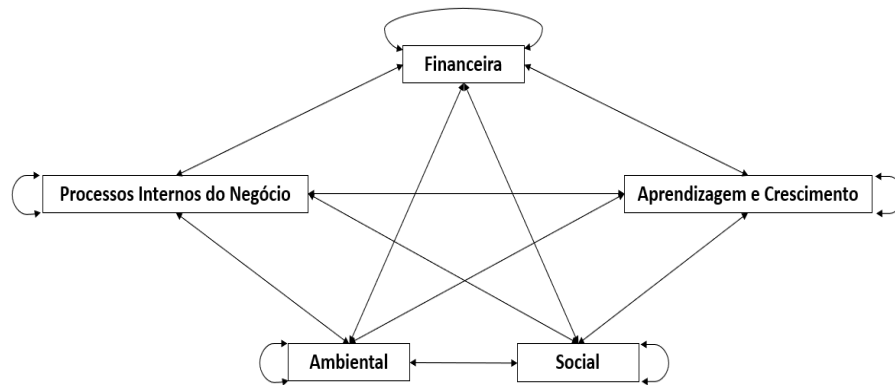


Figura 3.2 - *Sustainability Balanced Scorecard* (Adaptado de (Lu et al., 2018))

Segundo Lu et al. (2018), existem autores que consideram o SBSC uma ferramenta de gestão estratégica da sustentabilidade que pretende aumentar a consciencialização da sustentabilidade nas empresas, e, por outro lado, existem autores que utilizam o SBSC para delinear estratégias eficientes para calcular o nível de sustentabilidade.

Para o problema em questão, recorreu-se ao SBSC com o intuito de identificar os objetivos sustentáveis estratégicos da empresa, para definir critérios que estejam alinhados tanto com as preocupações sustentáveis da empresa, como com o objetivo global do problema de decisão. Deste modo, definiram-se seis critérios pertinentes para a seleção dos indicadores no modelo TOPSIS:

1. **C1** – Redução de Custos Operacionais
2. **C2** – Aumento da Qualidade do Serviço
3. **C3** – Aumento da Eficiência
4. **C4** – Melhoria da Satisfação do Cliente
5. **C5** – Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento
6. **C6** – Melhoria do Bem-estar dentro da Organização

3.2. Modelo de Decisão híbrido AHP-TOPSIS para seleção de KPIs

Neste subcapítulo pretende-se apresentar e detalhar os modelos de decisão selecionados para a resolução deste problema.

3.2.1. Modelo AHP

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desenvolvido por Thomas L. Saaty, é um dos modelos de decisão multicritério mais estudados e aplicados (Hanaoka & Kunadhamraks, 2009), e é reconhecido como uma técnica de medição robusta, que se baseia na opinião de especialistas, para realizar comparações de pares (Velasquez & Hester, 2013). Para tal, o AHP inicia com a decomposição do problema de tomada de decisão numa estrutura hierárquica, que tem como finalidade facilitar a análise do problema, repartindo-o em diferentes níveis, com o objetivo de comparar de modo independente cada combinação de critérios e alternativas. O primeiro nível contém o objetivo global do problema, o segundo nível é composto por todos os critérios e subcritérios usados para resolver o problema, e no último nível da hierarquia encontram-se as alternativas (Özcan et al., 2017), como demonstrado na figura 3.3.

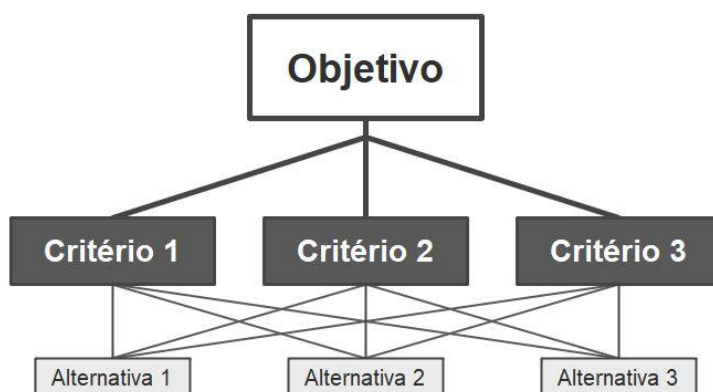


Figura 3.3 - Estrutura hierárquica do AHP (Adaptado de (Özcan et al., 2017))

Este modelo, para além de ajudar os decisores a definir prioridades entre alternativas, subcritérios e critérios nos processos de tomada de decisão, também facilita a própria tomada de decisão, devido à sua capacidade em lidar tanto com aspetos qualitativos como quantitativos (Özcan et al., 2017). Durante a implementação deste modelo, os decisores são confrontados com uma série de perguntas, com o intuito de perceber a importância que o decisor atribui a um determinado critério quando comparado com outro, tendo em conta o objetivo/ decisão que se pretende tomar. A importância relativa atribuída pelos decisores na comparação de

pares pode ser subjetiva, no entanto, o AHP consegue converter os julgamentos subjetivos feitos pelos decisores, num conjunto de valores numéricos ou pesos, de modo a possibilitar a comparação dos vários elementos que constituem a estrutura hierárquica e verificar a importância que os mesmos têm face ao objetivo (Hanaoka & Kunadhamraks, 2009).

As comparações de pares são características deste modelo, tanto podem ser usadas para comparar alternativas em relação aos vários critérios, como para determinar o peso dos critérios, comparando-os uns com os outros. O AHP destaca-se pela facilidade com que o mesmo se aplica, pela simplicidade com que são feitas as comparações, pela sua capacidade em se adaptar a problemas de tomada de decisão mais complexos, devido à sua estrutura hierárquica, e ainda pelo facto de não requerer muita informação para realizar as comparações de pares, comparativamente a outros modelos, como é o caso do MAUT (Velasquez & Hester, 2013).

3.2.2. Modelo TOPSIS

O modelo TOPSIS, acrónimo de “*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*”, foi desenvolvido por Hwang e Yoon em 1981 e é considerada uma técnica adequada à resolução de problemas multicritério, dado que ajuda os decisores a comparar e classificar alternativas (Özcan et al., 2017). O TOPSIS é um modelo de classificação simples, criado com o propósito de ajudar a seleccionar a melhor alternativa através de um número finito de critérios. O princípio inerente a este modelo baseia-se na ideia de que a alternativa ideal, deve estar tão próxima quanto possível da solução ideal positiva (PIS – *positive ideal solution*) e o mais distante quanto possível da solução ideal negativa (NIS – *negative ideal solution*) (Behzadian et al., 2012).

Huang et al. (2021) explica que o TOPSIS compara um conjunto de alternativas através de critérios, com diferentes ponderações. Dado que os critérios podem assumir diferentes dimensões, é necessário proceder-se à normalização dos resultados das alternativas segundo os critérios. De seguida, calculam-se as distâncias entre cada alternativa e a alternativa ideal positiva (a melhor de cada critério) e as distâncias entre cada alternativa e a alternativa ideal negativa (a pior de cada critério), através de um dos vários modelos de distâncias (por exemplo, a distância Euclidiana). Por último, é calculado o coeficiente de aproximação à solução ideal, através do quociente entre a distância à alternativa ideal negativa e a soma das distâncias às alternativas ideal positiva e ideal negativa.

3.2.3. Proposta do modelo híbrido AHP-TOPSIS

Para o processo de seleção dos melhores KPIs propõe-se um modelo de decisão híbrido AHP-TOPSIS, mais robusto, que colmata a lacuna do modelo TOPSIS, no que diz respeito à ponderação dos critérios, através da agregação do modelo AHP.

O processo de desenvolvimento e implementação do modelo AHP-TOPSIS divide-se em 11 passos, que serão descritos de seguida:

1. Definição do problema e estruturação da hierarquia de decisão
2. Construção da matriz de comparação de pares (Escala de Saaty - AHP)
3. Determinação dos pesos dos critérios (AHP)
4. Validação da consistência das prioridades relativas
5. Construção da matriz de decisão (TOPSIS)
6. Normalização da matriz de decisão (TOPSIS)
7. Construção da matriz normalizada ponderada (TOPSIS)
8. Determinação da solução ideal positiva e ideal negativa (TOPSIS)
9. Cálculo da distância de cada alternativa à solução ideal positiva e ideal negativa (TOPSIS)
10. Cálculo da proximidade relativa de cada alternativa às soluções (TOPSIS)
11. Ordenação das alternativas (KPIs) de acordo com a sua proximidade relativa (TOPSIS)

Passo 1: Definição do problema e estruturação da hierarquia de decisão

De acordo com Saaty (1990), a definição do problema de decisão passa por um processo de *brainstorming* em que são escolhidos os fatores que são importantes para tomar uma determinada decisão. Nesta primeira etapa, os decisores devem determinar o objetivo geral do problema e identificar os critérios que consideram relevantes para a discussão do mesmo, assim como todas as alternativas possíveis para a solução do problema.

Tendo em conta as características do problema de decisão e determinado o objetivo global do problema, o mesmo deve ser organizado numa estrutura hierárquica, como a que se encontra representada na figura 3.4. Segundo (Saaty, 1990) a hierarquização do problema de decisão tem como propósito, providenciar uma visão geral sobre o problema e sobre as relações complexas inerentes ao mesmo.



Figura 3.4 - Estrutura hierárquica do modelo de decisão híbrido AHP-TOPSIS

Para o processo de seleção dos melhores KPIs, é necessário priorizar os seis critérios definidos anteriormente na secção 3.1.2 através da modelação AHP. Consequentemente, estes critérios serão utilizados no modelo TOPSIS, funcionando como requisitos que os KPIs de cada uma das três dimensões da sustentabilidade devem cumprir. Pretende-se que os critérios auxiliem os decisores a escolher KPIs alinhados com as preocupações sustentáveis da empresa.

Passo 2: Construção da matriz de comparação de pares

A matriz de comparação de pares é construída com base nos julgamentos dos decisores, no processo de comparação par-a-par dos critérios que constituem a hierarquia. De modo a recolher a informação necessária para construir as matrizes de comparação de pares, questionam-se os decisores sobre a importância que estes atribuem a um determinado critério quando comparado com outro, tendo em conta o objetivo de decisão, de acordo com a escala de 1 a 9, estabelecida por Thomas L. Saaty (ver tabela 3.2) (Özcan et al., 2017; Saaty, 1990). A recolha dos julgamentos dos decisores pode ser feita através de questionários com questões qualitativas, que posteriormente podem ser convertidas em índices quantitativos através da escala fundamental de Saaty.

Tabela 3.2 - Escala fundamental de Saaty (Adaptado de (Saaty, 1990))

Escala de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Os elementos contribuem de forma idêntica para atingir o objetivo
3	Moderadamente mais importante	Um elemento é moderadamente mais importante que outro
5	Mais importante	Um elemento é mais importante que outro
7	Muito mais importante	Um elemento é muito mais importante que outro
9	Absolutamente mais importante	Quando um elemento apresenta o maior grau de importância relativamente a outro
2, 4, 6, 8	Valores intermédios	Valores intermédios entre os diversos graus de importância
Recíprocos	-	Se i recebe um valor comparado com j , como reciprocidade, j irá receber o recíproco desse valor, quando comparado com i
Racionais	Rácios que surgem da escala	Se a consistência for forçada para obtenção de n valores numéricos para completar a matriz

As comparações entre os pares de critérios, representam-se em matrizes quadradas de classificações relativas, de ordem igual ao número de critérios comparados (ver equação 3.2) (Saaty, 1990).

$$C = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_6/w_1 & w_6/w_2 & \dots & w_6/w_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & c_{12} & \dots & c_{16} \\ c_{21} & 1 & \dots & c_{26} \\ \vdots & \vdots & c_{ij} & \vdots \\ c_{61} & c_{62} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad i, j = 1, \dots, n \quad \text{eq. 3.2}$$

A matriz de comparação $C = (c_{ij})_{6 \times 6}$ é composta por $n = 6$ critérios e c_{ij} representa a importância relativa (w_n) que o critério i detém relativamente ao critério j . Por sua vez, c_{ij} tem as seguintes propriedades:

$$c_{ij} = \frac{1}{c_{ji}}; \quad c_{ij} > 0; \quad c_{ii} = 1$$

Passo 3: Determinação dos pesos dos critérios

Feitas as comparações de pares e construídas as matrizes de comparação, calculam-se os vetores de prioridade, cujo propósito é determinar a importância relativa de cada critério para o objetivo proposto.

Este processo divide-se em duas etapas:

i) Normalização da matriz de comparação de pares C . $W = \lambda_{max} \cdot W$

De modo a efetuar comparações entre os critérios e obter os respetivos pesos relativos é necessário normalizar a matriz de comparação. O processo de normalização resulta da divisão de cada elemento c_{ij} pelo somatório de todos os valores da coluna respetiva, como demonstrado na equação 3.3.

$$w_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} \quad (\text{eq. 3.3})$$

ii) Cálculo dos pesos relativos

Obtida a matriz com valores normalizados, procede-se ao cálculo dos pesos relativos, através da média de cada linha da matriz de comparação normalizada. A média obtém-se através do quociente entre o somatório dos valores de cada linha normalizados e o número de elementos de cada linha, como demonstrado na equação 3.4.

$$W = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n=6} w_j, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (\text{eq. 3.4})$$

Passo 4: Validação da consistência das prioridades relativas

A validação da consistência das prioridades relativas, visa confirmar se os julgamentos subjetivos feitos pelos decisores, presentes na matriz de comparação são ou não consistentes entre si, uma vez que na maioria dos casos, as matrizes de decisão são inconsistentes.

De modo a verificar se os julgamentos são ou não consistentes, deve proceder-se à verificação da consistência, seguindo as seguintes etapas:

i) Cálculo do autovalor (λ_{max})

Para calcular o valor próprio de C (λ_{max}), procede-se à multiplicação da matriz de comparação $C = (c_{ij})_{6 \times 6}$ pelo vetor de prioridade W, obtendo-se assim um novo vetor (vetor das somas ponderadas). De seguida, divide-se o vetor das somas ponderadas pelo seu respetivo elemento no vetor prioridade (W). Por fim, calcula-se a média desses valores e obtém-se o λ_{max} , como se demonstra na equação 3.5:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=6} \frac{[C \cdot W]_i}{w_i} \quad (\text{eq. 3.5})$$

ii) Cálculo do índice de consistência (CI)

O índice de consistência, representado na equação 3.6, tem como objetivo medir a consistência entre as comparações de pares. Segundo o teorema 2, apresentado por (Saaty, 1990), uma matriz C é consistente se e só se $\lambda_{max} = n$. Pelo que se λ_{max} for superior ao número de critérios da matriz de comparação, a matriz será inconsistente.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (\text{eq. 3.6})$$

iii) Cálculo do rácio de consistência (CR)

O grau de consistência entre as comparações de pares é obtido através do cálculo do rácio de consistência (ver equação 3.7), em que se divide o índice de consistência (CI) pelo índice de consistência aleatório (RI).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (\text{eq. 3.7})$$

Os valores do RI (ver tabela 3.3), variam consoante o número de critérios (n) aplicados.

Tabela 3.3 - Índice de Ridge (Özcan et al., 2017)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

Deste modo, a validação da consistência termina com o cálculo do rácio de consistência. Se $CR < 10\%$, os dados obtidos são consistentes, porém se $CR \geq 10\%$, os dados obtidos são inconsistentes, pelo que os valores da matriz de comparação $C = (c_{ij})_{6 \times 6}$ devem ser reconsiderados e revistos pelos decisores.

Passo 5: Construção da matriz de decisão

A matriz de decisão é composta por m alternativas, que correspondem aos KPIs pré-selecionados da literatura, e n critérios, que correspondem aos critérios definidos na secção 3.1.2, cuja interseção é dada como x_{ij} , pelo que se obtém uma matriz $X = (x_{ij})_{m \times n}$ (ver equação 3.8):

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (\text{eq. 3.8})$$

Passo 6: Normalização da matriz de decisão

Todos os valores da matriz de decisão são convertidos para uma escala comparável, através do vetor de normalização representado na equação 3.9:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ e } j = 1, 2, \dots, n \quad (\text{eq. 3.9})$$

Passo 7: Construção da matriz normalizada ponderada

O valor normalizado ponderado v_{ij} da matriz de decisão normalizada ponderada $V = [v_{ij}]_{m \times n}$, resulta da multiplicação da matriz de decisão normalizada pelos pesos dos respectivos critérios, como se representa na equação 3.10:

$$v_{ij} = r_{ij} \times w_j \quad (\text{eq. 3.10})$$

Passo 8: Determinação da solução ideal positiva e ideal negativa

O conjunto de valores ideais positivos, A^+ , e o conjunto de valores ideais negativos, A^- , são determinados através da equação 3.11 e 3.12, respetivamente. A solução ideal positiva, maximiza os critérios de benefício e minimiza os critérios de custo, enquanto que a solução ideal negativa maximiza os critérios de custo e minimiza os critérios de benefício.

$$A^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} = \{(max_i v_{ij} \mid j \in J), (min_i v_{ij} \mid j \in J')\} \quad (\text{eq. 3.11})$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \{(min_i v_{ij} \mid j \in J), (max_i v_{ij} \mid j \in J')\} \quad (\text{eq. 3.12})$$

onde J e J' representam respetivamente os critérios positivos (de benefício) e negativos (de custo).

Passo 9: Cálculo da distância de cada alternativa à solução ideal positiva e ideal negativa

A distância euclidiana de cada alternativa (KPI) à solução ideal positiva é dada por S^+ (ver equação 3.13) e à solução ideal negativa é dada por S^- (ver equação 3.14):

$$S_i^+ = \sqrt{\left(\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2\right)}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (\text{eq. 3.13})$$

$$S_i^- = \sqrt{\left(\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2\right)}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (\text{eq. 3.14})$$

Passo 10: Cálculo da proximidade relativa de cada alternativa às soluções

O coeficiente de proximidade C_i^+ ($0 \leq C_i^+ \leq 1$) de cada alternativa (KPI) à solução ideal positiva é calculado através da equação 3.15:

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{(S_i^- + S_i^+)}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (\text{eq. 3.15})$$

Passo 11: Ordenação das alternativas (KPIs) de acordo com a sua proximidade relativa

Tendo em conta o coeficiente de proximidade é possível classificar os KPIs por ordem decrescente de C_i^+ , sendo que o KPI com o maior valor de coeficiente de proximidade (mais próximo de 1) será a melhor escolha.

3.2.3.1. Aplicação do modelo AHP-TOPSIS

O modelo AHP é utilizado para quantificar a importância relativa dos seis critérios definidos na secção 3.1.2, através da comparação entre cada par de critérios. De modo a facilitar o processo de comparação de pares para os decisores, procedeu-se à criação de um questionário “Priorização dos critérios através do método AHP” (ver anexo B), que apresenta a comparação entre cada par de critérios através de uma escala de importância, constituída tanto por termos quantitativos como qualitativos. Os termos qualitativos, expressam o significado dos números de acordo com a escala fundamental de Saaty, facilitando assim o processo de raciocínio lógico para os decisores. A questão que se deve colocar para cada uma das comparações de pares é a seguinte: “Qual dos dois critérios é mais importante? Quantifique a importância.”

As respostas dos questionários podem ser introduzidas no *software SuperDecisions* que tem como vantagem realizar todo o processo, desde o cálculo dos vetores de prioridade à validação da consistência das prioridades, de forma automatizada. No caso de se verificar alguma inconsistência numa das respostas ao questionário ($CR > 10\%$) o decisor terá que responder novamente ao questionário e reavaliar as suas decisões anteriormente tomadas, de modo a tornar o seu processo de comparação consistente ($CR \leq 10\%$).

Obtidos os pesos relativos dos critérios para cada decisor, é possível desenvolver e implementar o modelo TOPSIS, através do qual se consegue classificar os KPIs por ordem de preferência do grupo de decisores e selecionar os mais relevantes, para incluir no índice de sustentabilidade geral.

De modo a recolher os dados a incluir na matriz de decisão, foi criado o questionário “Hierarquização e seleção dos KPIs através do método TOPSIS” (ver anexo C), que relaciona os KPIs pré-selecionados (alternativas) com os critérios definidos. O questionário tem como objetivo avaliar, numa escala de 1 a 9 (apresentada na tabela 3.4), o contributo de cada KPI para que se atinga cada um dos critérios em análise. Por exemplo, considerado o KPI “Volume de emissões atmosféricas por ano”, o objetivo é que o decisor avalie o mesmo, seguindo o seguinte raciocínio: “De que forma é que a medição/ acompanhamento do KPI “Volume de emissões atmosféricas por ano”, contribui (numa escala de 1-9) para o critério C1 – “Redução

de Custos Operacionais” e para o critério C2 – “Aumento da Qualidade do Serviço”, etc. Este procedimento é repetido para todos os critérios e para todas as alternativas do modelo TOPSIS.

Tabela 3.4 - Escala do grau de contribuição

Avaliação	Grau de contribuição
1	Nenhum contributo ou contributo muito fraco para com o critério em foco
3	Contributo fraco
5	Contributo moderado
7	Contributo forte
9	Contributo muito forte

Efetuada os passos que caracterizam o modelo TOPSIS, obtém-se o *ranking* das alternativas, segundo os julgamentos individuais de cada decisor. No entanto, para a seleção dos KPIs a incluir no ISG, é necessário agregar os julgamentos individuais do grupo de decisores num único julgamento representativo. Para tal, recorreu-se ao processo de agregação.

Segundo o estudo de Shih et al. (2007) a maioria dos artigos revistos utiliza a agregação externa, que recorre a operadores simples (soma ponderada, média aritmética) para agregar a classificação das alternativas em relação a cada critério, dos decisores do grupo de decisão. Porém, a proposta de Shih et al. (2007) pretende agregar os julgamentos individuais dos vários decisores e sintetizá-los num único julgamento representativo, a este processo chama-se agregação interna. O caso de estudo aplicado por este autor, veio revelar o processo de agregação interna como o processo mais robusto e consistente, pelo que foi o processo adotado para efetuar a agregação na presente dissertação.

A agregação interna pressupõe que sejam efetuados todos os passos que caracterizam o modelo TOPSIS, até ao cálculo das medidas de separação, para cada indivíduo do grupo de decisores. Obtidas as medidas de separação de cada decisor (S^+ e S^-), o processo de agregação interna considera a média geométrica ou aritmética das medidas de separação (distâncias das alternativas à solução ideal positiva e negativa). Se se optar pela média geométrica de todas as medidas de separação individuais, as medidas de separação agregadas, PIS e NIS, são dadas pelas equações 3.16 e 3.17, respetivamente.

$$S_i^+ = \left(\prod_{k=1}^K S_i^{k+} \right)^{\frac{1}{K}}, \quad \text{para a alternativa } i \quad (\text{eq. 3.16})$$

$$S_i^- = \left(\prod_{k=1}^K S_i^{k-} \right)^{\frac{1}{K}}, \quad \text{para a alternativa } i \quad (\text{eq. 3.17})$$

onde, $i = 1, \dots, m$; $k = 1, \dots, K$.

Calculadas as medidas de separação agregadas, falta calcular a proximidade relativa (C_i^+) para a solução ideal do grupo de decisores, cujo cálculo deve seguir a expressão apresentada pela equação 3.15. Através dos resultados da proximidade relativa, é possível classificar as alternativas em ordem decrescente e selecionar as alternativas com melhor desempenho. Uma vez que se pretende criar um ISG com representatividade de todas as dimensões da sustentabilidade, deve selecionar-se KPIs, em número igual, referentes às três perspectivas da sustentabilidade.

3.3. Lógica Difusa

A Lógica Difusa, também conhecida por *Fuzzy Logic*, é baseada na Teoria dos Conjuntos Difusos, concebida por Lofti A. Zadeh em 1965 como método para lidar com a imprecisão do raciocínio humano na tomada de decisão. Este método foi projetado com o propósito de representar matematicamente a incerteza e a imprecisão, ao mesmo tempo que se apresenta como uma ferramenta que permite lidar com muitos problemas em que a informação é imprecisa ou vaga (Hanaoka & Kunadhamraks, 2009).

A teoria dos conjuntos difusos é frequentemente combinada com a análise multicritério, uma vez que existem problemas tão complexos que são difíceis de expressar e compreender quantitativamente através da matemática tradicional (Pask et al., 2017). Uma das vantagens que apresenta, é a sua capacidade em facilitar o processo de tomada de decisão, recorrendo a raciocínios aproximados e termos linguísticos, ao invés de se basear apenas em critérios quantitativos como a maioria dos métodos de avaliação de desempenho tradicionais (Pourjavad & Mayorga, 2019). Assim sendo, a teoria dos conjuntos difusos é vantajosa pelo facto de conseguir analisar simultaneamente dados quantitativos (através do raciocínio exato) e qualitativos (por meio de aproximações), permitindo assim que a incerteza associada a estes dados, seja avaliada de forma racional, através da associação de um determinado grau de pertença aos mesmos (Pask et al., 2017).

Singh et al. (2014) afirma que a lógica difusa tem sido implementada em inúmeras áreas, principalmente naquelas que dependem do raciocínio humano para os seus processos de tomada de decisão. Isto deve-se ao facto, dos sistemas de inferência *fuzzy* (FIS) – sistemas não lineares – serem capazes de modelar o raciocínio humano através das regras de inferência *fuzzy* (Pourjavad & Mayorga, 2019). Assim sendo, é possível constatar que a lógica difusa é uma ferramenta que permite lidar com a imprecisão intrínseca aos problemas e permite utilizar conceitos e conhecimentos que não têm limites bem definidos (Hanaoka & Kunadhamraks, 2009).

A Sustentabilidade é uma das áreas em que esta metodologia é frequentemente aplicada, mais precisamente no âmbito da avaliação de desempenho sustentável, uma vez que os

modelos de avaliação de sustentabilidade exigem dados baseados no raciocínio humano, que geralmente são imprecisos (Singh et al., 2014). Por sua vez, os indicadores de sustentabilidade tanto podem fornecer informações quantitativas como qualitativas, com um certo grau de incerteza associado, e é precisamente por este motivo que a teoria dos conjuntos difusos é apropriada para a análise de indicadores de sustentabilidade (Pask et al., 2017).

Por outro lado, a lógica difusa para além de ser reconhecida como uma ferramenta eficaz para avaliar conceitos imprecisos, como é o caso da sustentabilidade, também é reconhecida como método de agregação, como Bottani et al. (2017) comprovou, ao criar um índice agregado com base nas três perspectivas da sustentabilidade, para que fosse possível avaliar a sustentabilidade corporativa.

3.3.1. *Fuzzy Inference Systems*

Os sistemas baseados em lógica difusa (*Fuzzy Inference Systems* – FIS) permitem modelar raciocínios imprecisos, como os pensamentos humanos, que são maioritariamente qualitativos, através das regras de conhecimento IF – THEN, sem recorrer a análises quantitativas precisas (Bottani et al., 2017; Pourjavad & Mayorga, 2019).

Os FIS caracterizam-se como sistemas que convertem as variáveis *fuzzy input* em variáveis *fuzzy output*, através de um conjunto de regras de inferência, extraídas da base de conhecimento (*knowledge base*) de um sistema *fuzzy* (Pourjavad & Mayorga, 2019), como demonstrado no processo FIS da figura 3.5.

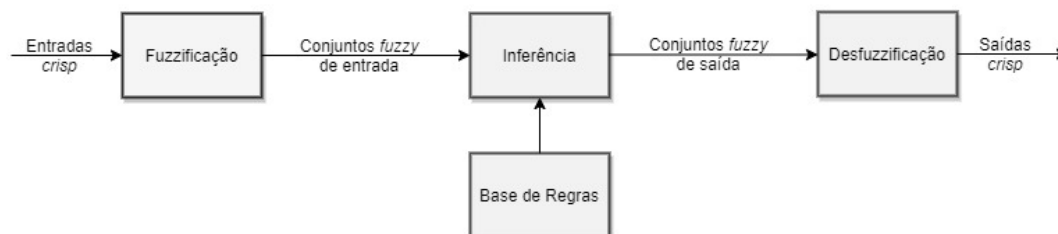


Figura 3.5 - Principais componentes de um FIS (Adaptado de (Pourjavad & Mayorga, 2019))

Deste modo é possível concluir que um processo FIS (ver figura 3.5) é constituído por quatro componentes principais, interligados entre si:

1. Módulo de Fuzzificação
2. Módulo de Base de Regras
3. Módulo de Inferência
4. Módulo de Desfuzzificação

3.3.2. Proposta de um Sistema *Fuzzy* para determinação do ISG

A agregação dos KPIs num Índice de Sustentabilidade Geral é feita através da modelação por *fuzzy logic*. Por sua vez, a aplicação da lógica difusa está dependente dos resultados do modelo AHP (que prioriza os critérios) e do modelo TOPSIS (que seleciona os indicadores).

Selecionados os KPIs a incluir no processo de modelação do ISG, é possível agregá-los de acordo com as três dimensões da sustentabilidade, através de um sistema de inferência *fuzzy*. Para além de um ISG, pretende-se medir o desempenho da sustentabilidade para cada uma das suas dimensões, de modo a oferecer tanto uma visão geral do estado da sustentabilidade como uma visão mais específica sobre cada uma das suas dimensões. Esta decomposição da análise, permitirá aos decisores identificar a dimensão da sustentabilidade à qual se deve dar maior atenção, uma vez que é possível perceber qual das dimensões da sustentabilidade tem influência negativa sobre o resultado final (ISG).

Na figura 3.6 é apresentada uma proposta para a modelação por *fuzzy logic*, através do método *Mamdani*, com a qual se pretende estudar a aplicação do processo de agregação dos KPIs num ISG. O mecanismo geral proposto para a criação do ISG, divide-se em duas fases:

- na fase I pretende-se medir o desempenho da sustentabilidade nas dimensões ambiental, social e económica, através de três módulos FIS, com base nos KPIs (*inputs*) anteriormente selecionados pelo modelo TOPSIS;
- na fase II os *inputs* para cada dimensão da sustentabilidade são os *outputs* da fase I e pretende-se que o *output* desta fase seja o desempenho geral da sustentabilidade, que se representa por um índice de sustentabilidade geral. O ISG é medido com base no desempenho das três dimensões da sustentabilidade, através do FIS Final;

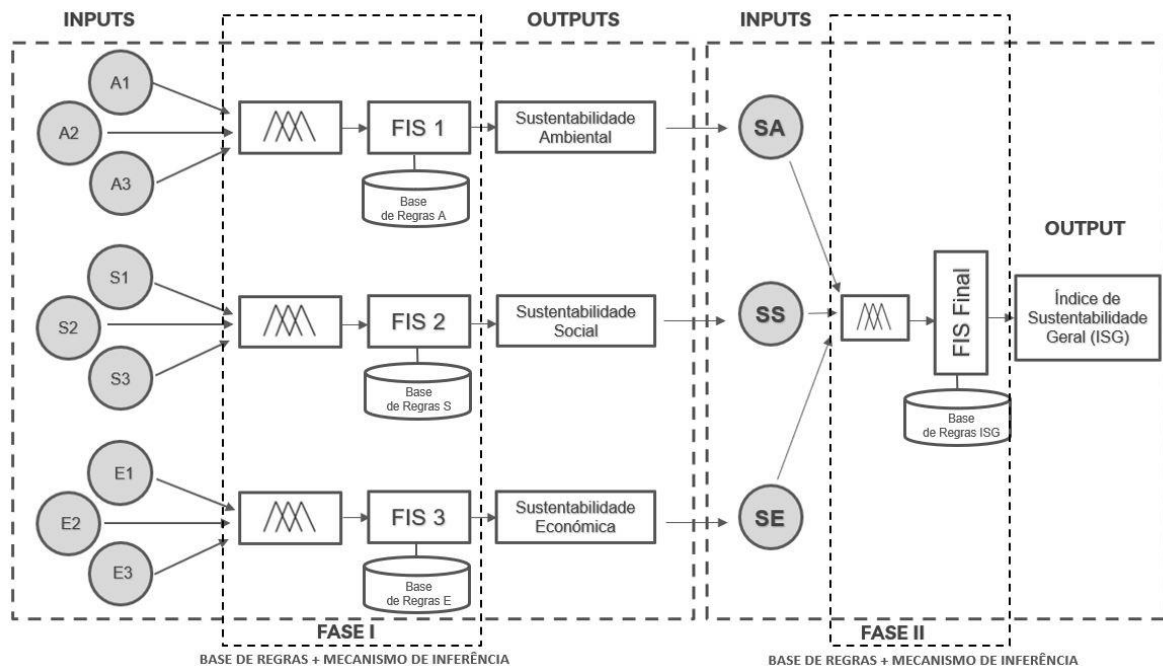


Figura 3.6 - Arquitetura do sistema *fuzzy* para modelação do ISG

Ao todo, propõe-se que sejam implementados 4 módulos FIS, na fase I o FIS 1, 2 e 3 e na fase II o FIS Final (FIS 4). Desta forma, a proposta apresentada pretende que seja criada uma ferramenta que avalie a sustentabilidade geral e particular de cada dimensão da sustentabilidade em simultâneo, ou seja, pretende-se avaliar a sustentabilidade e perceber em que nível é que esta se encontra (p.ex, “muito baixa”, “baixa”, “média”, “alta”, “muito alta”).

O processo de construção dos FIS pode decompor-se nos seguintes passos:

1. Definição das variáveis de entrada (*inputs*) e variáveis de saída (*outputs*);
2. Criação das funções de pertinência;
3. Criação das regras de inferência;
4. Seleção do método de inferência;
5. Seleção do método de desfuzzificação.

3.3.2.1. Passo 1: Definição das variáveis de entrada (*inputs*) e variáveis de saída (*outputs*)

O processo de definir as variáveis de entrada e saída, ocorre para cada um dos FIS. Tendo sempre em conta a arquitetura do sistema proposta na figura 3.6, as variáveis *input* da fase I, correspondem aos melhores KPIs de cada dimensão da sustentabilidade, seleccionados

pelo modelo AHP-TOPSIS, e o *output* de cada dimensão corresponde à sustentabilidade ambiental, social e económica. Por sua vez, as variáveis *input* da fase II, correspondem aos *outputs* da fase I e o *output* da fase II corresponde ao ISG, como representado na tabela 3.5.

Assim sendo, neste capítulo, de modo a explicar a operacionalização do sistema *fuzzy* proposto, serão apenas desenvolvidas as variáveis linguísticas e as regras para os KPIs determinados no estudo de caso (explicado no capítulo 4).

Tabela 3.5 - Definição das variáveis de entrada e saída

FIS	INPUT	OUTPUT
FIS 1	Indicador A1	Sustentabilidade Ambiental
	Indicador A4	
	Indicador A11	
FIS 2	Indicador S2	Sustentabilidade Social
	Indicador S3	
	Indicador S4	
FIS 3	Indicador E14	Sustentabilidade Económica
	Indicador E16	
	Indicador E17	
FIS 4	Sustentabilidade Económica	Índice de Sustentabilidade Geral
	Sustentabilidade Ambiental	
	Sustentabilidade Social	

As variáveis dos FIS são expressas em termos linguísticos. Tendo em conta que o objetivo é medir o desempenho da sustentabilidade para cada uma das suas dimensões e avaliar a sustentabilidade geral, foram definidos cinco termos linguísticos para as variáveis: {Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto, Muito Alto}. Pretende-se que tanto os *inputs* como os *outputs* sejam avaliados segundo estes termos linguísticos. De seguida, como exemplo apresentam-se os termos linguísticos do FIS 1:

$$A1 = A2 = A3 = SA = \{Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto, Muito Alto\}$$

Apesar dos termos linguísticos serem iguais para todas as variáveis, o significado dos mesmos difere consoante o objetivo de cada *input* (maximização ou minimização). Assim sendo, existem variáveis de entrada que se pretendem maximizar – do tipo “quanto maior melhor” e cujo contributo para a sustentabilidade será positivo se forem expressas pelos termos linguísticos “alto” e “muito alto”, por exemplo; e variáveis de entrada que se pretendem minimizar – do tipo “quanto menor melhor”, que por outro lado, expressam um contributo positivo para a sustentabilidade através dos termos linguísticos “baixo” e “muito baixo”. Por sua vez, as variáveis de saída como transmitem o nível da sustentabilidade (particular e geral) têm como objetivo a maximização.

3.3.2.2. Passo 2: Criação das funções de pertinência

As funções de pertinência, também conhecidas como *membership functions*, são utilizadas logo na primeira fase do FIS, mais precisamente no método de fuzziificação, para transformar os valores de entrada *crisp* em termos linguísticos (*fuzzy inputs*) (Pourjavad & Mayorga, 2019). Posto isto, os conjuntos difusos dos valores de entrada representam-se por funções de pertinência, que são desenvolvidas para um determinado intervalo de números *fuzzy* aceitáveis (Hanaoka & Kunadhamraks, 2009). De modo a expressar diferentes situações de imprecisão que podem ocorrer, as funções de pertinência podem assumir várias formas: linear, concava ou exponencial. As funções de pertinência mais utilizadas na prática, são as funções de pertinência lineares. As lineares triangulares, devido à sua forma intuitiva e à simplicidade com que se calculam, e também as funções de pertinência lineares trapezoidais (Erol et al., 2011; Pourjavad & Mayorga, 2019), pelo que foram estas as funções escolhidas para a modelação do sistema *fuzzy* proposto.

Definidas as variáveis de entrada e saída é necessário definir as funções de pertinência que representam os conjuntos difusos dos valores de entrada e saída. Uma vez que cada variável é descrita por 5 termos linguísticos, será necessário criar 5 funções de pertinência para cada variável, o que perfaz um total de 65 funções de pertinência. Pourjavad & Mayorga (2019) explica que não existem regras para definir as funções de pertinência e que estas podem ser estabelecidas com base em conhecimentos de especialistas, documentação existente ou dados e informações extraídos de avaliações anteriores.

De seguida serão apresentadas as funções de pertinência para cada uma das variáveis de entrada e saída utilizadas no estudo de caso, para as quais se recorreu a dados e informações existentes na empresa e pesquisa bibliográfica. Começou-se por definir o domínio das funções, ou seja, os valores que as mesmas podem assumir no eixo do x , uma vez que no eixo do y estão limitadas ao intervalo $[0,1]$, sendo que a função de pertinência é máxima para $y = 1$.

- **Variável de entrada - A1**

No âmbito da atividade dos SL, esta métrica pretende quantificar a intensidade de carbono por tonelada-km emitida anualmente nos transportes efetuados. Para tal foi determinado o fator de emissão atmosférico dos transportes ($\text{gCO}_2\text{t/km}$) realizados por mês ao abrigo das necessidades dos SL. De seguida e de modo a obter o valor anual desta métrica, procedeu-se à média dos valores mensais, as quais se encontram representadas na tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Fator de emissão atmosférico anual (gCO₂t/km)

Ano	Média Anual (gCO₂t/km)
2017	99,75
2018	101,66
2019	101,03
2020	73,10
Mínimo	73,10
Máximo	101,66
Média	93,88

O domínio da variável A1 é definido pelo intervalo [0,120], que se determinou com base nos valores do KPI apresentado na tabela 3.6. Porém, para definir o domínio das funções de pertinência da variável A1, consultou-se o artigo *European Automobile Manufactureres Association (ACEA)* («Paper - CO₂ Emissions from Heavy-duty Vehicles», 2020) que analisa os valores médios de emissão de CO₂ de veículos pesados. No artigo é apresentada uma tabela com as emissões médias de CO₂ aceitáveis por subgrupo e por transportes de longa (LH- *Long Haul*) e curta (RD – *Regional Delivery*) distância. Uma vez que os veículos utilizados ao abrigo dos transportes da EDP são veículos pesados pertencentes ao subgrupo 9 (camiões rígidos com configurações de eixo 6x2) e realizam transportes de curta e longa distância interessa saber a média aceitável de emissões de CO₂ (g/tkm) para os veículos pesados do subgrupo 9, independentemente do tipo de distância percorrida. Para tal calculou-se a média dos valores das emissões médias de CO₂ (g/tkm) aceitáveis para curtas e longas distâncias, conforme se apresenta na tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Emissões média de CO₂ para o subgrupo 9 [Adaptado de («Paper - CO₂ Emissions from Heavy-duty Vehicles», 2020)]

Subgrupo	Emissões médias de CO₂ (g/tkm)
9-RD	110,9
9-LH	64,7
Média	87,8

Com base na análise do artigo foi possível perceber que a média de emissões de CO₂ (g/tkm) aceitável ronda os 87,8 g/tkm, valor este que serviu de base para se definirem os domínios das funções de pertinência da variável A1, sendo que este valor terá de pertencer obrigatoriamente à função de pertinência do termo linguístico “médio”.

Assim sendo, para a variável de entrada A1 foram definidas três funções de pertinência trapezoidais e duas funções de pertinência triangulares, conforme representado na figura 3.7.

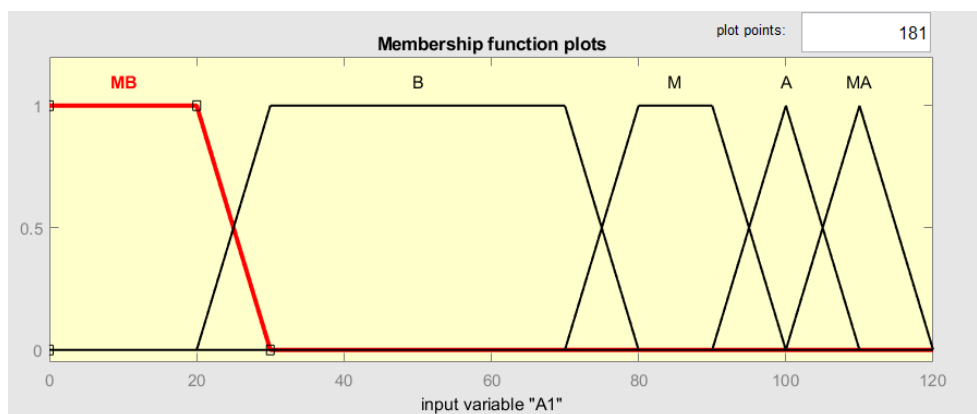


Figura 3.7 - Funções de pertença para a variável A1 (*Membership Function Editor no software Matlab*)

Sendo a variável A1 do tipo “quanto menor melhor” significa que os valores mais elevados que a métrica pode atingir representam situações mais graves, ou seja, mais importantes de analisar. Por essa razão, foram escolhidas funções triangulares, com intervalos de pertença pequenos, para representar a gravidade que os valores altos representam. Por sua vez, os valores médios e abaixo da média foram descritos por funções trapezoidais, com intervalos de pertença maiores, para dar indicação da preferência pelos valores mais baixos, uma vez que quanto mais baixos forem os valores das emissões médias de CO₂ (g/tkm) melhor.

Os parâmetros dos termos linguísticos da variável A1 encontram-se representados na tabela 3.8:

Tabela 3.8 - Parâmetros dos termos linguísticos da variável A1

Termos Linguísticos	A1 – Volume de emissões atmosféricas por ano
Muito Baixo (MB)	[0, 20, 30]
Baixo (B)	[20, 30, 70, 90]
Médio (M)	[70, 80, 90, 100]
Alto (A)	[90, 100, 110]
Muito Alto (MA)	[100, 110, 120]

- **Variável de entrada - A4**

No âmbito da atividade dos SL, esta métrica pretende quantificar o volume de resíduos valorizados nos armazéns, ou seja, a quantidade de materiais com destino final de reciclagem. Para tal foi determinada a percentagem de materiais reciclados face ao total de resíduos gerados nos armazéns, conforme representado na tabela 3.9.

Tabela 3.9 - % Materiais reciclados face ao total de resíduos gerados

Ano	% Materiais Reciclados
2016	48
2017	35
2018	18
2019	20
2020	9
Mínimo	9
Máximo	48
Média	26

Uma vez que variável A4 se representa sob a forma de percentagem, o seu domínio é definido pelo intervalo $[0,100]$. No entanto, para definir o domínio das funções de pertença da variável A4, pretende-se perceber o que é considerado um nível de reciclagem médio, alto, muito alto, etc. Para tal, consultou-se o documento “Estatísticas do Ambiente 2019” do Instituto Nacional de Estatística (INE) (INE, 2019) que apresenta um infográfico sobre a “Proporção da recolha indiferenciada e seletiva de resíduos urbanos sobre o total de RU recolhidos, em Portugal”. Com base na análise dos dados do infográfico foi possível perceber que em média apenas 18,46% dos resíduos são recolhidos de forma seletiva (tabela 3.10). Com base neste dado e sabendo que em média a percentagem de materiais reciclados nos armazéns da EDP face ao total de resíduos gerados corresponde a 26%, definiu-se que a função de pertença do termo linguístico “médio” deveria variar entre estes valores.

Tabela 3.10 - % Recolha seletiva de resíduos urbanos sobre o total de resíduos urbanos recolhidos, em Portugal [Adaptado de (INE, 2019)]

Anos	% Recolha Seletiva
2015	15,50
2016	16,50
2017	18,60
2018	20,40
2019	21,30
Média	18,46

Assim sendo, para a variável de entrada A4 foram definidas três funções de pertença trapezoidais e duas funções de pertença triangulares, conforme representado na figura 3.8.

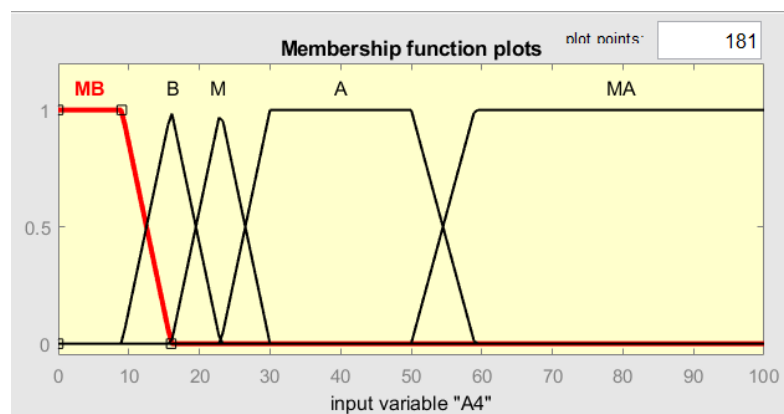


Figura 3.8 - Funções de pertença para a variável A4 (*Membership Function Editor no software Matlab*)

Sendo a variável A4 do tipo “quanto mais melhor” destacaram-se os termos “baixo” e “médio” através das funções triangulares, uma vez que estes valores correspondem a situações de alerta, onde é preciso intervir com o objetivo de implementar estratégias para aumentar a percentagem de materiais reciclados. Por sua vez, os valores correspondentes ao domínio do termo “muito baixo” não foram representados por uma função triangular, porque face ao contexto da EDP representado na tabela 3.9, em que o valor mínimo de reciclagem é de 9%, decidiu-se definir um intervalo de pertença maior, de modo considerar todos os valores abaixo de 9 “muito baixos”, por essa razão é que se escolheu a função trapezoidal para este intervalo. Por outro lado, também os termos “alto” e “muito alto” são representados por funções trapezoidais por corresponderem aos valores preferíveis para esta métrica.

Os parâmetros dos termos linguísticos da variável A4 encontram-se representados na tabela 3.11:

Tabela 3.11 - Parâmetros dos termos linguísticos da variável A4

Termos Linguísticos	A4 – Quantidade de materiais reciclados
Muito Baixo (MB)	[0, 9, 16]
Baixo (B)	[9, 16, 23]
Médio (M)	[16, 23, 30]
Alto (A)	[23, 30, 50, 59]
Muito Alto (MA)	[50, 59, 100]

- **Variável de entrada - A11**

No âmbito da atividade dos SL, esta métrica pretende quantificar a redução do volume de papel consumido em impressões nas atividades dos armazéns, face ao ano de 2016. Para calcular a redução do consumo de papel face ao ano de referência (2016) é necessário determinar o número total de impressões (preto e branco & cores) anuais nos armazéns, conforme representado na tabela 3.12.

Tabela 3.12 - Redução do Consumo de Papel face ao ano de 2016 (%)

Ano	Total Impressões (PB e Cores)	Redução do consumo de papel face ao ano de 2016 (%)
2016	413 883	0
2017	366 038	11,56
2018	401 164	3,07
2019	383 096	7,44
2020	333 998	19,30
	Mínimo	3,07
	Máximo	19,30
	Média	10,34

Uma vez os valores da variável A11 são expressos em percentagem, o seu domínio é definido pelo intervalo $[0,100]$. Sabe-se pela definição da métrica que quanto maior for a percentagem de redução do consumo de papel em impressões face ao ano de 2016 melhor. Assim sendo, tendo em conta as reduções de consumo ocorridas entre os anos de 2017 e 2020, foi possível calcular a redução média anual (10,34%), que representa um valor baixo face ao universo de discurso. Com base nisto, definiu-se que os 10,34% deveriam ser representados entre a função de pertença do termo linguístico “baixo” e “médio”.

Assim sendo, para a variável de entrada A11 foram definidas quatro funções de pertença trapezoidais e uma função de pertença triangular, conforme representado na figura 3.9.

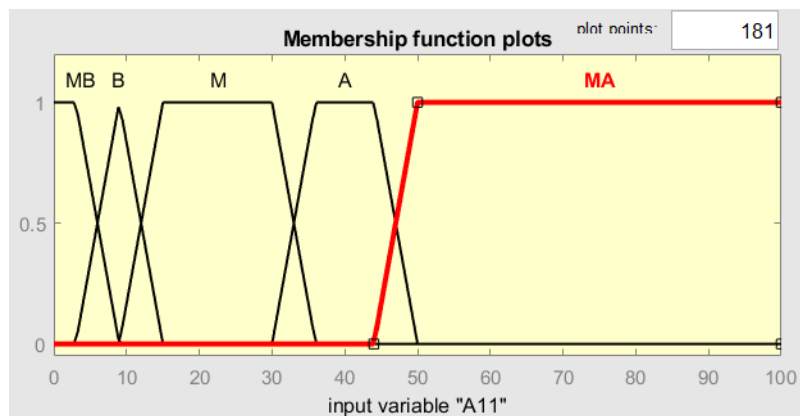


Figura 3.9 - Funções de pertença para a variável A11 (*Membership Function Editor no software Matlab*)

Sendo a variável A11 do tipo “quanto mais melhor” houve a necessidade de destacar o termos linguístico “baixo” através de uma função triangular, dado que estes valores correspondem a reduções no consumo de papel pouco significativas, pelo que devem ser definidos planos de ação, para que a redução do consumo de papel seja cada vez mais uma realidade. Por sua vez, os valores correspondentes ao domínio do termo “muito baixo” não se representaram através de uma função triangular, porque face ao contexto da EDP representado na tabela 3.12, em que o valor mínimo de reciclagem é de 3,07%, decidiu-se definir um intervalo de pertença maior, de modo considerar todos os valores abaixo de 3 como “muito baixos”,

por essa razão é que se escolheu a função trapezoidal para este intervalo. Por sua vez, os termos “alto” e “muito alto” também se representam por funções trapezoidais por corresponderem aos valores preferíveis para esta métrica.

Os parâmetros dos termos linguísticos da variável A11 encontram-se representados na tabela 3.13:

Tabela 3.13 - Parâmetros dos termos linguísticos da variável A11

Termos Linguísticos	A11 – Papel consumido na operação
Muito Baixo (MB)	[0, 3, 9]
Baixo (B)	[3, 9, 15]
Médio (M)	[9, 15, 30, 36]
Alto (A)	[30, 36, 44, 50]
Muito Alto (MA)	[44, 50, 100]

- **Variável de entrada - E17**

No âmbito da atividade dos SL, esta métrica pretende monitorizar o não cumprimento dos prazos de entrega dos pedidos de compra, por parte dos fornecedores externos. Para tal foi determinado o número médio de semanas de atraso por parte dos fornecedores num ano, conforme representado na tabela 3.14.

Tabela 3.14 - Número médio de semanas de atraso dos fornecedores num ano

Ano	Atraso médio (sem)
2019	5,62
2020	3,07
Mínimo	0
Máximo	38,32
Média	3,25

O domínio da variável E17 é definido pelo intervalo [0,39], que se determinou com base nos valores do KPI apresentado na tabela 3.14. Porém, para definir o domínio das funções de pertença da variável E17, foram consultados os colaboradores dos SL, através dos quais foi possível perceber que o atraso máximo numa situação ideal não deveria ultrapassar 1 semana, e que um atraso de 4 semanas ou mais, deveria ser considerado um incumprimento alto.

Assim sendo, para a variável de entrada E17 foram definidas três funções de pertença trapezoidais e duas funções de pertença triangulares, conforme representado na figura 3.10.

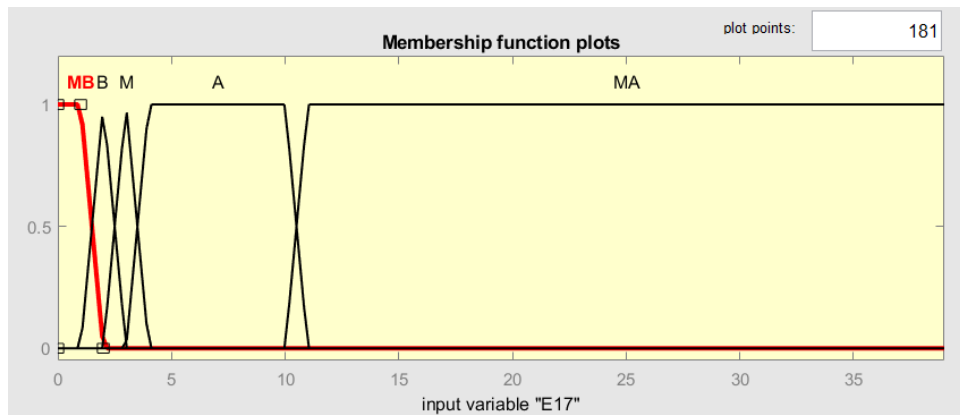


Figura 3.10 - Funções de pertença para a variável E17 (*Membership Function Editor no software Matlab*)

Sendo a variável E17 do tipo “quanto menor melhor” significa que os valores mais elevados (“alto” e “muito alto”) que a métrica pode atingir representam situações mais graves, que foram descritas por funções trapezoidais, com intervalos de pertença maiores, para dar indicação da não preferência pelos atrasos superiores a 4 semanas. Por sua vez, os valores correspondentes ao domínio do termo “baixo” e “médio” foram representados por funções triangulares, com intervalos de pertença pequenos, para representar situações mais específicas. Sabendo que em média o número médio de semanas de atraso dos fornecedores num ano corresponde a 3,25 semanas, definiu-se que a função de pertença do termo linguístico “médio” deveria conter este valor e que o termo linguístico “baixo” se deveria situar entre 1 e 3 semanas de atraso. Por sua vez, o termo linguístico “muito baixo”, que se representou por uma função trapezoidal, considera todos os valores abaixo de 1 semana de atraso, que representam uma situação ideal, em que a entrega ocorre na data prevista ou no máximo com 1 semana de atraso.

Os parâmetros dos termos linguísticos da variável E17 encontram-se representados na tabela 3.15:

Tabela 3.15 - Parâmetros dos termos linguísticos da variável E17

Termos Linguísticos	E17 – Incumprimento dos prazos de entrega (dos fornecedores externos)
Muito Baixo (MB)	[0, 1, 2]
Baixo (B)	[1, 2, 3]
Médio (M)	[2, 3, 4]
Alto (A)	[3, 4, 10, 11]
Muito Alto (MA)	[10, 11, 39]

- **Restantes variáveis de entrada e saída**

O domínio das restantes variáveis de entrada (E14, E16, S2, S3, S4) e variáveis de saída (SA, SS, SE, ISG) é definido pelo intervalo [0,100], uma vez que os valores das variáveis são expressos em percentagem. No domínio destas variáveis não existe um conjunto de valores que necessite de ser destacado face ao universo de discurso. Por esse motivo, para cada uma

destas variáveis foram definidas cinco funções de pertença triangulares simétricas, conforme representado na figura 3.11, para o caso da variável de entrada E14.

De seguida, serão descritas e apresentadas apenas as funções de pertença da variável E14, sendo que as restantes variáveis se caracterizam exatamente da mesma forma.

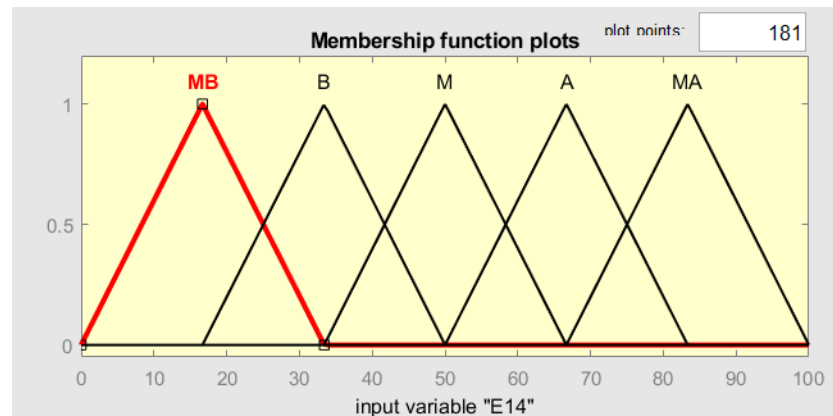


Figura 3.11 - Funções de pertença para a variável E14 (*Membership Function Editor* no software *Matlab*)

Sendo as variáveis anteriormente mencionadas do tipo “quanto maior melhor” e não existindo um critério para dar mais importância a um conjunto de valores do que a outros, a importância será dada exclusivamente pelas regras de inferência, sendo o objetivo das mesmas sempre a maximização. Assim sendo, os parâmetros dos termos linguísticos destas variáveis foram descritos por funções triangulares, com intervalos de pertença iguais, conforme representado na tabela 3.16:

Tabela 3.16 - Parâmetros dos termos linguísticos das restantes variáveis de entrada e saída

Termos Linguísticos	Restantes variáveis de entrada e saída
Muito Baixo (MB)	[0, 16.67, 33.4]
Baixo (B)	[16.67, 33.4, 50.01]
Médio (M)	[33.4, 50.01, 66.68]
Alto (A)	[50.01, 66.68, 83.35]
Muito Alto (MA)	[66.68, 83.35, 100]

3.3.2.3. Passo 3: Criação das regras de inferência

As regras de conhecimento são utilizadas para modelar os aspetos qualitativos do conhecimento humano sem empregar análises quantitativas precisas. Deste modo é possível afirmar que as regras, frequentemente expressas como regras “IF – THEN”, constituem uma das partes mais importantes do modelo FIS (Pourjavad & Mayorga, 2019).

As regras de conhecimento têm duas partes e podem ser configuradas sob a forma “SE <antecedente> – ENTÃO <consequente>” (ver equação 3.16), que descreve a dependência de uma variável em relação à outra, e em que o antecedente se refere às variáveis de entrada

(*input*) e o conseqüente aos resultados, ou seja, ao valor das variáveis de saída (*output*) (Pourjavad & Mayorga, 2019).

$$R: SE (x_1 \text{ é } A_1) E (x_2 \text{ é } A_2) E \dots ENTÃO y \text{ É } B \quad (\text{eq. 3.16})$$

Onde A e B são conjuntos difusos de entrada e saída respectivamente, e *x* e *y* variáveis linguísticas de entrada e saída respectivamente.

Criadas as funções de pertença para cada módulo FIS, segue-se a definição das regras de inferência *fuzzy* para converter os conjuntos difusos de entrada em conjuntos difusos de saída. Uma vez que cada FIS é constituído por três variáveis *input* e cinco funções de pertença, têm de ser criadas 125 (5^3) regras (ver equação 3.17) para converter as variáveis *fuzzy* de entrada em variáveis *fuzzy* de saída. Para além disso, ainda é necessário definir o tipo de conexão ("E" ou "OU") entre as variáveis de entrada e saída. Para a proposta apresentada, optou-se por utilizar exclusivamente o operador lógico "E".

$$\text{n}^\circ \text{ regras} = \text{n}^\circ \text{ funções de pertença}^{\text{n}^\circ \text{ variáveis de entrada}} \quad (\text{eq. 3.17})$$

Assim sendo, ao todo, para os 4 FIS, terão que ser criadas 500 regras, como demonstrado na tabela 3.17.

Tabela 3.17 - Número de regras para cada FIS

FIS	Funções Pertença	Inputs	Outputs	Regras
FIS 1	5	3	1	125
FIS 2	5	3	1	125
FIS 3	5	3	1	125
FIS 4 = FIS Final	5	3	1	125
			Total	500

O processo de criação das regras de inferência teve por base a definição de objetivos para cada variável de entrada (minimização/maximização) e a definição de uma estratégia para definir de que forma é que as variáveis de saída são afetadas pelas variáveis de entrada. Sendo as variáveis de saída a sustentabilidade ambiental, social, económica e o índice de sustentabilidade geral, o seu objetivo será sempre a maximização. Posto isto, é importante perceber, o que é que significa ter uma sustentabilidade ou um índice de sustentabilidade "muito alto", "alto", "médio", "baixo" ou "muito baixo". Por outro lado, também é importante perceber o peso que as variáveis *input* terão nas variáveis *output*.

As variáveis podem ter como objetivo a maximização da métrica em análise ("quanto maior melhor") ou por outro lado a sua minimização ("quanto menor melhor"). Isto significa que para as variáveis cujo objetivo é a maximização, o termo linguístico "muito alto" descreve

os melhores resultados, enquanto que para as variáveis linguísticas cujo objetivo é minimizar os resultados, o termo linguístico que melhor descreve estas situações será o “muito baixo”. Assim sendo, foram atribuídos valores de 1 a 5 aos termos linguísticos pelos quais se descrevem as variáveis, de acordo com o seu objetivo. O valor 5 expressa sempre a melhor situação, quando o objetivo da variável é a maximização, corresponde ao termo linguístico “muito alto”; por outro lado, quando o objetivo da variável é a minimização, o valor 5 já corresponde ao termo linguístico “muito baixo”, conforme representado na tabela 3.18.

Tabela 3.18 - Escala dos termos linguísticos em função do objetivo da variável

Termo Linguístico	Objetivo da variável	
	Maximização	Minimização
Muito Alto (MA)	5	1
Alto (A)	4	2
Médio (M)	3	3
Baixo (B)	2	4
Muito Baixo (MB)	1	5

Assim sendo, tendo em conta o raciocínio apresentado e sabendo que a estratégia adotada considera que todas as variáveis de entrada têm o mesmo peso no cálculo das variáveis *output*, estas podem assumir valores entre 3 e 15, uma vez que resultam da combinação de três variáveis de entrada que podem assumir valores entre 1 e 5 consoante os termos linguísticos que as caracterizem. Com base nisto, foram definidas cinco condições, com o objetivo de indicar o termo linguístico das variáveis *output*, consoante o intervalo de valores que estas poderão assumir, sendo que os intervalos de pertença dos níveis “alto” e “muito alto” são mais restritos, de modo a limitar as situações para as quais se poderá considerar a sustentabilidade geral/ particular “alta” ou “muito alta”.

1. Muito Alto: \sum variáveis *input* = [14, 15]
2. Alto: \sum variáveis *input* = [12, 13]
3. Médio: \sum variáveis *input* = [9, 11]
4. Baixo: \sum variáveis *input* = [6, 8]
5. Muito Baixo: \sum variáveis *input* = [3, 5]

Considerando as variáveis *input* da fase II, que têm todas como objetivo a maximização, se o nível da sustentabilidade ambiental for “alto” (valor 4, de acordo com a escala dos termos linguísticos representada na tabela 3.18) e o da sustentabilidade económica “muito baixo” (valor 1) e o da sustentabilidade social “médio” (valor 3), então o índice de sustentabilidade geral (*output*), terá um valor de 8 que corresponde ao termo linguístico “baixo”, segundo as condições apresentadas. A regra que representa esta exemplo é a seguinte (ver anexo E - Regras Índice Sustentabilidade Geral):

R48: SE (SA é Alto) E (SE é Muito Baixo) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Baixo)

O mesmo raciocínio foi seguido para a criação das restantes regras para de cada um dos FIS, que por sua vez se encontram representadas no anexo E.

3.3.2.4. *Passo 4: Seleção do método de inferência*

Existem diversas técnicas de modelação da lógica difusa (modelo *Mamdani*, modelo de equações relacionais, modelo *Takagi–Sugeno–Kang*) que diferem essencialmente na forma do consequente, sendo que o antecedente se refere sempre a um conjunto difuso (Pourjavad & Mayorga, 2019).

O método de inferência a utilizar para modelar o sistema *fuzzy* proposto é o método *Mamdani*, uma vez que tanto antecedente como o consequente são conjuntos difusos e por ser uma das técnicas mais utilizadas em problemas de tomada de decisão. O *output* do método *Mamdani* é obtido através de um processo de desfuzzificação aplicado ao conjunto difuso do consequente (Pourjavad & Mayorga, 2019).

3.3.2.5. *Passo 5: Seleção do método de desfuzzificação*

O processo de desfuzzificação, que constitui a última fase do FIS, transforma o *fuzzy output* em *crisp output*. Existem várias abordagens de desfuzzificação, como *Centroid of Area method* (COA) ou *Center of Gravity* (COG), *Bisector of Area* (BOA), *Mean of Maximum method* (MOM), *Smallest of Maximum method* (SOM), *Largest of Maximum method* (LOM) (Pourjavad & Mayorga, 2019).

O método de desfuzzificação mais utilizado entre os autores é o método Centroide da Área ou Centro de Gravidade, que se calcula segundo a equação 3.18, pelo que será este o método a utilizar para o processo de desfuzzificação.

$$Z_{COA} = \frac{\int_z u_A(Z) \cdot Z \, dz}{\int_z u_A(Z) \, dz} \quad (\text{eq. 3.18})$$

3.3.3. Aplicação do Sistema *Fuzzy* para determinação do ISG

A determinação de um ISG requer a seleção dos KPIs, significativos e adequados à realidade da empresa, através do modelo híbrido AHP-TOPSIS. Definidas as variáveis de entrada (*inputs*) e de saída (*outputs*) para cada KPI selecionado, determinadas as funções de pertinência e as regras de inferência, e identificados os métodos de inferência e desfuzzificação, é possível proceder à aplicação do sistema *fuzzy* proposto para a determinação do ISG.

Para a modelação do ISG, recorreu-se ao software *Matlab R2021a*, nomeadamente à ferramenta *Fuzzy Logic Designer* (ver figura 3.12), que se destina à modelação de sistemas de inferência *fuzzy*.

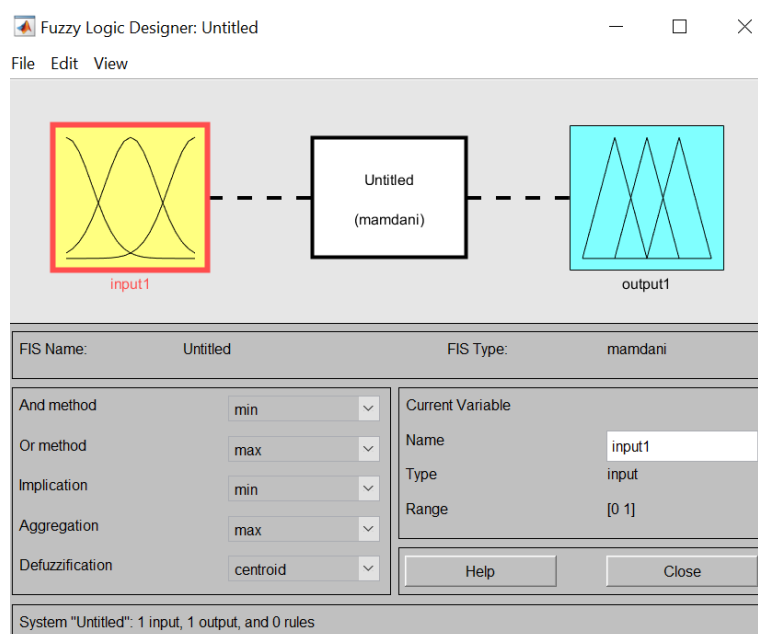


Figura 3.12 - Ferramenta *Fuzzy Logic Designer* no software *Matlab*

Como se pode verificar pela figura 3.12 e tal como referido na secção 3.3.2.4, a técnica de modelação *fuzzy* a utilizar deve ser o método Min-Max de *Mamdani*, e o método de desfuzzificação deve ser o método do Centro de Gravidade ou Centroide, como referido na secção 3.3.2.5.

No *Matlab* existem duas ferramentas associadas às regras de inferência, o *Rule Editor* onde se criam as regras e o *Rule Viewer* onde se visualiza o comportamento detalhado do FIS. No *Rule Editor* ao criar as regras é necessário definir o tipo de conexão (“E” ou “OU”) entre as variáveis de entrada e saída, como se pode verificar na figura 3.13. Para a proposta apresentada, optou-se por utilizar exclusivamente o operador lógico “E”.

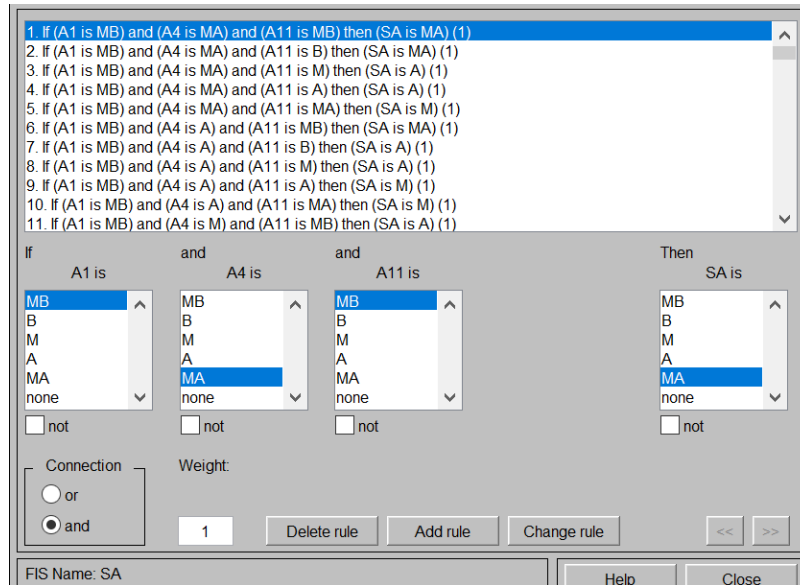


Figura 3.13 - Base de regras de inferência no *Rule Editor*

Construído o sistema de inferência *fuzzy* é possível atribuir valores numéricos às variáveis de entrada no *Rule Viewer*, que por sua vez gera o valor da variável de saída, como demonstrado no exemplo da figura 3.14. Este processo tem de ser repetido individualmente para cada FIS, o que significa que para o decisor obter o valor do ISG, tem que realizar este processo todo para os FIS 1,2 e 3, recolher os valores de saída desses sistemas e depois introduzi-los como valores de entrada no FIS Final.

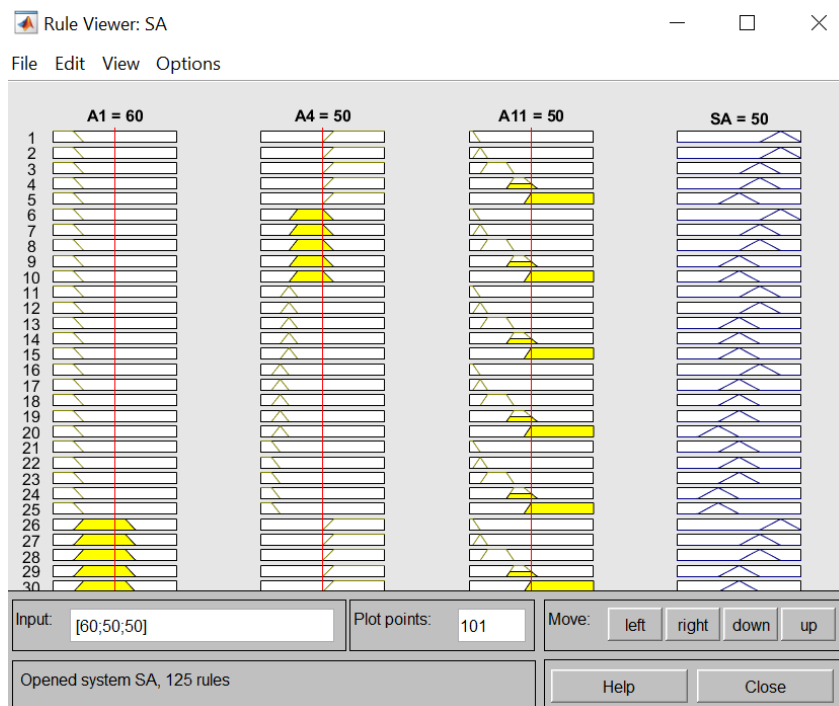


Figura 3.14 - Processo de Inferência no *Rule Viewer*

Criados e configurados todos os FIS, recorreu-se à ferramenta Simulink do software Matlab, que serve para modelar, simular e analisar sistemas dinâmicos, para criar um modelo como o que se propôs na figura 3.6.

A criação de um modelo através do *Simulink* surge com o intuito de facilitar o trabalho do decisor, uma vez que desta forma será possível introduzir os valores de entrada para todas as variáveis das três dimensões da sustentabilidade em simultâneo e obter o valor dos *outputs* da fase I e da fase II ao mesmo tempo e de forma automatizada. Este processo vem simplificar a modelação do ISG, uma vez que elimina algumas etapas repetitivas, como aquelas que se tinham de realizar no *Rule Viewer*, conseqüentemente reduz o tempo total necessário ao processo de modelação e oferece resultados mais fidedignos.

ESTUDO DE CASO

O presente capítulo consiste na apresentação e caracterização do Estudo de Caso e do Grupo Empresarial onde o estudo de caso foi conduzido. Desta forma, o capítulo inicia com uma apresentação geral ao Grupo EDP, seguindo-se uma descrição da EDP Global Solutions com destaque para a Direção dos Serviços de Logística (SL). Por outro lado, será aplicada a metodologia proposta no capítulo 3, com aplicação ao presente estudo de caso. Neste sentido, através da apresentação dos dados recolhidos e dos resultados da sua aplicação, será possível testar e validar a aplicabilidade do modelo proposto.

4.1. Grupo EDP

O Grupo Energias de Portugal (EDP), S.A é uma *utility* multinacional verticalmente integrada, com sede em Portugal, que se destaca como o maior grupo industrial português e um dos maiores operadores europeus no setor da energia. Ao longo dos seus 40 anos de história, o Grupo EDP tem vindo a cimentar uma presença relevante no panorama energético mundial, estando presente em 29 países e 4 continentes (EDP, 2021g). O Grupo EDP é um operador de soluções energéticas, constituído por um conjunto de empresas que desenvolvem as suas atividades, por um lado, nas áreas da produção, transporte, distribuição e comercialização de energia elétrica e comercialização de gás natural, e por outro lado, empresas que trabalham na prestação de serviços de suporte ao seu desenvolvimento. Para além destas empresas, o Grupo EDP é, ainda, detentor de Fundações em Portugal e Espanha e de um Instituto no Brasil (EDP, 2021h).

O Grupo EDP destaca-se na linha da frente da inovação e nas energias renováveis, marcando presença em toda a cadeia de valor da eletricidade e na atividade de comercialização de gás (EDP, 2021g). Tem como compromisso atingir metas ainda mais ambiciosas nas energias limpas e para tal conta com mais de 12 mil colaboradores, que se fazem representar num total de 44 nacionalidades distintas e que diariamente contribuem para a satisfação dos mais de 12 milhões de clientes do grupo (EDP, 2021d).

A Cadeia de Valor do Grupo EDP, representada na figura 4.1 é composta por quatro setores principais: Setor Elétrico, Setor do Gás, Suporte Transversal e Outras Áreas. Estes setores são todos suportados pela “Empresa-Mãe” ou “Holding” que visa ser “uma empresa global de energia, líder em criação de valor, inovação e sustentabilidade” (EDP, 2021j), tendo como responsabilidade a gestão global do Grupo, que passa pela definição da estratégia global, coordenação das várias empresas e monitorização da gestão económico-financeira, da comunicação da marca, dos recursos humanos, entre outros (EDP, 2021c).



Figura 4.1 - Empresas do Grupo EDP distribuídas por área de atuação

A primeira atividade da cadeia de valor do setor energético é a produção de eletricidade, a partir de recursos de origem renovável (água, vento e sol) e de origem não renovável (carvão, gás natural, nuclear e cogeração). A energia produzida é depois entregue à rede de transporte, que canaliza a mesma para a rede de distribuição, a qual irá possibilitar o escoamento da energia para os pontos de abastecimento (ligação da rede de transporte até aos clientes finais). A última etapa corresponde à comercialização da energia elétrica, que é fornecida tanto no mercado liberalizado como no mercado regulado (EDP, 2021f).

A EDP é o maior produtor de eletricidade em Portugal, o terceiro maior produtor ibérico e o quinto maior operador privado no Brasil. Relativamente à distribuição da energia produzida, a empresa tem a sua atividade presente em três grandes geografias (Portugal, Espanha e Brasil) através de uma rede com mais de 246 mil km. No que diz respeito à comercialização de eletricidade, a empresa possui clientes nestas três geografias, à exceção da comercialização do gás, onde a presença é apenas ibérica (EDP, 2021f).

O Grupo EDP tem como principal missão liderar a transição energética, sendo que a sua estratégia assenta em três eixos principais: renováveis, redes, serviços de clientes e gestão de energia, que pretendem contribuir para um crescimento acelerado e sustentável, tornando

a organização voltada para o futuro e excelência ao nível ESG – *Environmental, Social and Governance* (EDP, 2021e). Por outro lado, o grupo integra na sua cultura valores e compromissos com a inovação (criação de valor nas várias áreas de atuação), a sustentabilidade (melhoria da qualidade de vida das gerações atuais e futuras) e a humanização (construção de relações genuínas e de confiança com os colaboradores, clientes, parceiros e comunidades) (EDP, 2021a).

4.2. EDP Global Solutions

A EDP Global Solutions (EDP GS) é uma empresa global de serviços de suporte ao negócio do Grupo EDP, que se insere no setor dos Serviços Partilhados, dentro da Cadeia de Valor da EDP (EDP, 2021i). A prestação de serviços de suporte desenvolvida pela EDP GS abrange várias áreas (melhoria contínua, recursos humanos, atividades logísticas, riscos seguráveis, entre outros) e um conjunto alargado de clientes, constituído maioritariamente por empresas do Grupo EDP.

A sua estrutura organizativa é composta por 1 conselho de administração (CA) e 10 direções autónomas (DMC, DRH, DPC, DPP, H2R, R2R, SC, SL, UPG, URS), que se dividem em três funções: i) de suporte; ii) corporativas; e iii) de negócio, como apresentado na figura 4.2.

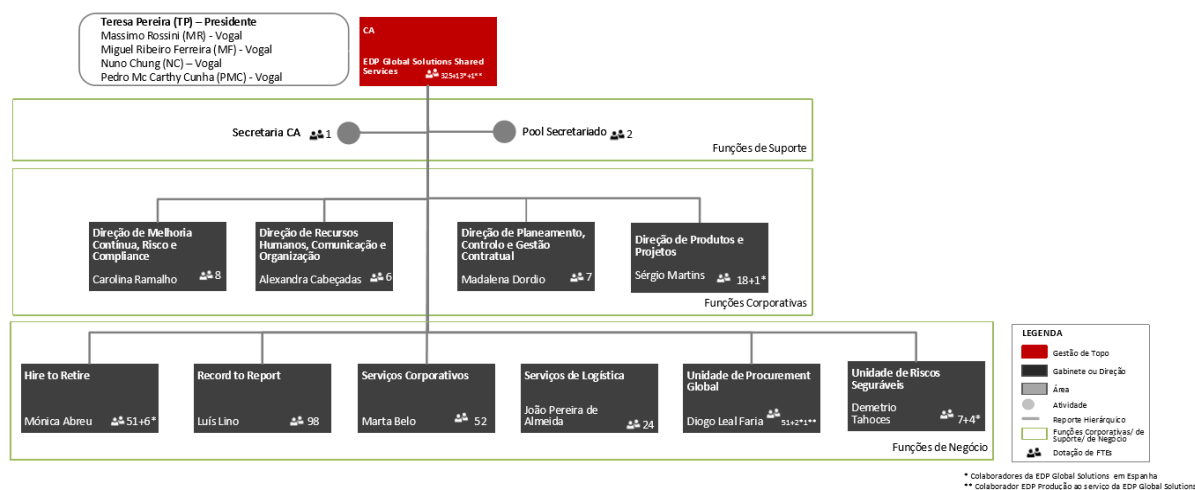


Figura 4.2 - Estrutura Organizativa da EDP Global Solutions

4.2.1. Direção dos Serviços de Logística

A Direção dos Serviços de Logística (SL) da EDP GS, responsabiliza-se por gerir as operações e atividades logísticas do Grupo EDP, devendo garantir a fiabilidade da entrega ao utilizador final em tempo útil, dos armazéns e stocks e, do serviço de transportes de materiais

(EDP, 2021b). Os principais clientes internos desta direção são a E-Redes, a EDP Produção, a EDP Renováveis e a EDP Comercial.

A estrutura organizativa da Direção dos SL, apresentada na figura 4.3, encontra-se dividida em 2 grandes áreas (Gestão de Stocks e Gestão de Operações), que se subdividem em 4 unidades operativas (Gestão de Materiais, Gestão Contratual e de Fornecimento, Gestão de Armazéns e Gestão de Transportes e Equipamentos). Para além das unidades operativas, existe uma atividade transversal a toda a Direção dos SL, que é o Apoio de Gestão e Novos Projetos, na qual se insere o projeto da presente dissertação.

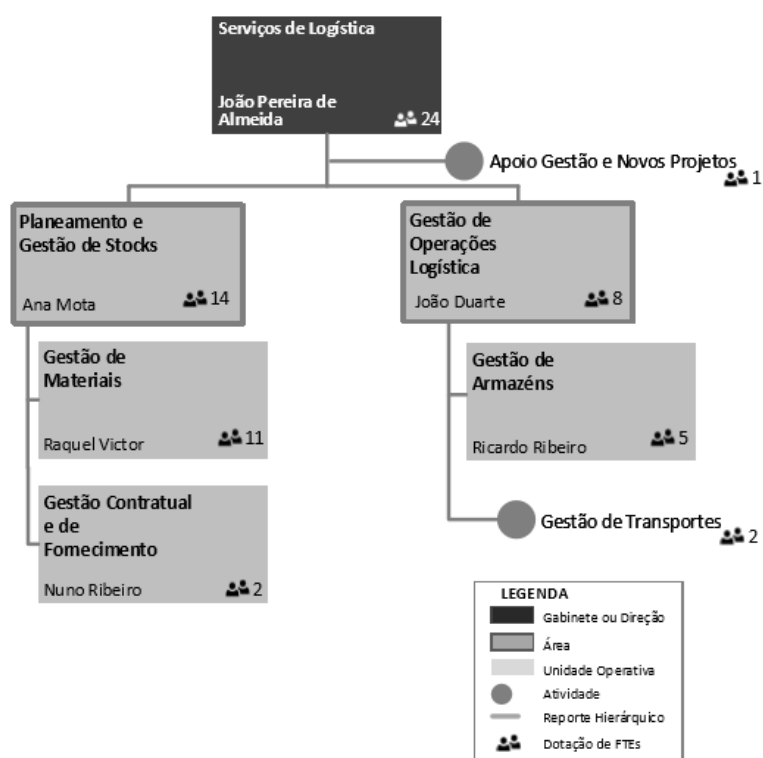


Figura 4.3 - Estrutura Organizativa da Direção dos Serviços de Logística

4.3. Caracterização inicial da organização

O grupo EDP é uma empresa globalmente comprometida com os desafios do desenvolvimento sustentável e pertence, há 13 anos consecutivos, ao topo das empresas mais sustentáveis do mundo. Assim sendo, todas as empresas do grupo e respetivas direções devem ter preocupações sustentáveis no seio das suas atividades.

A Direção dos Serviços de Logística pretende tornar a sua gestão, no âmbito das suas operações e atividades logísticas, numa gestão sustentável. Isto significa que a gestão dos fluxos de materiais e informações, assim como a colaboração entre as empresas ao longo da cadeia de abastecimento, deve ter em conta as três dimensões do desenvolvimento sustentável:

o impacto económico, ambiental e social. De modo a atingir uma gestão sustentável, os SL têm como objetivo implementar KPIs capazes de monitorizar a sua atividade, tendo em conta os parâmetros da sustentabilidade.

A medição do desempenho permitirá aos SL melhorar a sua vantagem competitiva, através da minimização de desperdícios e otimização das atividades que influenciam negativamente a sustentabilidade geral. Para tal é necessário definir e implementar KPIs capazes de identificar essas atividades, de modo a concentrar os recursos necessários nas mesmas.

Como ponto de partida, começou-se por explorar detalhadamente as atividades das áreas dos SL, com o objetivo de perceber se os impactos sustentáveis estavam a ser monitorizados e se sim, de que forma (verificação do estado de monitorização da sustentabilidade). Após a realização de algumas reuniões com os responsáveis de cada área, verificou-se que as preocupações existentes focam maioritariamente em aspetos financeiros e sociais, sendo que a vertente ambiental é pouco ou nada explorada. Para além disso, é importante salientar a falta de um conhecimento transversal sobre os impactos sustentáveis das atividades dos SL, que caso existisse permitiria um entendimento adequado de como integrar a sustentabilidade no seio das suas atividades. Este será o objetivo de estudo da presente dissertação, propor um conjunto de KPIs adequados à realidade da empresa e com os mesmos criar uma ferramenta (ISG) capaz de analisar todo o desempenho sustentável das atividades dos SL de forma fácil e eficaz, gerando assim um conhecimento transversal sobre os impactos sustentáveis.

4.4. Recolha de dados

No presente estudo de caso foi necessário recorrer a várias técnicas de recolha de dados: entrevistas semiestruturadas, questionários e documentação da empresa, que foram aplicados consecutivamente de modo a potencializar cada técnica. Esta combinação de métodos quantitativos e qualitativos define-se como triangulação metodológica intermétodo.

A metodologia proposta para o presente estudo de caso apresentada no capítulo 3, inicia com a recolha de dados qualitativos (identificação de KPIs na literatura científica) e com a realização de entrevistas semiestruturadas que têm como objetivo a apresentação de um questionário (método quantitativo) e a recolha de informação complementar por parte dos inquiridos (método qualitativo). Seguindo-se a construção dos questionários referentes aos modelos de decisão através dos dados recolhidos durante as entrevistas. Por fim, a recolha de dados e documentação da empresa caracteriza-se como processo quantitativo.

O processo de recolha de dados iniciou com a identificação de KPIs aplicáveis a cadeias de abastecimento sustentáveis na literatura científica, tendo em conta as três dimensões do desenvolvimento sustentável, conforme mencionado na secção 3.1. Ao todo foram recolhidos 69 KPIs capazes de avaliar o desempenho sustentável, os quais se encontram listados na tabela 2.2 da secção 2.9.3. Pretende-se que a seleção dos KPIs relevantes para a atividade da empresa,

seja feita através do modelo AHP-TOPSIS, modelo proposto para a resolução do presente estudo de caso.

Identificados os KPIs, os mesmos foram apresentados ao gestor de topo dos SL e à área de Apoio de Gestão e Novos Projetos, com o intuito de perceber se os mesmos cobriam as atividades dos SL da EDP GS. Durante a reunião foi debatida a possibilidade de se especificar alguns dos KPIs, de modo a analisar o contexto específico em que os mesmos possam vir a ser relevantes. Para tal, foi sugerido o desdobramento de 3 KPIs da dimensão ambiental e 2 KPIs da dimensão social, conforme apresentado na tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Especificação de KPIs

Dimensão	KPI	Especificação de KPIs
Ambiental	Veículos movidos a energia renovável, eletricidade e gás natural (%)	Veículos movidos a energia renovável, eletricidade e gás natural (%) - deslocações de colaboradores
		Veículos movidos a energia renovável, eletricidade e gás natural (%) - transportes de mercadorias
	Consumo de combustível	Consumo de combustível – deslocações de colaboradores
		Consumo de combustível - transportes de mercadorias
Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001	Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Transportador	
	Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Operador 3PL	
	Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Fornecedores de Materiais	
Social	Taxa de rotatividade dos colaboradores	Taxa de rotatividade dos colaboradores dos SL Taxa de rotatividade dos colaboradores do 3PL
	Taxa de acidentes	Taxa de acidentes dos colaboradores dos SL Taxa de acidentes nos armazéns do 3PL

Considerando o KPI “Veículos movidos a energia renovável, eletricidade e gás (%)” como exemplo, o principal objetivo da sugestão apresentada é perceber em que contexto é importante avaliar este indicador, se na ótica dos colaboradores dos SL ou na ótica dos transportadores de mercadoria contratados. Por esse motivo, criou-se o KPI “Veículos movidos a energia renovável, eletricidade e gás natural (%) - deslocações de colaboradores” para determinar a percentagem de colaboradores que utilizam um veículo sustentável e o KPI “Veículos movidos a energia renovável, eletricidade e gás natural (%) - transportes de mercadorias” para determinar a percentagem de transportadores de mercadorias contratados que trabalham com veículos sustentáveis.

Posto isto, os 5 KPIs selecionados para o desdobramento deram origem a 11 KPIs, o que significa que serão acrescentados 6 novos KPIs à lista de indicadores inicialmente apresentada, ficando a mesma constituída por um total de 75 KPIs. Desta forma torna-se indispensável proceder a uma pré-seleção dos KPIs identificados, antes da aplicação do modelo TOPSIS, dado que o processo de avaliação do desempenho de uma empresa deve ser feito com base num número reduzido de KPIs.

4.4.1. Pré-seleção de KPIs

O processo de pré-seleção de KPIs pretende reduzir significativamente a lista dos 75 KPIs, segundo a metodologia apresentada na secção 3.1.1, de modo a excluir todos os indicadores cuja média geométrica seja inferior ao valor limite definido para o presente estudo de caso ($x = 4$). Isto significa, que através do processo de pré-seleção só serão selecionados os KPIs relevantes ou muito relevantes para a atividade dos SL da EDP GS.

Para a execução da pré-seleção dos KPIs, foram realizadas entrevistas semiestruturadas aos colaboradores dos SL, que conforme referido anteriormente é uma técnica frequentemente utilizada para discutir a relevância dos indicadores recolhidos da literatura. Posto isto, as entrevistas tiveram por base o questionário do anexo A e realizaram-se com o objetivo de apresentar o conjunto de KPIs recolhidos da literatura e de avaliar o grau de relevância dos mesmos na ótica dos inquiridos. O facto de se tratar de uma entrevista semiestruturada permitiu que o questionário fosse respondido ao longo da entrevista e que os inquiridos esclarecessem quaisquer dúvidas em relação aos KPIs apresentados, ao mesmo tempo que podiam propor outros indicadores, de modo a completar qualquer uma das áreas da sustentabilidade, com base no seu conhecimento da empresa.

O painel de inquiridos selecionado para o presente estudo de caso, conta com colaboradores das diferentes unidades operativas dos SL e com representatividade nos vários níveis hierárquicos. Ao longo das entrevistas foram recolhidas informações sobre cada um dos inquiridos, de modo a descrever cada colaborador segundo as funções desempenhadas, os anos de experiência no grupo EDP, a área onde trabalha e as empresas cliente, dentro do grupo EDP, com que trabalha diariamente, como demonstrado na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Caracterização do Painel de Inquiridos

Funções desempenhadas	Anos de experiência	Área onde trabalha	Empresas com que trabalha
Diretor	14	Logística	Transversal
Sub-Diretor	33	Gestão de Materiais	Transversal
Gestor Operacional	11	Gestão de Armazéns e Transportes	Transversal
Técnico Superior Especialista	5	Gestão de Materiais e Apoio de Gestão a Novos Projetos	Transversal
Técnico Superior Especialista	5	Apoio de Gestão a Novos Projetos	Transversal
Técnico Superior Especialista	12	Gestão de Materiais	E-Redes, EDP Produção
Técnico Superior Especialista	3	Gestão de Armazéns	E-Redes, EDP Renováveis
Técnico Superior	3	Gestão de Armazéns e Transportes	EDP Produção

Nota: A designação "Transversal" diz respeito a todas as empresas cliente dos SL da EDP GS, nomeadamente: E-Redes, EDP Produção, EDP Renováveis e EPD Comercial

As entrevistas foram agendadas individualmente com cada um dos inquiridos mencionados na tabela 4.2, de acordo com a sua disponibilidade, entre os dias 3 e 10 de maio de 2021, durante os quais se realizaram todas as entrevistas por videoconferência. Durante as entrevistas foram apresentados os KPIs recolhidos da literatura (tabela 2.2), sob a forma do questionário do anexo A, através do qual se pretende avaliar a relevância desses KPIs para a atividade dos SL, de acordo com uma escala de 1 a 5 (tabela 3.1).

Decorridas as entrevistas, através das quais se obtiveram as respostas aos questionários, é possível iniciar a análise e tratamento dos dados, que se encontram representados no anexo A, segundo a metodologia indicada na secção 3.3.1. Metodologia esta que atribui igual importância a todas as respostas, independentemente do nível hierárquico em que o inquirido se insere. Assim sendo, é calculada a média geométrica individual para cada KPI, tendo em conta o grau de relevância atribuído por cada inquirido. De seguida, o objetivo é selecionar apenas os KPIs relevantes para a atividade da empresa, pelo que serão excluídos todos os KPIs com média geométrica inferior 4 (ver equação 3.1), ou seja, só serão pré-selecionados os KPIs considerados relevantes ou muito relevantes (média geométrica ≥ 4).

Deste processo, resulta um modelo com 24 KPIs, os quais se encontram identificados com um asterisco (*) no anexo A. A este modelo serão adicionados 12 KPIs propostos pelos inquiridos durante as entrevistas. Deste modo, os KPIs obtidos através da pré-seleção e das entrevistas perfazem um total de 36 KPIs, dos quais 11 pertencem à perspetiva ambiental, 4 à perspetiva social e 21 à perspetiva económica da sustentabilidade, conforme representado na tabela 4.3.

Tabela 4.3 - KPIs pré-selecionados e KPIs propostos nas entrevistas

Dimensão	KPI	Origem
Ambiental	A1 - Volume de emissões atmosféricas por ano	Literatura
	A2 - Quantidade de resíduos gerados	Literatura
	A3 - Quantidade de materiais reutilizados	Literatura
	A4 - Quantidade de materiais reciclados	Literatura
	A5 - Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Transportador	Literatura
	A6 - Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Operador 3PL	Literatura
	A7 - Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Fornecedores de Materiais	Literatura
	A8 - Performance de fornecedores a nível ambiental (%) – Transportador	Entrevista
	A9 - Performance de fornecedores a nível ambiental (%) - Operador 3PL	Entrevista
	A10 - Performance de fornecedores a nível ambiental (%) - Fornecedores de Materiais	Entrevista
	A11 - Papel consumido na operação	Entrevista
Social	S1 - Taxa de rotatividade do 3PL	Literatura
	S2 - Satisfação dos colaboradores	Literatura
	S3 - Envolvimento dos colaboradores	Literatura
	S4 - Satisfação do cliente	Literatura
Económica	E1 - Eficiência do operador 3PL contratado pela empresa	Literatura
	E2 - Capacidade de armazenamento	Literatura
	E3 - Tempo de <i>picking</i>	Literatura

Dimensão	KPI	Origem
Económica	E4 - Tempo de carga e descarga	Literatura
	E5 - Custos de stock	Literatura
	E6 - Custos com aplicações de digitalização de processos logísticos	Literatura
	E7 - Tempo de entrega	Literatura
	E8 - Custos de transporte	Literatura
	E9 - Atraso de transporte	Literatura
	E10 - Retorno do investimento	Literatura
	E11 - Valor económico direto e indireto gerado e distribuído	Literatura
	E12 - EBITDA	Literatura
	E13 - Lucro	Literatura
	E14 - Taxa de cumprimento das iniciativas de melhoria continua	Entrevista
	E15 - Índice de cobertura (stock/ consumos)	Entrevista
	E16 - Número de atividades automatizadas via RPA	Entrevista
	E17 - Incumprimento dos prazos de entrega (dos fornecedores externos)	Entrevista
	E18 - Aplicação de penalidades contratuais - armazéns	Entrevista
	E19 - Aplicação de penalidades contratuais - transportador	Entrevista
	E20 - Aplicação de penalidades contratuais - fornecedores de materiais	Entrevista
	E21 - Custos com combustíveis	Entrevista

4.4.2. Mensurabilidade

Durante as entrevistas, os inquiridos colocaram algumas questões e manifestaram as suas preocupações perante alguns dos KPIs apresentados, que apesar de serem relevantes para a atividade dos SL, podem passar por um processo de implementação moroso e difícil, devido à falta de dados disponíveis para calcular os mesmos.

Neste sentido, surgiu a necessidade de se averiguar quais dos KPIs apresentados na tabela 4.3 são mensuráveis (disponibilidade de dados), antes de incluir os mesmos no modelo TOPSIS, com o qual se pretende selecionar apenas KPIs mensuráveis, capazes de avaliar o desempenho sustentável. Para tal, construiu-se o fluxograma representado na figura 4.4, que descreve o procedimento que se deve seguir para averiguar a mensurabilidade de cada KPI e o que fazer, no caso de não existirem dados disponíveis.

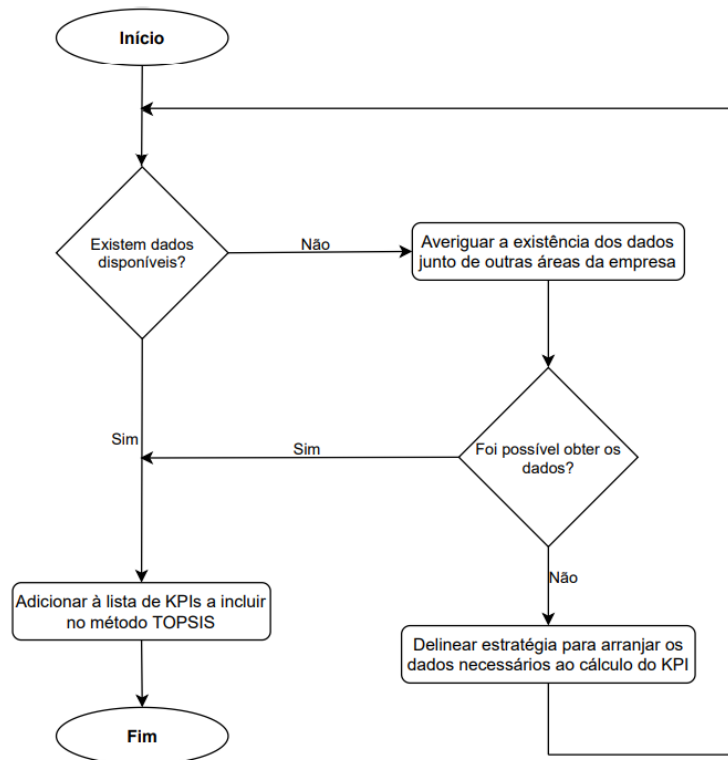


Figura 4.4 - Fluxograma da mensurabilidade dos KPIs

Assim sendo, o primeiro passo questiona sobre a disponibilidade de dados para calcular um determinado KPI: em caso afirmativo, o KPI é adicionado à lista de indicadores posteriormente utilizados no TOPSIS, e para o caso de não existirem dados disponíveis à priori, propõe-se averiguar a existência dos dados junto de outras áreas da empresa. Decorrido este processo de procura pelos dados, volta a surgir uma questão com o intuito de perceber se, concluído este passo, foi possível obter os dados necessários: em caso afirmativo, o KPI será então adicionado à lista de indicadores final; por outro lado, caso não se verificasse a existência dos dados com nenhuma outra área da empresa, deve-se tentar perceber de que forma é que esses dados podem ser obtidos, uma vez que os colaboradores dos SL consideraram a monitorização de todos os KPIs em análise, relevantes ou muito relevantes, tendo em conta as atividades desenvolvidas pelos mesmos. Sugerida uma estratégia para se obter os dados, que pode ser bastante simples ou muito complexa, a mesma deve ser aplicada e de seguida, deve repetir-se novamente todo o procedimento descrito no fluxograma.

Efetuada a análise sugerida na figura 4.4, foram excluídos 5 KPIs (A3, S1, E1, E9 e E12) da lista apresentada na tabela 4.3, uma vez que não existiam dados disponíveis para o cálculo dos mesmos. Para além destes indicadores, seguindo a mesma lógica, deviam ter sido excluídos outros 5 KPIs (E2, E3, E4, E5 e E7). No entanto, uma vez que no período em que esta análise decorreu, se encontrava a ser implementado um projeto para recolher os dados necessários ao cálculo desses KPIs, os mesmos não foram excluídos.

Deste modo, a lista ficou composta por 31 KPIs mensuráveis que foram adicionados como alternativas ao modelo decisão TOPSIS proposto, para selecionar os KPIs mais indicados à avaliação do desempenho sustentável do presente estudo de caso.

4.5. Aplicação do modelo AHP

Constituída a lista de KPIs mensuráveis da qual que serão selecionados os melhores KPIs em função de um conjunto de critérios, falta calcular o peso relativo dos critérios através da aplicação do modelo AHP.

4.5.1. Matrizes de comparação

Definidos os critérios e estabelecida a estrutura hierárquica do AHP é possível proceder-se à construção das matrizes de comparação de pares. Uma vez que se pretende comparar seis critérios uns com os outros, significa que cada decisor terá de responder a 1 matriz de comparação constituída por 15 comparações, o que corresponde a um total de 8 matrizes de comparação e 120 comparações.

O modelo AHP foi elaborado sob a forma do questionário do anexo B, que é composto por 15 questões principais referentes às 15 comparações anteriormente referidas. Estes questionários foram enviados via e-mail para cada um dos decisores, que antes de procederem ao preenchimento do questionário, tinham uma secção introdutória com uma contextualização, na qual se explicou o motivo pelo qual se estava a solicitar a colaboração dos mesmos, o propósito do questionário, o objetivo da aplicação do modelo AHP, a apresentação dos critérios, a escala de importância a utilizar, o tempo médio necessário para responder ao questionário e por fim, uma explicação sobre a forma como os resultados do questionário serão utilizados. O objetivo da aplicação do modelo AHP é a priorização dos critérios, de modo a que a importância relativa atribuída a cada critério possa ser utilizada na próxima etapa do estudo, na qual se pretende hierarquizar e selecionar os melhores KPIs para serem incluídos na avaliação de desempenho sustentável.

No processo de elaboração do questionário teve-se em consideração que o mesmo deveria ser simples e intuitivo para o decisor, de modo a facilitar todo o processo de comparações de pares. Uma vez que serão necessárias 15 comparações, de modo a cobrir todas as combinações possíveis de critérios, criaram-se 15 questões de escolha múltipla com a seguinte pergunta: “Qual dos critérios é mais importante?”. O que difere de questão para questão são as três opções disponíveis, sendo que duas delas correspondem sempre aos dois critérios que se pretendem comparar e a terceira opção, permite que os dois critérios sejam considerados igualmente importantes. Posto isto, se o decisor considerar os critérios em análise igualmente importantes, deve avançar para a questão número 2, que apresenta a comparação entre outros

dois critérios. Por outro lado, se o decisor considerar o critério A mais importante que o critério B, o mesmo deve avançar para uma sub-questão, através da qual se pretende saber qual o mais importante é o critério A em relação ao critério B, através da escala fundamental de Saaty, constituída tanto por termos quantitativos como qualitativos (tabela 3.2). O mesmo se procede para o caso do critério B ser considerado mais importante que o critério A, pelo que existem duas sub-questões para cada questão principal, sendo que só uma delas terá de ser respondida para os casos em que se considere um dos critérios mais importante do que o outro. Respondida à sub-questão o decisor deve avançar para a próxima questão principal.

De seguida, será demonstrado o processo de análise e tratamento de dados, para a construção de uma matriz de comparação de pares, tomando como exemplo as respostas de um dos inquiridos ao questionário do anexo B (as restantes análises encontram-se no anexo B.1).

Tendo em conta a forma como se construiu o questionário do anexo B, o mesmo recolhe os julgamentos dos decisores através de questões qualitativas, no entanto como a escala de importância é representada tanto por termos quantitativos como qualitativos, é possível obter os dados para o tratamento de dados sob a forma que for mais conveniente. Neste caso, para a construção da matriz de comparação da tabela 4.4, que expõe as comparações entre os seis critérios feitas por um dos inquiridos, optou-se por recolher os dados sob a forma quantitativa. Na tabela 4.4 os critérios definidos na secção 3.1.2 são expressos por siglas, de modo a facilitar o processo de tratamento de dados, pelo que a sigla RC corresponde ao C1 (Redução de Custos Operacionais), a sigla QS corresponde ao C2 (Aumento da Qualidade do Serviço), a sigla E corresponde ao C3 (Aumento da Eficiência), a sigla SC corresponde ao C4 (Melhoria da Satisfação do Cliente), a sigla IA corresponde ao C5 (Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento), e por fim, a sigla BO corresponde ao C6 (Melhoria do Bem-estar dentro da Organização).

Tabela 4.4 - Exemplo de matriz de comparação

	RC	QS	E	SC	IA	BO
RC	1	1/3	1/5	1/3	1/3	1
QS	3	1	1	1/3	1	1
E	5	1	1	1/3	1	1
SC	3	3	3	1	1	1
IA	3	1	1	1	1	1
BO	1	1	1	1	1	1
Somatório	16	7,3(3)	7,2	4	5,3(3)	6

A matriz de comparação é uma matriz quadrada de ordem 6 (igual ao número de elementos comparados) constituída pelas importâncias relativas atribuídas pelo decisor a cada par de comparação. Na ótica do decisor, o critério “E – Aumento da Eficiência (C3)” apresenta ser mais importante (valor 5 na escala fundamental de Saaty) relativamente ao critério “RC –

Redução de Custos Operacionais (C1)”, ou seja, $c_{31} = 5$ (a leitura deve ser feita das linhas para as colunas). Por sua vez, a importância relativa do critério RC relativamente ao critério E é o inverso, ou seja, RC apresenta ter 1/5 da importância do critério E, conforme representado na equação 4.1. Este procedimento deve ser repetido de modo a completar toda a matriz com as comparações diretas e inversas.

$$c_{13} = \frac{1}{c_{31}} = \frac{1}{5} \quad (\text{eq. 4.1})$$

De modo a determinar a importância relativa de cada critério resultante deste processo de comparação de pares é necessário calcular os vetores de prioridade, sendo que para tal é necessário proceder à normalização da matriz da tabela 4.4, para depois se calcularem os pesos relativos, conforme representado na tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Matriz de comparação normalizada e síntese de pesos

	RC	QS	E	SC	IA	BO	Peso (W)
RC	0,0625	0,0455	0,0278	0,0833	0,0625	0,1667	0,0747
QS	0,1875	0,1364	0,1389	0,0833	0,1875	0,1667	0,1501
E	0,3125	0,1364	0,1389	0,0833	0,1875	0,1667	0,1709
SC	0,1875	0,4091	0,4167	0,25	0,1875	0,1667	0,2696
IA	0,1875	0,1364	0,1389	0,25	0,1875	0,1667	0,1778
BO	0,0625	0,1364	0,1389	0,25	0,1875	0,1667	0,1570
Somatório	1	1	1	1	1	1	1

Para o processo de normalização da matriz de comparação da tabela 4.4, dividiu-se o valor de cada célula pelo somatório da respetiva coluna. A equação 4.2 apresenta como exemplo, a normalização da célula c_{31} :

$$w_{31} = \frac{c_{31}}{\sum_{i=1}^6 c_{31}} = \frac{5}{(1 + 3 + 5 + 3 + 3 + 1)} = \frac{5}{16} = 0,3125 \quad (\text{eq. 4.2})$$

Este processo foi repetido para todas as células até se obter a matriz de comparação normalizada representada na tabela 4.5. De seguida, de modo a obter o peso relativo de cada critério, representado na última coluna, foi calculada a média de cada linha da matriz de comparação normalizada. A equação 4.3 apresenta como exemplo, o cálculo do peso relativo do critério “E – Aumento da Eficiência (C3)”:

$$W = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 w_{3j} = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 (w_{31} + w_{32} + w_{33} + w_{34} + w_{35} + w_{36}) \quad (\text{eq. 4.3})$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 (0,3125 + 0,1364 + 0,1389 + 0,0833 + 0,1875 + 0,1667) \\
&= 0,1709
\end{aligned}$$

4.5.2. Validação da consistência

Prosseguindo os passos da metodologia apresentada na secção 3.2.3, é agora necessário confirmar a consistência dos julgamentos dos decisores. Dando continuidade ao exemplo explorado na secção anterior, para se calcular o vetor próprio (λ_{max}), de acordo com a equação 3.5, deve multiplicar-se a matriz de comparação (tabela 4.4) pelo vetor de prioridade W representado na tabela 4.5, obtendo-se assim o vetor das somas ponderadas, o qual deve ser dividido pelo seu respetivo elemento no vetor prioridade (W), e por fim, calcula-se a média desses valores, como se encontra representado na equação 4.4:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{6} \times \left(\frac{\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1 \\ 3 & 1 & 1 & 1/3 & 1 & 1 \\ 5 & 1 & 1 & 1/3 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,0747 \\ 0,1501 \\ 0,1709 \\ 0,2696 \\ 0,1778 \\ 0,1570 \end{bmatrix} \right) = 6,4525 \quad (\text{eq. 4.4})$$

Obtido o valor de $\lambda_{max} = 6,4525$, o próximo passo será medir a consistência entre as comparações dos 6 critérios ($n = 6$), de acordo com a equação 3.6, através da qual se obtém um índice de consistência (CI) = 0,0905, conforme representado na equação 4.5:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{6,4525 - 6}{6 - 1} = 0,0905 \quad (\text{eq. 4.5})$$

De modo a concluir se os dados resultantes das comparações de pares são ou não consistentes é necessário calcular o rácio de consistência (CR) (ver equação 3.7), para o qual se tem de verificar o valor tabelado do índice de consistência aleatório (RI) (tabela 3.3), uma vez que este varia em função do número de critérios aplicados. Assim sendo, para $n = 6$ tem-se RI = 1,24, com estes valores é possível calcular o rácio de consistência, obtendo-se CR = 0,073, como demonstrado na equação 4.6:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,0905}{1,24} = 0,073 \quad (\text{eq. 4.6})$$

As comparações de pares serão consideradas consistentes se o valor de CR for inferior a 10%, ou seja, se $CR < 0,1$, o que se verifica para exemplo em análise. Deste modo é possível concluir que as comparações realizadas por este decisor são consistentes.

4.5.3. Resolução de problemas de consistência

Na maioria dos casos, as matrizes de decisão são inconsistentes, pelo que se deve verificar sempre se os julgamentos subjetivos feitos pelos decisores são ou não consistentes. Para uma matriz ser considerada inconsistente basta que o valor do rácio de consistência seja igual ou superior a 10% ($CR \geq 10\%$), nestes casos, as importâncias relativas atribuídas pelos decisores a cada par de comparação devem ser reconsideradas e revistas.

A análise e tratamento de dados apresentada nas secções anteriores foi referente às respostas de um decisor, no entanto, como já foi referido, o questionário do anexo B, foi enviado para os 8 decisores que compõem o painel de inquiridos. No restante processo de análise e tratamento de dados das 7 matrizes de comparação em falta, verificou-se a existência de 2 matrizes inconsistentes, com $CR \geq 10\%$. De modo a converter este resultado, foi necessário agendar 2 reuniões, uma com cada decisor, para explicar o que são inconsistências e de que forma é que estas se originam, uma vez que as comparações efetuadas pelos mesmos foram consideradas inconsistentes. Tendo em conta o objetivo da reunião, solicitou-se a estes dois decisores para responderem novamente ao questionário do anexo B, tendo em consideração as explicações fornecidas durante a reunião. Concluídas as novas comparações por parte dos decisores e efetuado todo o processo de análise e tratamento de dados, foi possível reverter o problema das inconsistências, passando a existir 8 matrizes consistentes, com rácio de consistência inferior a 10%.

Todo este processo, desde o envio dos questionários ao tratamento dos dados, onde se identificaram 2 matrizes inconsistentes que tiveram de ser revistas pelos decisores, durou cerca de duas semanas e meia (31 maio – 15 junho).

4.5.4. Resultados do modelo AHP

Nesta secção pretende-se apresentar os resultados da aplicação do modelo AHP, ou seja, das comparações de pares efetuadas por cada decisor, que tinham como objetivo priorizar os seis critérios em análise. Deste modo, construídas as matrizes de comparação de cada decisor e validada a consistência das mesmas, foi possível obter o peso relativo de cada critério, na ótica de cada decisor, conforme se apresenta na tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Pesos relativos dos critérios na ótica dos decisores

Critérios	Decisores							
	A	B	C	D	E	F	G	H
C1	0,0495	0,0994	0,1598	0,1234	0,0316	0,0747	0,1568	0,1209
C2	0,2215	0,1864	0,2265	0,1515	0,1541	0,1500	0,1856	0,2183
C3	0,1097	0,2106	0,1598	0,2243	0,0855	0,1709	0,1568	0,3974
C4	0,4174	0,1056	0,1342	0,2406	0,3690	0,2696	0,1856	0,1792
C5	0,1483	0,0435	0,1598	0,0359	0,0572	0,1778	0,0371	0,0312
C6	0,0535	0,3545	0,1598	0,2243	0,3026	0,1570	0,2781	0,0529
Somatório	1	1	1	1	1	1	1	1

Obtidos os pesos relativos dos critérios para cada decisor, ao analisar a tabela 4.6 é perceptível que os decisores conseguem ter opiniões muito distintas, o que se deve essencialmente ao *background* e experiência de cada um, assim como ao trabalho que realizam diariamente, que acaba por influenciar a importância que atribuem a um determinado critério. Por exemplo, do ponto de vista do decisor A, a priorização dos critérios é a seguinte: C4>C2>C5>C3>C6>C1, ou seja o critério que considera mais importante é o critério C4 e o critério que considera menos importante é o critério C1; por outro lado, a priorização dos critérios para o decisor B (C6>C3>C2>C4>C1>C5) é bastante diferente, uma vez que considera o critério C6 como o mais importante, sendo que esse mesmo critério é um dos menos importantes na ótica do decisor A.

Os pesos relativos de cada decisor, representados na tabela 4.6, serão utilizados no processo de modelação do modelo TOPSIS, juntamente com as respostas de cada inquirido ao questionário do modelo TOPSIS (anexo C), para hierarquizar e selecionar os melhores KPIs na ótica de cada decisor.

4.6. Aplicação do modelo TOPSIS

Identificadas as alternativas (secção 4.4.2) – conjunto de KPIs mensuráveis – e obtidos os pesos relativos dos critérios para cada decisor (secção 4.5.4) é possível desenvolver e implementar o modelo TOPSIS, que relaciona as alternativas com os critérios definidos, com o objetivo de selecionar os melhores KPIs.

Pretende-se que a monitorização dos KPIs selecionados, contribua para a avaliação sustentável das atividades dos SL, segundo os critérios definidos e que os KPIs selecionados possam ser incorporados no índice de sustentabilidade geral que se pretende desenvolver nesta dissertação, de modo a estabelecer um conhecimento transversal sobre os impactos sustentáveis.

4.6.1. Matrizes de decisão

Definidas as alternativas e os critérios é possível proceder-se à construção das matrizes de decisão para cada um dos decisores. Todo o processo de desenvolvimento do TOPSIS será efetuado individualmente para cada decisor e só depois de obtidas as classificações dos julgamentos individuais é que se procede à agregação dos julgamentos do grupo de decisores num único julgamento representativo.

O modelo TOPSIS é construído através de matrizes de decisão, com as quais se pretende comparar cada um dos KPIs identificados na tabela 4.3 através dos critérios definidos na secção 3.1.2. Para tal, construiu-se o questionário do anexo C, que contém 1 matriz de decisão, composta por 31 alternativas e 6 critérios, através da qual se tem de avaliar a contribuição de cada KPI em função dos critérios estabelecidos, numa escala de 1 a 9 (tabela 3.4), o que perfaz um total de 186 análises por decisor.

Estes questionários foram enviados via e-mail para cada um dos decisores e são constituídos por uma secção introdutória, à semelhança do questionário do AHP, com a qual se pretendeu contextualizar o inquirido sobre o motivo pelo qual se estava a solicitar a sua colaboração, o propósito do questionário, o objetivo da aplicação do modelo TOPSIS, a escala a utilizar, a duração aproximada do preenchimento do questionário e por fim, foi apresentado um exemplo de modo a explicar o raciocínio para responder ao questionário. O objetivo da aplicação do modelo TOPSIS é a hierarquização e seleção dos indicadores propostos, com base nos critérios definidos, para serem incorporados na última etapa do estudo, na qual se pretende criar um índice de sustentabilidade geral, através da agregação dos KPIs selecionados pelo TOPSIS.

Durante o processo de construção do questionário do modelo TOPSIS existiu uma grande preocupação em tornar o questionário o mais simples e funcional para o decisor, pelo que se colocou toda a informação num único sítio. De modo a facilitar o preenchimento do questionário, as alternativas e os critérios foram representados pelas siglas respetivas e por extenso, e a tabela com a escala do grau de contribuição ficou posicionada ao lado da matriz de decisão e é representada tanto em termos quantitativos como qualitativos.

Seguindo os passos apresentados na secção 3.2.2 para a aplicação do modelo TOPSIS, obtiveram-se os dados para a construção da matriz de decisão através do questionário do anexo C, para cada um dos inquiridos. De seguida, será explorado o processo de desenvolvimento e implementação do TOPSIS, desde a construção da matriz de decisão à ordenação das alternativas, com base na resposta de um dos inquiridos ao questionário enviado.

A tabela 4.7, representa uma matriz de decisão construída através dos dados resultantes do processo de comparação das alternativas através dos critérios, feito por um dos inquiridos.

Tabela 4.7 - Exemplo da matriz de decisão

Alternativas	Critérios					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1 - Volume de emissões atmosféricas por ano	1	1	1	1	7	5
A2 - Quantidade de resíduos gerados	1	5	1	5	7	5
A4 - Quantidade de materiais reciclados	1	5	1	1	7	1
A5 - Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Transportador	1	1	5	5	7	5
A6 - Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Operador 3PL	1	1	5	5	7	5
A7 - Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Fornecedores de Materiais	1	1	5	5	7	5
A8 - Performance de fornecedores a nível ambiental (%) – Transportador	1	1	1	1	1	1
A9 - Performance de fornecedores a nível ambiental (%) – Operador 3PL	1	1	1	1	1	1
A10 - Performance de fornecedores a nível ambiental (%) – Fornecedores de Materiais	1	1	1	1	1	1
A11 - Papel consumido na operação	1	1	1	1	5	1
E2 - Capacidade de armazenamento	7	7	7	5	1	1
E3 - Tempo de <i>picking</i>	7	7	7	5	1	1
E4 - Tempo de carga e descarga	7	7	7	5	1	1
E5 - Custos de stock	7	7	7	5	1	1
E6 - Custos com aplicações de digitalização de processos logísticos	9	7	9	7	1	1
E7 - Tempo de entrega	7	7	7	9	1	1
E8 - Custos de transporte	7	7	7	7	1	1
E10 - Retorno do investimento	5	7	9	7	1	1
E11 - Valor económico direto e indireto gerado e distribuído	9	7	9	7	1	1
E13 – Lucro	1	7	7	1	1	1
E14 - Taxa de cumprimento das iniciativas de melhoria continua	1	9	1	7	1	1
E15 - Índice de cobertura (stock/ consumos)	5	9	7	9	1	1
E16 - Número de atividades automatizadas via RPA	7	5	7	5	1	1
E17 - Incumprimento dos prazos de entrega (dos fornecedores externos)	7	7	7	5	1	1
E18 - Aplicação de penalidades contratuais – armazéns	5	1	7	1	1	1
E19 - Aplicação de penalidades contratuais – transportador	5	1	7	1	1	1
E20 - Aplicação de penalidades contratuais - fornecedores de materiais	5	1	7	1	1	1
E21 - Custos com combustíveis	9	5	7	5	1	1
S2 - Satisfação dos colaboradores	1	1	1	1	1	9
S3 - Envolvimento dos colaboradores	1	1	7	1	1	9
S4 - Satisfação do cliente	1	7	1	9	1	7

Nota: C1 – Redução de Custos Operacionais; C2 – Aumento da Qualidade do Serviço; C3 – Aumento da Eficiência; C4 – Melhoria da Satisfação do Cliente; C5 – Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento; C6 – Melhoria do Bem-estar dentro da Organização

Através da análise da matriz de decisão é possível afirmar que na opinião do inquirido, a medição/acompanhamento do indicador A1 (Volume de emissões atmosféricas por ano) não contribui em nada (valor 1 da escala do grau de contribuição) para a redução de custos operacionais (C1), aumento da qualidade do serviço (C2), aumento da eficiência (C3), melhoria da satisfação do cliente (C5). Por outro lado, considera que a medição/acompanhamento do

indicador A1 poderá ter um contributo muito forte (valor 7) para a redução do impacto ambiental nas cadeias de abastecimento e um contributo moderado (valor 5) para a melhoria do bem-estar dentro da organização.

De modo a prosseguir com a aplicação do modelo TOPSIS é necessário normalizar a matriz de decisão, tornando todos os valores adimensionais. Para tal recorre-se ao vetor de normalização representado na equação 3.9. De modo a aplicar o vetor de normalização é necessário proceder à soma dos quadrados de cada coluna da matriz de decisão (tabela 4.7) e calcular a raiz da soma dos quadrados, cujos resultados se encontram na tabela 4.8:

Tabela 4.8 - Cálculo das raízes quadradas da soma dos quadrados

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
$\sum_{i=1}^{31} x_{ij}^2$	775	863	1063	775	343	359
$\sqrt{\sum_{i=1}^{31} x_{ij}^2}$	27,8388	29,3769	32,6037	27,8388	18,5203	18,9473

Para o processo de normalização da matriz de decisão da tabela 4.7, dividiu-se o valor de cada célula pela raiz quadrada da soma dos quadrados da respetiva coluna. A equação 4.7 apresenta como exemplo, a normalização da célula r_{11} :

$$r_{11} = \frac{x_{11}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{31} x_{11}^2}} = \frac{1}{27,8388} = 0,0359 \quad (\text{eq. 4.7})$$

Este procedimento deve ser repetido para todas as células até se obter a matriz de decisão normalizada, conforme excerto representado na tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Matriz de decisão normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	0,0359	0,0340	0,0307	0,0359	0,3780	0,2639
A2	0,0359	0,1702	0,0307	0,1796	0,3780	0,2639
			...			
E2	0,2414	0,2382	0,2147	0,1796	0,0540	0,0528
E3	0,2414	0,2382	0,2147	0,1796	0,0540	0,0528
			...			
S2	0,0359	0,0340	0,0307	0,0359	0,0540	0,4750
S3	0,0359	0,0340	0,0307	0,0359	0,0540	0,4750
			...			

De seguida, de modo a construir a matriz normalizada ponderada (tabela 4.11), foi necessário multiplicar a matriz de decisão normalizada pelos pesos dos respetivos critérios,

de acordo com a equação 3.10. Na tabela 4.10 encontra-se representado o peso relativo de cada critério na ótica do decisor em análise.

Tabela 4.10 - Peso relativo dos critérios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Somatório
Decisor	0,0747	0,1500	0,1709	0,2696	0,1778	0,1570	1

Por sua vez, a equação 4.8 demonstra o cálculo do valor normalizado ponderado v_{11} :

$$v_{11} = r_{11} \times w_{C1} = 0,0359 \times 0,0747 = 0,0027 \quad (\text{eq. 4.8})$$

Para se obter a matriz de decisão ponderada representada na tabela 4.11, basta seguir o mesmo raciocínio para as restantes células da matriz de decisão normalizada (tabela 4.9).

Tabela 4.11 - Matriz de decisão normalizada ponderada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	0,0027	0,0051	0,0052	0,0097	0,0672	0,0414
A2	0,0027	0,0255	0,0052	0,0484	0,0672	0,0414
...						
E2	0,0188	0,0358	0,0367	0,0484	0,0096	0,0083
E3	0,0188	0,0358	0,0367	0,0484	0,0096	0,0083
...						
S2	0,0027	0,0051	0,0052	0,0097	0,0096	0,0746
S3	0,0027	0,0051	0,0052	0,0097	0,0096	0,0746
...						

Para o cálculo da distância de cada alternativa à solução ideal positiva (PIS) e negativa (NIS) é necessário determinar a alternativa ideal positiva (A^+) e a alternativa ideal negativa (A^-) para cada coluna da matriz de decisão ponderada (tabela 4.11), através da equação 3.11 e 3.12, respetivamente. Por exemplo, para a coluna do critério 1, o valor ideal positivo e negativo, corresponde ao valor máximo e mínimo dessa coluna, respetivamente. Seguindo o mesmo raciocínio para as restantes colunas, obtêm-se os resultados apresentado na tabela 4.12:

Tabela 4.12 - Soluções ideais positivas e negativas

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A^+	0,0242	0,0460	0,0472	0,0872	0,0672	0,0746
A^-	0,0027	0,0051	0,0052	0,0097	0,0096	0,0083

Determinadas as soluções ideias positivas (v_j^+ ou A^+) e negativas (v_j^- ou A^-) é possível proceder-se ao cálculo da distância euclidiana de cada alternativa (v_{ij}), da matriz de decisão ponderada (tabela 4.11), à solução ideal positiva (S^+) e à solução ideal negativa (S^-), através

das equações 3.14 e 3.15, respetivamente. Para tal optou-se por construir a matriz distância à alternativa ideal positiva (tabela 4.13) e a matriz distância à alternativa ideal negativa (tabela 4.14), através das quais se pretende decompor o cálculo da distância de cada alternativa à solução ideal positiva e ideal negativa, respetivamente.

Tabela 4.13 - Matriz Distância à Alternativa Ideal Positiva

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Σ	S_i^+
A1	0,00046	0,00167	0,00176	0,00600	0	0,00110	0,01099	0,10482
A2	0,00046	0,00042	0,00176	0,00150	0	0,00110	0,00523	0,07235
				...				
E2	$2,881 \cdot 10^{-5}$	0,00010	0,00011	0,00150	0,00332	0,00439	0,00946	0,09724
E3	$2,881 \cdot 10^{-5}$	0,00010	0,00011	0,00150	0,00332	0,00439	0,00946	0,09724
				...				
S2	0,00046	0,00167	0,00176	0,00600	0,00332	0	0,01321	0,11493
S3	0,00046	0,00167	0,00011	0,00600	0,00332	0	0,01156	0,10752
				...				

Sendo o objetivo da tabela 4.13 obter o valor da última coluna (S_i^+), começou-se por calcular o quadrado da diferença entre os valores da matriz ponderada (v_{ij}) (tabela 4.11) e os valores ideias positivos (v_j^+) (tabela 4.12). A equação 4.9 representa este cálculo para a célula da posição (1,1):

$$(v_{ij} - v_j^+)^2 = (v_{11} - v_1^+)^2 = (0,0027 - 0,0242)^2 = 0,0046 \quad (\text{eq. 4.9})$$

Repetindo este procedimento para as restantes células é possível completar a tabela 4.13. Para se obter o valor da última coluna (S_i^+), falta somar os valores de cada linha da matriz e fazer a raiz quadrada dos mesmos.

A equação 4.10 representa o somatório dos valores da linha 1, sendo que este procedimento tem de ser repetido para todas as linhas da matriz.

$$\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 = \sum_{j=1}^1 (0,00046 + \dots + 0,00110) = 0,01099 \quad (\text{eq. 4.10})$$

Por fim, falta apenas fazer a raiz quadrada de todos os valores da coluna do somatório, para se obter o valor da distância euclidiana de cada alternativa à solução ideal positiva (S^+). A equação 4.11 representa este cálculo para a linha 1:

$$S_1^+ = \sqrt{\left(\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 \right)} = \sqrt{0,01099} = 0,10482 \quad (\text{eq. 4.11})$$

A matriz distância à alternativa ideal negativa representada na tabela 4.14, foi construída seguindo o mesmo raciocínio, mas tendo em conta as soluções ideais negativas (v_j^-) representadas na tabela 4.12.

Tabela 4.14 - Matriz Distância à Alternativa Ideal Negativa

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Σ	S_i^-
A1	0	0	0	0	0,00332	0,00110	0,00442	0,06646
A2	0	0,00042	0	0,00150	0,00332	0,00110	0,00634	0,07960
...								
E2	0,00026	0,00094	0,00099	0,00150	0	0	0,00369	0,06072
E3	0,00026	0,00094	0,00099	0,00150	0	0	0,00369	0,06072
...								
S2	0	0	0	0	0	0,00439	0,00439	0,06628
S3	0	0	0,00099	0	0	0,00439	0,00538	0,07336
...								

Por último, para classificar as alternativas por ordem decrescente é necessário proceder-se ao cálculo da proximidade relativa de cada alternativa à solução ideal positiva, através do coeficiente de proximidade C_i^+ (equação 3.15). A equação 4.12 representa este cálculo para a alternativa 1.

$$C_1^+ = \frac{S_1^-}{(S_1^- + S_1^+)} = \frac{0,06646}{(0,06646 + 0,10482)} = 0,38802 \quad (\text{eq. 4.12})$$

Este procedimento deve ser repetido até se obter o valor do coeficiente de proximidade para todas as alternativas. Deste modo será possível fazer um *ranking* das alternativas, sendo que a melhor alternativa será aquela que tiver maior valor do coeficiente de proximidade.

4.6.2. Processo de agregação

O processo de agregação interna tem como objetivo agregar os julgamentos individuais dos vários decisores e sintetizá-los num único julgamento representativo. Para tal é necessário que sejam efetuados todos os passos que caracterizam o modelo TOPSIS e que foram explorados na secção anterior, para cada decisor.

Obtidas as distâncias de cada alternativa à solução ideal positiva (S_i^+) e ideal negativa (S_i^-) para cada decisor, para se obter as medidas de separação agregadas, tem que se fazer a média geométrica de todas as medidas de separação individuais dos vários decisores (ver equações 3.17 e 3.18), conforme demonstrado na tabela 4.15 para o caso específico da alternativa A1.

Tabela 4.15 - Agregação interna das medidas de separação da alternativa A1

	Alternativa A1	
	S_i^+	S_i^-
A	0,1248	0,0977
B	0,0340	0,0467
C	0,0512	0,0215
D	0,0756	0,0443
E	0,0448	0,0652
F	0,1048	0,0665
G	0,0803	0,0266
H	0,0490	0
Medidas de separação agregadas	0,0646	0

A equação 4.13 pretende demonstrar o cálculo da média geométrica para a medida de separação agregada positiva da alternativa A1:

$$S_i^+ = \left(\prod_{k=1}^K S_i^{k+} \right)^{\frac{1}{K}} = \sqrt[K]{\prod_{k=1}^K S_i^{k+}} = \sqrt[8]{0,1248 \times 0,0340 \times \dots \times 0,0490} = 0,0646 \quad (\text{eq. 4.13})$$

Este procedimento deve ser repetido para todas as alternativas, de modo a que no final se possa calcular a proximidade relativa C_i^+ , ordenar as alternativas e selecionar aquelas com melhor desempenho, para incluir no índice de sustentabilidade global.

4.6.3. Resultados do modelo AHP-TOPSIS

Nesta secção pretende-se apresentar os resultados da aplicação do modelo TOPSIS após o processo de agregação dos julgamentos individuais do grupo de decisores. Deste modo, calculadas as medidas de separação agregadas para cada alternativa, foi possível calcular a proximidade relativa e ordenar as alternativas conforme representado na tabela 4.16.

Tabela 4.16 - Medidas de separação agregadas e respetivo *ranking*

Alternativa	S_i^+	S_i^-	C_i^+	Ranking
A1	0,0646	0	0	22
A2	0,0547	0	0	22
A4	0,0566	0,0351	0,3829	21
A5	0,0603	0	0	22
A6	0,0603	0	0	22
A7	0,0587	0	0	22
A8	0,0640	0	0	22
A9	0,0614	0	0	22
A10	0,0640	0	0	22
A11	0,0503	0,0432	0,4619	17
E2	0,0420	0,0443	0,5135	14
E3	0,0427	0,0479	0,5287	12

Alternativa	S_i^+	S_i^-	C_i^+	Ranking
E4	0,0431	0,0477	0,5251	13
E5	0,0487	0,0483	0,4979	15
E6	0,0436	0	0	22
E7	0,0344	0,0680	0,6638	7
E8	0,0496	0,0447	0,4740	16
E10	0,0290	0,0551	0,6554	8
E11	0,0325	0,0519	0,6155	10
E13	0,0286	0,0499	0,6359	9
E14	0	0,0620	1	1
E15	0,0425	0,0552	0,5649	11
E16	0	0,0490	1	1
E17	0,0264	0,0674	0,7183	3
E18	0,0527	0,0397	0,4292	19
E19	0,0527	0,0397	0,4292	19
E20	0,0526	0,0399	0,4313	18
E21	0,0598	0	0	22
S2	0,0231	0,0557	0,7074	4
S3	0,0254	0,0552	0,6849	5
S4	0,0328	0,0693	0,6790	6

Da tabela 4.16 pretende-se selecionar um conjunto de KPIs para incluir no ISG que se pretende criar, sendo que este deve ser constituído por KPIs de todas as dimensões da sustentabilidade, conforme referido na secção 3.2.3.1. No entanto, ao analisar o *ranking* da tabela é notório que entre os dez melhores KPIs, consta apenas a perspetiva económica e social (E14 > E16 > E17 > S2 > S3 > S4 > E7 > E10 > E13 > E11), sendo que o primeiro KPI da perspetiva ambiental (A11 – Papel Consumido na Operação) aparece apenas na 17ª posição. Esta análise vem de encontro ao que se constatou na secção 4.3 sobre as métricas que os colaboradores dos SL acompanham diariamente (económicas e sociais), e que por sua vez, demonstra que a medição dos fatores ambientais não é uma prioridade como é possível comprovar pelo *ranking*.

Durante a análise do *ranking* foi possível verificar que dentro dos 10 melhores KPIs se encontrava um dos KPIs (E7 – Tempo de Entrega) que deveria ter sido excluído na secção 4.4.2 quando se analisou a mensurabilidade dos indicadores, mas o qual não se excluiu dado que naquele momento se encontrava a ser implementado um projeto com o qual se iria conseguir obter os dados para este indicador e para outros quatro que se encontravam na mesma situação. No entanto, à data da presente análise os dados para o cálculo dos 5 KPIs (E2, E3, E4, E5 e E7) ainda se encontravam dependentes do tal projeto, pelo que os mesmos foram retirados da tabela 4.16, ficando a mesma reduzida a 26 KPIs. Posto isto, o *ranking* sofreu uma reorganização que se encontra representada na tabela 4.17:

Tabela 4.17 - *Ranking* reorganizado

<i>Ranking</i>	<i>Alternativa</i>	C_i^+
1	E14	1
1	E16	1
3	E17	0,7183
4	S2	0,7074
5	S3	0,6849
6	S4	0,6790
7	E10	0,6554
8	E13	0,6359
9	E11	0,6155
10	E15	0,5649
11	E8	0,4740
12	A11	0,4619
13	E20	0,4313
14	E18	0,4292
14	E19	0,4292
16	A4	0,3829
17	A1	0
17	A2	0
17	A5	0
17	A6	0
17	A7	0
17	A8	0
17	A9	0
17	A10	0
17	E6	0
17	E21	0

Efetuada a reorganização do *ranking*, o problema da falta de representatividade de KPIs das três dimensões entre os melhores KPIs mantém-se, uma vez que o primeiro KPI da perspectiva ambiental aparece apenas na 12^a posição. Para além disso, se fossem selecionados 12 KPIs por exemplo, seriam 8 KPIs económicos, 3 KPIs sociais e 1 KPI ambiental, pelo que a perspectiva ambiental teria uma representatividade pouco robusta no ISG. Assim sendo, foram estabelecidas duas hipóteses para a seleção dos KPIs:

- **H1** – Definir uma linha de corte e considerar apenas as alternativas com proximidade relativa $C_i^+ \geq 0,5$;
- **H2** – Selecionar os 3 KPIs mais importantes de cada perspectiva;

Analisando a proposta apresentada pela hipótese 1, ao definir uma linha de corte que selecione apenas as alternativas com $C_i^+ \geq 0,5$, a lista de KPIs da tabela 4.17 fica reduzida a dez indicadores (E14, E16, E17, S2, S3, S4, E10, E13, E11, E15). No entanto, esta hipótese não resolve o problema, uma vez que não inclui nenhum KPI da perspectiva ambiental.

Por outro lado, como a hipótese 2 sugere que sejam selecionados os 3 KPIs mais importantes de cada perspectiva, esta hipótese garante imediatamente a representatividade de todas

as dimensões da sustentabilidade. Assim sendo, ao selecionar os três melhores indicadores de cada dimensão segundo o *ranking* da tabela 4.17, foram selecionados os indicadores E14, E16 e E17 para a perspectiva económica; S2, S3 e S4 para a perspectiva social; e por fim, para a perspectiva ambiental o A11, A4 e A1. No entanto, o indicador A1 poderia ser qualquer um dos restantes indicadores ambientais, uma vez que se encontram todos na 17ª posição do *ranking*.

Deste modo, o *output* do modelo TOPSIS (proximidade relativa C_i^+ das alternativas) permitiu que fossem selecionados os KPIs mais importantes de cada perspectiva da sustentabilidade, na ótica do grupo de decisores. Pelo que os 9 KPIs selecionados serão agregados num índice de sustentabilidade geral através da modelação por *fuzzy logic*.

4.7. Aplicação do Sistema *Fuzzy*

O conhecimento transversal sobre os impactos sustentáveis das atividades dos SL, pode ser alcançado por intermédio de um índice de sustentabilidade geral, como aquele se pretende criar através da aplicação de um modelo de conjuntos difusos. Tendo por base o conjunto de etapas definidas na secção 3.3.2 para a aplicação do *fuzzy*, a primeira etapa centra-se na seleção dos KPIs a incluir no processo de modelação do ISG. O conjunto dos melhores KPIs de cada dimensão da sustentabilidade, foi selecionado com base na opinião de um grupo de decisores, que por sua vez, foi tratada através do modelo TOPSIS (ver secção 4.6).

O processo de agregação dos KPIs selecionados num ISG pressupõe a modelação por *fuzzy logic*, ou seja, a modelação de sistemas de inferência *fuzzy* para analisar o estado atual da sustentabilidade geral e particular de cada uma das dimensões da sustentabilidade, de modo a apoiar a tomada de decisão interna dos SL.

O ISG que será construído nas próximas subsecções, seguindo a proposta de agregação de KPIs num índice composto, apresentada na figura 3.6 da secção 3.3.2. O mecanismo proposto para além de calcular o ISG também permite que se acompanhe o estado da sustentabilidade económica, ambiental e social, individualmente. Para tal o processo de modelação do ISG divide-se em duas fases, na fase I utilizam-se três sistemas de inferência *fuzzy* para calcular a sustentabilidade particular de cada dimensão e na fase II é utilizado um quatro FIS para calcular o ISG.

4.7.1. Variáveis de entrada e saída

Para o processo de modelação dos 4 módulos FIS foi necessário definir os parâmetros principais de cada sistema de inferência, nomeadamente as variáveis de entrada e saída. As variáveis de entrada (*inputs*) do FIS 1, 2 e 3 correspondem aos KPIs selecionados na secção 4.6.3, que se dividem pelos três FIS da seguinte forma:

Sistema de Inferência Fuzzy 1 (FIS 1)

- **A1:** Volume de emissões atmosféricas por ano
- **A4:** Quantidade de materiais reciclados
- **A11:** Papel consumido na operação

Sistema de Inferência Fuzzy 2 (FIS 2)

- **S2:** Satisfação dos colaboradores
- **S3:** Envolvimento dos colaboradores
- **S4:** Satisfação do cliente

Sistema de Inferência Fuzzy 3 (FIS 3)

- **E14:** Taxa de cumprimento das iniciativas de melhoria continua
- **E16:** Número de atividades automatizadas via RPA
- **E17:** Incumprimento dos prazos de entrega (dos fornecedores externos)

Por sua vez, as variáveis de saída (*output*) destes FIS, correspondem à sustentabilidade ambiental, social e económica, respetivamente. Estas variáveis *output* pretendem auxiliar os decisores no processo de tomada de decisão, dado que fornecem informação adicional sobre o estado da sustentabilidade em cada uma das dimensões. Passando para a segunda fase do processo de modelação, temos o FIS FINAL (FIS 4) que utiliza as variáveis de saída da fase I como variáveis de entrada na fase II, como se apresenta de seguida:

Sistema de Inferência Fuzzy 4 (FIS 4)

- **SA:** Sustentabilidade Ambiental
- **SS:** Sustentabilidade Social
- **SE:** Sustentabilidade Económica

Por fim, através do FIS 4 pretende-se obter o desempenho geral da sustentabilidade das atividades dos SL, pelo que a variável de saída corresponde ao índice de sustentabilidade geral (ISG).

De modo a facilitar a compreensão dos KPIs selecionados para esta fase do estudo, foi criada uma descrição para cada KPI que pode ser consultada no anexo D e que apresenta um conjunto de informações como: o objetivo (maximização/minimização), o impacto na sustentabilidade se os valores do indicador tenderem a aumentar, o local da origem dos dados dentro da empresa que se está a estudar e ainda uma breve caracterização do KPI.

4.7.2. Resultados do Sistema *Fuzzy*

Nesta secção pretende-se apresentar os resultados do processo de agregação dos KPIs selecionados num ISG, através da modelação dos sistemas de inferência *fuzzy* na ferramenta *Simulink* do *software Matlab*. A modelação do ISG através do *Simulink* permitiu criar uma ferramenta capaz de analisar todo o desempenho sustentável das atividades dos SL de forma fácil e eficaz, uma vez que representa tanto o estado da sustentabilidade em cada uma das suas dimensões como o estado da sustentabilidade geral através do ISG, proporcionando deste modo um conhecimento transversal sobre os impactos sustentáveis das atividades dos SL.

A figura 4.5 representa o processo de modelação do ISG através dos quatro módulos FIS, que se encontram representados sob a forma de diagramas de blocos, assim como as variáveis de entrada e saída.

Os blocos *Constant* representam as variáveis de entrada e foram especificados para as variáveis de entrada do presente estudo de caso, consoante o domínio das funções de pertença de cada variável.

Os blocos *Fuzzy Logic Controller* implementam os quatro FIS anteriormente definidos na secção 3.3.1, na ferramenta *Simulink*. Para tal basta clicar em cima do bloco e associar o ficheiro FIS correspondente ao sistema de inferência *fuzzy* criados previamente no *Matlab*.

Por fim, de modo a obter os valores das variáveis *output* resultantes da modelação por *fuzzy logic*, ligou-se um bloco *display* à saída do bloco *fuzzy logic controller* de modo a apresentar o valor de saída do FIS.

Criados todos os diagramas de blocos necessários à modelação do ISG e interligados como se representa na figura 4.5, é possível proceder-se ao cálculo da sustentabilidade ambiental, social e económica, assim como do ISG. Para tal, foi necessário recolher os dados referentes às variáveis *input* (KPIs) junto da direção dos SL e de outras direções da EDP GS, introduzi-los nos blocos *constant* e carregar no botão *run* para correr o programa e obter os valores das variáveis *output* nos blocos *display*.

A tabela 4.18 representa os valores das variáveis *input* e *output* referentes ao ano de 2019 e 2020, através dos quais será possível realizar uma análise comparativa da evolução da sustentabilidade de um ano para o outro. Seria interessante realizar esta comparação para um período temporal superior, no entanto, nem todos os indicadores tinham dados disponíveis para além destes últimos dois anos.

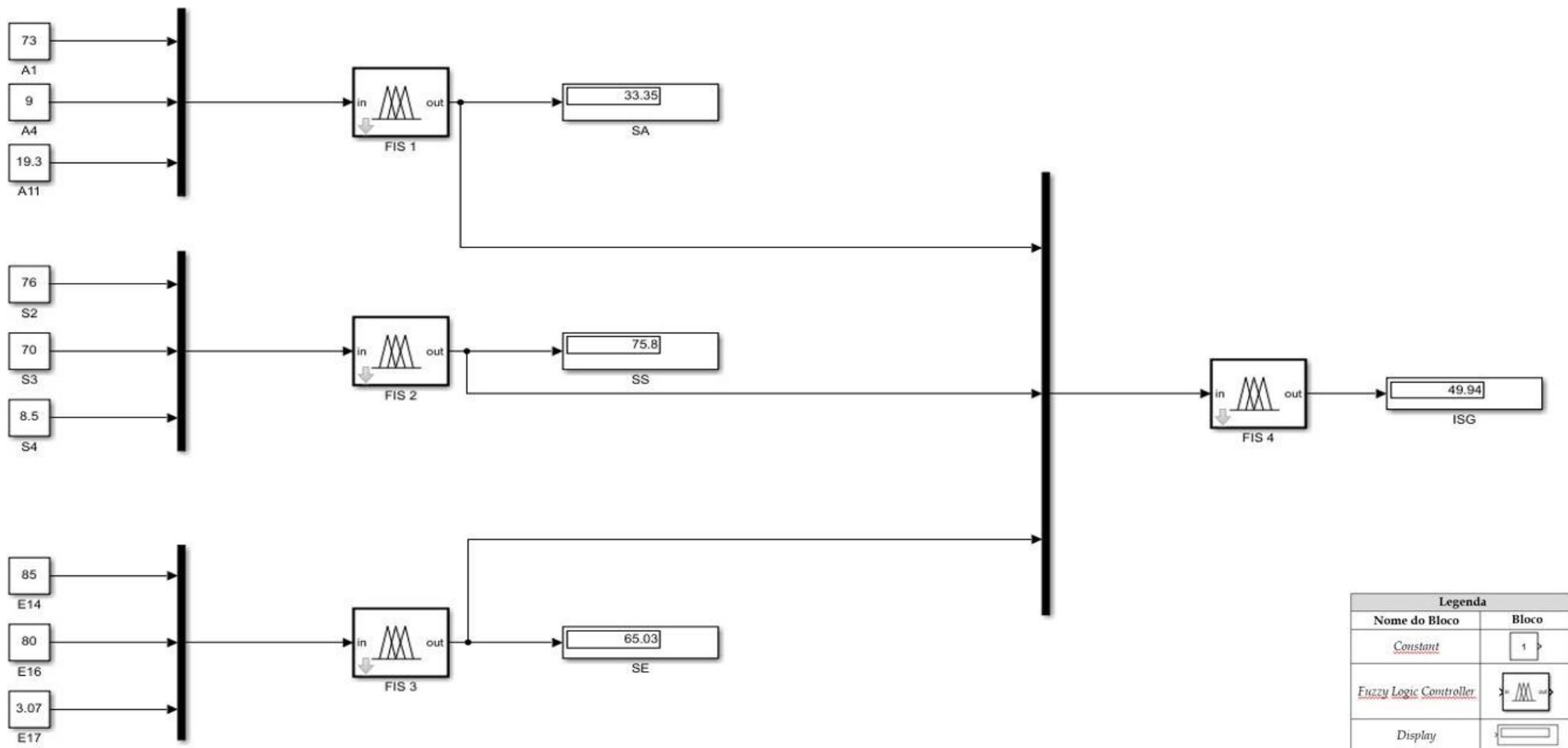


Figura 4.5 - Processo de modelação do ISG através da ferramenta *Simulink* do software *Matlab*

Tabela 4.18 - Valores das variáveis *input* e *output* (2019 e 2020)

Ano	Variável <i>input</i>				Variável <i>output</i>				ISG	
	VL	Unidades	Termo da VL	Termo da VL	VL	Termo da VL	Termo da VL	Termo da VL		
2019	A1	101	gCO ₂ t/km	A	2					
	A4	20	%	M	3	SA	0,43	M	9	
	A11	7,44	%	B	4					
	S2	72	%	A	4					
	S3	70	%	A	4	SS	0,73	A	13	0,57
	S4	76	%	MA	5					
	E14	93	%	MA	5					
	E16	80	%	MA	5	SE	0,61	A	12	
	E17	5,62	semanas	A	2					
		A1	73	gCO ₂ t/km	B	4				
2020	A4	9	%	MB	1	SA	0,33	B	8	
	A11	19,3	%	M	3					
	S2	76	%	MA	5					
	S3	70	%	A	4	SS	0,76	MA	14	0,50
	S4	85	%	MA	5					
	E14	85	%	MA	5					
	E16	80	%	MA	5	SE	0,65	A	12	
	E17	3,07	semanas	A	2					

Comparando o ano de 2019 com o ano de 2020, é notória uma redução do ISG, de 0,57 para 0,50. Esta diminuição do ISG revela que as preocupações sustentáveis não foram suficientes e que se devem implementar ações concretas, de modo a aumentar o nível de sustentabilidade. Uma das vantagens da ferramenta criada é a possibilidade de identificar qual das dimensões da sustentabilidade influencia para este *output* negativo, e quais os KPIs que dentro dessa dimensão apresentam pior desempenho. Assim sendo, através da análise da tabela 4.18 é possível perceber que a sustentabilidade ambiental é a que mais contribui para a redução do ISG, uma vez que apresenta uma redução de 10% de 2019 para 2020, passando de uma SA “média” para uma SA “baixa”, ao contrário da sustentabilidade económica que manteve o seu desempenho e da sustentabilidade social que melhorou o seu desempenho, conforme representado no gráfico da figura 4.6. Deste modo, torna-se essencial concentrar os recursos necessários nos KPIs da dimensão ambiental.

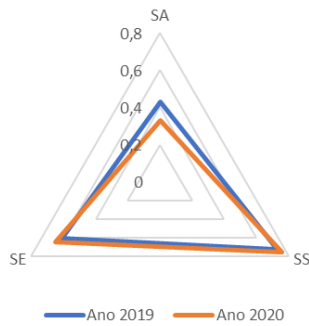


Figura 4.6 - Gráfico radar das variáveis *output* (2019 e 2020)

Tabela 4.19 - Análise comparativa das variáveis *output* (2019 e 2020)

Ano	SA	SS	SE	ISG
2019	0,43	0,73	0,61	0,57
2020	0,33	0,76	0,65	0,50

Analisando os valores das variáveis *input* para o ano de 2020 da dimensão ambiental, é possível perceber que o KPI A1 (73 gCO₂t/km) se caracteriza através do termo linguístico “baixo” segundo a tabela 3.8, o KPI A4 (9%) através do termo linguístico “muito baixo” (tabela 3.11) e o KPI A11 (19,3%) através do termo linguístico “médio” (tabela 3.13), o que resulta numa sustentabilidade ambiental “baixa” (0,33). Desta análise foi possível perceber que o KPI A1, cujo objetivo é a minimização, melhorou o seu desempenho face ao ano de 2019, ao passar do nível “alto” para “baixo”, ao contrário do KPI A11, que tendo o mesmo objetivo piorou o seu desempenho passando de um nível “baixo” para “médio” e do KPI A4, que apesar de ter como objetivo a sua maximização também piorou o seu desempenho passando de um nível “médio” para “muito baixo”.

Assim sendo, o KPI que mais influencia o resultado do *output* é o KPI A4 pelo facto de ser um indicador com o objetivo de maximização e se encontrar no nível “muito baixo”. Isto significa que a direção dos SL tem de delinear uma estratégia para aumentar a percentagem de materiais com destino final de reciclagem face ao total de resíduos gerados nos armazéns.

CONCLUSÕES

Neste capítulo será apresentada uma visão geral da revisão da literatura realizada, uma descrição do trabalho desenvolvido, bem como as principais conclusões obtidas e sugestões para trabalhos futuros.

5.1. Conclusões Gerais

A medição do desempenho sustentável no âmbito das atividades das empresas e indústrias é cada vez mais importante, uma vez que tem em conta os impactos ambientais, sociais e económicos, e permite às empresas medir e melhorar o seu desempenho, construindo assim uma vantagem competitiva perante a concorrência. Contudo, um dos principais desafios para as empresas durante a construção de um sistema de medição de desempenho (PMS), prende-se com a identificação e seleção de indicadores adequados à sua estratégia e objetivos, tendo em conta as três dimensões do desenvolvimento sustentável (ambiental, social e económica).

O principal objetivo desta dissertação consistiu no desenvolvimento de um modelo de avaliação de desempenho sustentável capaz de identificar as atividades que influenciam negativamente o estado da sustentabilidade geral e particular. Para tal, foi desenvolvido um índice de sustentabilidade geral (ISG) que conta com a aplicação do modelo de decisão híbrido AHP-TOPSIS para a seleção de KPIs.

A revisão da literatura destacou o facto de existir a necessidade de avaliar e monitorizar as cadeias de abastecimento quanto à sua sustentabilidade em todas as dimensões de forma equivalente, e a ausência de um modelo capaz de integrar simultaneamente as três dimensões do desenvolvimento sustentável. Por outro lado, foi possível verificar que a criação de um índice composto de sustentabilidade poderia ser uma solução para monitorizar o estado da sustentabilidade (Krajnc & Glavič, 2005). Neste sentido, foram identificados 69 KPIs na literatura, no âmbito das cadeias de abastecimento ecológicas e sustentáveis, de acordo com o TBL. De modo a selecionar os melhores KPIs da lista de KPIs recolhidos da literatura,

foi proposto um modelo de decisão AHP-TOPSIS, uma vez que estes dois métodos de apoio à decisão multicritério são os métodos mais utilizados devido à sua facilidade de uso e capacidade de adaptação a problemas de maior dimensão. A combinação dos dois modelos permite criar um modelo híbrido mais robusto, dado que o AHP complementa o TOPSIS através da sua capacidade de estimar o peso dos critérios. Por sua vez, para o processo de agregação dos KPIs num ISG recorreu-se à modelação por *fuzzy logic*, dado que os sistemas *fuzzy* foram identificados na literatura como metodologia de agregação capaz de avaliar conceitos mal definidos, como é o caso da sustentabilidade.

De modo a validar a metodologia proposta para a criação de um ISG, foi realizado um estudo de caso na Direção dos Serviços de Logística (SL) da EDP Global Solutions.

O processo de recolha de dados para a aplicação da metodologia proposta, iniciou com a recolha dos KPIs da literatura, seguindo-se a aplicação do modelo de decisão AHP-TOPSIS, para o qual se contou com o envolvimento de um grupo de colaboradores multidisciplinar e com grandes conhecimentos das atividades dos SL, que participaram em entrevistas e responderam aos questionários elaborados.

Da aplicação do modelo AHP-TOPSIS obteve-se um *ranking* com 31 KPIs, que é caracterizado por um desequilíbrio entre as três categorias da sustentabilidade, não sendo possível identificar KPIs ambientais de entre os primeiros KPIs da lista, o que demonstra que o foco dos SL da EDP GS não são as questões ambientais, existindo uma notória preferência por KPIs financeiros. Posto isto, para a seleção de um conjunto de KPIs representativos de todas as dimensões da sustentabilidade optou-se, por selecionar os 3 KPIs mais importantes de cada dimensão segundo o *ranking* obtido, perfazendo um total de 9 KPIs selecionados para o ISG.

Por último, a aplicação do sistema *fuzzy* permitiu a agregação dos 9 KPIs selecionados, em 3 indicadores de sustentabilidade (ambiental, social e económica) e no ISG. Ao analisar o estado da sustentabilidade para cada uma das suas dimensões, verificou-se que o pior desempenho corresponde ao indicador da sustentabilidade ambiental (SA), para qualquer um dos anos de observação (2019 e 2020). Os KPIs que mais influenciaram a redução do desempenho da SA de um ano para o outro, foram os KPIs "Quantidade de materiais reciclados" (A4) e "Papel consumido na operação" (A11), uma vez que reduziram o seu desempenho. Sabendo que a dimensão da sustentabilidade que mais contribui para a redução do ISG é a SA, a gestão de topo dos SL da EDP GS deve direcionar esforços para os KPIs identificados com pior desempenho, de modo a que sejam implementadas ações concretas para aumentar o nível da SA e consequentemente o nível do ISG.

Com este estudo foi possível aferir que a criação de um ISG contribui, simultaneamente, para as empresas monitorizarem o impacto sustentável das suas atividades, e ainda identificarem as atividades com maior contribuição para um *output* desfavorável.

5.2. Contributos

Neste sentido, a presente dissertação contribuiu para o desenvolvimento de um modelo de avaliação de desempenho sustentável (ISG), que considera todos os aspetos da sustentabilidade e que é capaz de identificar as atividades que têm um impacto positivo ou negativo no desempenho sustentável, de acordo com os objetivos estabelecidos. O ISG permite apoiar os processos de tomada de decisão, uma vez que gera um conhecimento transversal sobre os impactos sustentáveis e ajuda a identificar as atividades onde se deve intervir, de modo a atingir as metas sustentáveis com que as empresas se comprometem.

A nível teórico, a proposta de criação de um índice de sustentabilidade geral veio colmatar a ausência de um modelo capaz de avaliar a sustentabilidade nas cadeias de abastecimento, de acordo com as suas três dimensões de forma equivalente.

5.3. Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros sugere-se dar continuidade ao estudo realizado, através das seguintes sugestões:

- Uma análise comparativa entre os KPIs selecionados com o TOPSIS e os KPIs a selecionar através da aplicação de outro modelo de decisão, aplicando por exemplo apenas o modelo AHP com três *clusters* (objetivo, critérios e alternativas), sendo as alternativas os indicadores.
- A validação das funções de pertença e regras de inferência *fuzzy* criadas para a modelação ISG;
- O levantamento de outros KPIs junto de uma equipa de peritos no âmbito da sustentabilidade da empresa, de modo a tornar o ISG mais robusto face aos impactos sustentáveis da área;
- A criação de um ISG com um número diferente de KPIs para cada dimensão da sustentabilidade;
- Testar a aplicação do ISG a outras áreas da empresa ou a outras empresas, que tenham interesse numa ferramenta capaz de medir a sustentabilidade geral e particular de cada dimensão;

BIBLIOGRAFIA

- Ahi, P., & Searcy, C. (2015). An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 86, 360–377. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.005>
- Alvarez, P. A., Ishizaka, A., & Martínez, L. (2021). Multiple-criteria decision-making sorting methods: A survey. *Expert Systems with Applications*, 183, 115368. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115368>
- Amrina, E., & Vilsı, A. L. (2015). Key Performance Indicators for Sustainable Manufacturing Evaluation in Cement Industry. *Procedia CIRP*, 26, 19–23. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.173>
- Antolín-López, R., Delgado-Ceballos, J., & Montiel, I. (2016). Deconstructing corporate sustainability: A comparison of different stakeholder metrics. *Journal of Cleaner Production*, 136(Part A), 5–17. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.111>
- Beekaroo, D., Callychurn, D. S., & Hurreeram, D. K. (2019). Developing a sustainability index for Mauritian manufacturing companies. *Ecological Indicators*, 96, 250–257. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.003>
- Behzadian, M., Khanmohammadi Otaghsara, S., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 13051–13069. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>
- Borregan-Alvarado, J., Alvarez-Meaza, I., Cilleruelo-Carrasco, E., & Garechana-Anacabe, G. (2020). A Bibliometric Analysis in Industry 4.0 and Advanced Manufacturing: What about the Sustainable Supply Chain? *Sustainability*, 12(19), 7840. <https://doi.org/10.3390/su12197840>
- Bottani, E., Gentilotti, M. C., & Rinaldi, M. (2017). A Fuzzy Logic-Based Tool for the Assessment of Corporate Sustainability: A Case Study in the Food Machinery Industry. *Sustainability*, 9(4), 583. <https://doi.org/10.3390/su9040583>
- Brint, A., Genovese, A., Piccolo, C., & Taboada-Perez, G. J. (2021). Reducing data requirements when selecting key performance indicators for supply chain management: The case of a multinational automotive component manufacturer. *International Journal of Production Economics*, 233, 107967. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107967>
- Carlucci, D. (2010). Evaluating and selecting key performance indicators: An ANP-based model. *Measuring Business Excellence*, 14(2), 66–76. <https://doi.org/10.1108/13683041011047876>

- Chandra, D., & Kumar, D. (2018). Two-way assessment of key performance indicators to vaccine supply chain system in India. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(1), 194–230. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-02-2018-0078>
- Chardine-Baumann, E., & Botta-Genoulaz, V. (2014). A framework for sustainable performance assessment of supply chain management practices. *Computers & Industrial Engineering*, 76(C), 138–147. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.07.029>
- Chen, K.-S., & Yang, C.-M. (2018). Developing a performance index with a Poisson process and an exponential distribution for operations management and continuous improvement. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 343, 737–747. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2018.03.034>
- Chorfi, Z., Berrado, A., & Benabbou, L. (2015). Selection of Key Performance Indicators for Supply Chain monitoring using MCDA. *2015 10th International Conference on Intelligent Systems: Theories and Applications (SITA)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/SITA.2015.7358395>
- Chowdhury, P., & Paul, S. K. (2020). Applications of MCDM methods in research on corporate sustainability: A systematic literature review. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 31(2), 385–405. <https://doi.org/10.1108/MEQ-12-2019-0284>
- Cristea, C., & Cristea, M. (2021). KPIs for Operational Performance Assessment in Flexible Packaging Industry. *Sustainability*, 13(6), 3498. <https://doi.org/10.3390/su13063498>
- Despotovic, D., Cvetanovic, S., Nedic, V., & Despotovic, M. (2016). Economic, social and environmental dimension of sustainable competitiveness of European countries. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(9), 1656–1678. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1085370>
- Domínguez, E., Pérez, B., Rubio, Á. L., & Zapata, M. A. (2019). A taxonomy for key performance indicators management. *Computer Standards & Interfaces*, 64, 24–40. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.12.001>
- Eaidgah, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodae, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement: A lean manufacturing approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2), 187–210. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2014-0028>
- EDP. (2021a). *A nossa visão*. <https://www.edp.com/pt-pt/a-edp/a-nossa-visao>. Acedido a 19/04/2021
- EDP. (2021b). *EDP GS SS - Missões Atribuições*. <https://edpon.edp.com/system/files/2021-01/EDP>. Acedido a 19/04/2021
- EDP. (2021c). *EDP SA - mapa e manuais de processos*. <https://edpon.edp.com/pt-pt#/paginas/processos/1103446/EDP-SA/2>. Acedido a 21/04/2021
- EDP. (2021d). *Kit de Imprensa | edp.com*. <https://www.edp.com/pt-pt/media/kit-imprensa>. Acedido a 23/04/2021
- EDP. (2021e). *Plano Estratégico em números*. [https://edpon.edp.com/pt-pt#/search/objetivos%20estrat%C3%A9gicos\(noticias:2021-02-25/1171321/Plano-Estrategico-em-numeros\)](https://edpon.edp.com/pt-pt#/search/objetivos%20estrat%C3%A9gicos(noticias:2021-02-25/1171321/Plano-Estrategico-em-numeros)). Acedido a 23/04/2021
- EDP. (2021f). *Setor Energético*. [edp.com. https://www.edp.com/pt-pt/a-edp/setor-energetico](https://www.edp.com/pt-pt/a-edp/setor-energetico). Acedido a 28/04/2021
- EDP. (2021g). *Sobre a EDP*. [edp.com. https://www.edp.com/pt-pt/a-edp](https://www.edp.com/pt-pt/a-edp). Acedido a 28/04/2021
- EDP. (2021h). *Sobre nós*. <https://edpon.edp.com/pt-pt#/paginas/43411/Grupo-EDP>. Acedido a 30/04/2021

- EDP. (2021i). *Visão e Valores (Shared Services)*. <https://edpon.edp.com/pt-pt#/empresas/empresas-edp/220126/EDP-Global-Solutions/53561/Shared-Services>. Acedido a 30/04/2021
- EDP. (2021j). *Visão, valores, compromissos e gestores: Conheça os elementos que constituem o núcleo do ADN EDP*. <https://edpon.edp.com/pt-pt#/paginas/grupo-edp/43426/Sobre-nos>. Acedido a 27/04/2021
- Elkington, J. (2004). Enter the Triple Bottom Line. In: *Henriques, A. and Richardson, J., Eds., The Triple Bottom Line, Does It All Add up? Assessing the Sustainability of Business and CSR, Earths Can Publications Ltd., London*, 1–16.
- Erol, I., Sencer, S., & Sari, R. (2011). A new fuzzy multi-criteria framework for measuring sustainability performance of a supply chain. *Ecological Economics*, 70(6), 1088–1100. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.01.001>
- Falle, S., Rauter, R., Engert, S., & Baumgartner, R. J. (2016). Sustainability Management with the Sustainability Balanced Scorecard in SMEs: Findings from an Austrian Case Study. *Sustainability*, 8(6), 545. <https://doi.org/10.3390/su8060545>
- Global Reporting Initiative. (2018a). *GRI 201: Economic Performance 2016, GRI 307: Environmental Compliance 2016, GRI 419: Socioeconomic Compliance 2016*. <https://www.globalreporting.org/>. Acedido a 29/03/2021
- Global Reporting Initiative. (2018b). *GRI 307: Environmental Compliance 2016*. <https://www.globalreporting.org/>. Acedido a 29/03/2021
- Global Reporting Initiative. (2018c). *GRI 419: Socioeconomic Compliance 2016*. <https://www.globalreporting.org/>. Acedido a 29/03/2021
- Grewatsch, S., & Kleindienst, I. (2018). How organizational cognitive frames affect organizational capabilities: The context of corporate sustainability. *Long Range Planning*, 51(4), 607–624. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2017.03.004>
- Guarini, M. R., Battisti, F., & Chiovitti, A. (2018). A Methodology for the Selection of Multi-Criteria Decision Analysis Methods in Real Estate and Land Management Processes. *Sustainability*, 10(2), 507. <https://doi.org/10.3390/su10020507>
- Gunasekaran, A., Patel, C., & McGaughey, R. E. (2004). A framework for supply chain performance measurement. *International Journal of Production Economics*, 87(3), 333–347. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.08.003>
- Hanaoka, S., & Kunadhamraks, P. (2009). Multiple criteria and fuzzy based evaluation of logistics performance for intermodal transportation. *Journal of Advanced Transportation*, 43(2), 123–153. <https://doi.org/10.1002/atr.5670430204>
- Hartini, S., Ciptomulyono, U., & Anityasari, M. (2017). Extended value stream mapping to enhance sustainability: A literature review. *AIP Conference Proceedings*, 1902(1), 020030. <https://doi.org/10.1063/1.5010647>
- Hutchins, M. J., & Sutherland, J. W. (2008). An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1688–1698. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.06.001>
- INE. (2019). *Estatísticas do Ambiente 2019*. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=470719178&PUBLICACOESmodo=2. Acedido a 12/07/2021
- Kaganski, S., Majak, J., & Karjust, K. (2018). Fuzzy AHP as a tool for prioritization of key performance indicators. *Procedia CIRP*, 72, 1227–1232. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.097>

- Kantabutra, S., & Ketprapakorn, N. (2020). Toward a theory of corporate sustainability: A theoretical integration and exploration. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122292. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122292>
- Kaplan, R. S. (2009). Conceptual Foundations of the Balanced Scorecard. Em C. S. Chapman, A. G. Hopwood, & M. D. Shields (Eds.), *Handbooks of Management Accounting Research* (Vol. 3, pp. 1253–1269). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1751-3243\(07\)03003-9](https://doi.org/10.1016/S1751-3243(07)03003-9)
- Kayikci, Y. (2018). Sustainability impact of digitization in logistics. *Procedia Manufacturing*, 21, 782–789. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.184>
- Kerzner, H. (2017). *Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance*. John Wiley & Sons.
- Khan, S. A., Kaviani, M. A., J. Galli, B., & Ishtiaq, P. (2019). Application of continuous improvement techniques to improve organization performance: A case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(2), 542–565. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2017-0048>
- Khan, S. A. R., Yu, Z., Golpira, H., Sharif, A., & Mardani, A. (2021). A state-of-the-art review and meta-analysis on sustainable supply chain management: Future research directions. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123357. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123357>
- Klarin, T. (2018). The Concept of Sustainable Development: From its Beginning to the Contemporary Issues. *Zagreb International Review of Economics and Business*, 21(1), 67–94. <https://doi.org/10.2478/zireb-2018-0005>
- Koberg, E., & Longoni, A. (2019). A systematic review of sustainable supply chain management in global supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 207, 1084–1098. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.033>
- Kolk, A. (2016). The social responsibility of international business: From ethics and the environment to CSR and sustainable development. *Journal of World Business*, 51(1), 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2015.08.010>
- Kouaib, A., Mhiri, S., & Jarboui, A. (2020). Board of directors' effectiveness and sustainable performance: The triple bottom line. *The Journal of High Technology Management Research*, 31(2), 100390. <https://doi.org/10.1016/j.hitech.2020.100390>
- Krajnc, D., & Glavič, P. (2005). How to compare companies on relevant dimensions of sustainability. *Ecological Economics*, 55(4), 551–563. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.011>
- Kurien, G., & Qureshi, M. (2011). *Study of performance measurement practices in supply chain management*. 2, 19–34.
- Labuschagne, C., Brent, A. C., & van Erck, R. P. G. (2005). Assessing the sustainability performances of industries. *Journal of Cleaner Production*, 13(4), 373–385. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.10.007>
- Laurell, H., Karlsson, N. P. E., Lindgren, J., Andersson, S., & Svensson, G. (2018). Re-testing and validating a triple bottom line dominant logic for business sustainability. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 30(3), 518–537. <https://doi.org/10.1108/MEQ-02-2018-0024>
- Leal Filho, W. (2000). Dealing with misconceptions on the concept of sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 1(1), 9–19. <https://doi.org/10.1108/1467630010307066>

- Liu, W., Bai, E., Liu, L., & Wei, W. (2017). A Framework of Sustainable Service Supply Chain Management: A Literature Review and Research Agenda. *Sustainability*, 9(3), 421. <https://doi.org/10.3390/su9030421>
- Lorino, P. (1996). *Méthodes et pratiques de la performance* (3eme ed.). Editions d'Organisation.
- Lu, M.-T., Hsu, C.-C., Liou, J. J. H., & Lo, H.-W. (2018). A hybrid MCDM and sustainability-balanced scorecard model to establish sustainable performance evaluation for international airports. *Journal of Air Transport Management*, 71, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2018.05.008>
- Malinowska, M., Rzeczycki, A., & Sowa, M. (2018). Roadmap to sustainable warehouse. *SHS Web of Conferences*, 57, 01028. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20185701028>
- Mardani, A., Kannan, D., Hooker, R. E., Ozkul, S., Alrasheedi, M., & Tirkolaee, E. B. (2020). Evaluation of green and sustainable supply chain management using structural equation modelling: A systematic review of the state of the art literature and recommendations for future research. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119383. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119383>
- Meadows, D. H., Randers, J., & Meadows, D. L. (2013). The Limits to Growth (1972). Em *The Future of Nature: Documents of Global Change* (pp. 101–116). Yale University Press. <https://doi.org/10.12987/9780300188479-012>
- Mebratu, D. (1998). Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review. *Environmental Impact Assessment Review*, 18(6), 493–520. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(98\)00019-5](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(98)00019-5)
- Meier, H., Lagemann, H., Morlock, F., & Rathmann, C. (2013). Key Performance Indicators for Assessing the Planning and Delivery of Industrial Services. *Procedia CIRP*, 11, 99–104. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.07.056>
- Mensah, J. (2019). Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review. *Cogent Social Sciences*, 5(1), 1653531. <https://doi.org/10.1080/23311886.2019.1653531>
- Mokhtar, M. F., Omar, B., Nor, N. H. M., Pauzi, N. F. M., Hasan, S., & Mohamed, W. A. W. (2017). Environmental concerns of supply chain sustainability (SCS). *AIP Conference Proceedings*, 1831(1), 020045. <https://doi.org/10.1063/1.4981186>
- Mota, B., Gomes, M. I., Carvalho, A., & Barbosa-Povoa, A. P. (2015). Towards supply chain sustainability: Economic, environmental and social design and planning. *Journal of Cleaner Production*, 105, 14–27. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.052>
- Özcan, E. C., Ünlüsoy, S., & Eren, T. (2017). A combined goal programming – AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 1410–1423. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.039>
- Paper - CO2 emissions from heavy-duty vehicles: Preliminary CO2 baseline (Q3-Q4 2019). (2020, Março 4). ACEA - European Automobile Manufacturers' Association. <https://www.acea.auto/publication/paper-co2-emissions-from-heavyduty-vehicles-preliminary-co2-baseline-q3q4-2019/>. Acedido a 12/07/2021
- Papulová, Z., Gažová, A., Šlenker, M., & Papula, J. (2021). Performance Measurement System: Implementation Process in SMEs. *Sustainability*, 13(9), 4794. <https://doi.org/10.3390/su13094794>
- Parmenter, D. (2019). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs* (4th ed.). John Wiley & Sons.

- Pask, F., Lake, P., Yang, A., Tokos, H., & Sadhukhan, J. (2017). Sustainability indicators for industrial ovens and assessment using Fuzzy set theory and Monte Carlo simulation. *Journal of Cleaner Production*, 140(3), 1217–1225. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.038>
- Pourjavad, E., & Mayorga, R. V. (2019). A comparative study and measuring performance of manufacturing systems with Mamdani fuzzy inference system. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(3), 1085–1097. <https://doi.org/10.1007/s10845-017-1307-5>
- Power, D. (2005). Supply chain management integration and implementation: A literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 10(4), 252–263. <https://doi.org/10.1108/13598540510612721>
- Pranugrahaning, A., Donovan, J. D., Topple, C., & Masli, E. K. (2021). Corporate sustainability assessments: A systematic literature review and conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126385. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126385>
- Presley, A., Meade, L., & Sarkis, J. (2007). A strategic sustainability justification methodology for organizational decisions: A reverse logistics illustration. *International Journal of Production Research*, 45(18–19), 4595–4620. <https://doi.org/10.1080/00207540701440220>
- Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: In search of conceptual origins. *Sustainability Science*, 14(3), 681–695. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5>
- Rajeev, A., Pati, R. K., Padhi, S. S., & Govindan, K. (2017). Evolution of sustainability in supply chain management: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 162, 299–314. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.026>
- Ravelomanantsoa, M. S., Ducq, Y., & Vallespir, B. (2019). A state of the art and comparison of approaches for performance measurement systems definition and design. *International Journal of Production Research*, 57(15–16), 5026–5046. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1506178>
- Reddy, K. J. M., Rao, A. N., & L, Krishnanand. (2019). A review on supply chain performance measurement systems. *Procedia Manufacturing*, 30, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.007>
- Renzi, C., Leali, F., & Di Angelo, L. (2017). A review on decision-making methods in engineering design for the automotive industry. *Journal of Engineering Design*, 28(2), 118–143. <https://doi.org/10.1080/09544828.2016.1274720>
- Rodrigues, M., & Franco, M. (2019). The Corporate Sustainability Strategy in Organisations: A Systematic Review and Future Directions. *Sustainability*, 11(22), 6214. <https://doi.org/10.3390/su11226214>
- Roostaie, S., Nawari, N., & Kibert, C. J. (2019). Sustainability and resilience: A review of definitions, relationships, and their integration into a combined building assessment framework. *Building and Environment*, 154, 132–144. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.02.042>
- Roy, V., Schoenherr, T., & Charan, P. (2018). The thematic landscape of literature in sustainable supply chain management (SSCM): A review of the principal facets in SSCM development. *International Journal of Operations & Production Management*, 38(4), 1091–1124. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-05-2017-0260>
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Saaty, T. L., & Peniwati, K. (2013). *Group Decision Making: Drawing Out and Reconciling Differences*. RWS Publications.

- Sanchez-Ruiz, L., Blanco, B., & Diaz, E. (2018). Difficulty in implementing continuous improvement – Rasch measurement analysis. *Business Process Management Journal*, 25(6), 1228–1250. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-05-2017-0125>
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
- Shi, L., Han, L., Yang, F., & Gao, L. (2019). The Evolution of Sustainable Development Theory: Types, Goals, and Research Prospects. *Sustainability*, 11(24), 7158. <https://doi.org/10.3390/su11247158>
- Shou, Y., Shao, J., Lai, K., Kang, M., & Park, Y. (2019). The impact of sustainability and operations orientations on sustainable supply management and the triple bottom line. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118280. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118280>
- Shrivastava, P., & Berger, S. (2010). Sustainability principles: A review and directions. *Organization Management Journal*, 7(4), 246–261. <https://doi.org/10.1057/omj.2010.35>
- Silvestre, W. J., & Fonseca, A. (2020). Integrative Sustainable Intelligence: A holistic model to integrate corporate sustainability strategies. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27(4), 1578–1590. <https://doi.org/10.1002/csr.1906>
- Singh, S., Olugu, E. U., & Fallahpour, A. (2014). Fuzzy-based sustainable manufacturing assessment model for SMEs. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 16(5), 847–860. <https://doi.org/10.1007/s10098-013-0676-5>
- Sousa, M., Almeida, M. F., & Calili, R. (2021). Multiple Criteria Decision Making for the Achievement of the UN Sustainable Development Goals: A Systematic Literature Review and a Research Agenda. *Sustainability*, 13(8), 4129. <https://doi.org/10.3390/su13084129>
- Striteska, M., & Spickova, M. (2012). Review and Comparison of Performance Measurement Systems. *The Journal of Organizational Management Studies*, 2012(Article ID 114900), 13. <https://doi.org/10.5171/2012.114900>
- Sweeney, E., Grant, D. B., & Mangan, D. J. (2018). Strategic adoption of logistics and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management*, 38(3), 852–873. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-05-2016-0258>
- Tangen, S. (2004). Performance measurement: From philosophy to practice. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 53(8), 726–737. <https://doi.org/10.1108/17410400410569134>
- Torabizadeh, M., Yusof, N. M., Ma'aram, A., & Shaharoun, A. M. (2020). Identifying sustainable warehouse management system indicators and proposing new weighting method. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119190. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119190>
- Tsalis, T. A., Malamateniou, K. E., Koulouriotis, D., & Nikolaou, I. E. (2020). New challenges for corporate sustainability reporting: United Nations' 2030 Agenda for sustainable development and the sustainable development goals. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27(4), 1617–1629. <https://doi.org/10.1002/csr.1910>
- Velasquez, M., & Hester, P. T. (2013). An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. *International Journal of Operations Research*, 10(2), 56–66.
- Wang, L., & Lin, L. (2004). Making sustainability accountable: A valuation model for corporate performance. *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, 2004. Conference Record. 2004*, 7–12. <https://doi.org/10.1109/ISEE.2004.1299679>

- World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.
- Yang, H., Yeung, J. F. Y., Chan, A. P. C., Chiang, Y. H., & Chan, D. W. M. (2010). A critical review of performance measurement in construction. *Journal of Facilities Management*, 8(4), 269–284. <https://doi.org/10.1108/14725961011078981>
- Zhang, Y., Khan, S. A. R., Kumar, A., Golpîra, H., & Sharif, A. (2019). Is tourism really affected by logistical operations and environmental degradation? An empirical study from the perspective of Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 227, 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.164>
- Zijm, H., Klumpp, M., Heragu, S., & Regattieri, A. (2019). Operations, Logistics and Supply Chain Management: Definitions and Objectives. Em H. Zijm, M. Klumpp, A. Regattieri, & S. Heragu (Eds.), *Operations, Logistics and Supply Chain Management* (pp. 27–42). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92447-2_3

ANEXOS

Anexo A: Avaliação do grau de relevância dos KPIs identificados na literatura

O questionário “Avaliação do grau de relevância dos KPIs identificados na literatura” é composto por uma lista com todos os KPIs, agrupados pelas três dimensões do TBL, e uma escala de avaliação de relevância que varia entre 1 e 5. A seguinte tabela apresenta o questionário com as respostas dos 8 inquiridos que constituem o grupo de decisores.

Dimensão	KPI	Avaliação								
		A	B	C	D	E	F	G	H	Média G
Económica	Taxa de produtos com defeito	4	5	4	4	2	2	4	4	3,46
	Eficiência do acompanhamento dado aos fornecedores	4	5	5	4	1	4	5	4	3,66
	Eficiência do operador 3PL contratado pela empresa (*)	5	5	5	5	4	4	5	4	4,60
	Tempo da operação de receção	3	3	4	4	5	4	5	4	3,94
	Custos de armazém	5	4	2	4	3	4	5	4	3,74
	Capacidade de armazenamento (*)	4	4	5	5	5	4	5	5	4,60

Dimensão	KPI	Avaliação								
		A	B	C	D	E	F	G	H	Média G
Económica	Tempo de picking (*)	4	4	4	3	5	4	5	4	4,08
	Tempo de carga e descarga (*)	4	4	5	3	5	4	5	4	4,20
	Custos de stock (*)	5	5	5	5	5	4	5	5	4,86
	Custos de mão-de-obra	3	4	5	5	1	4	5	4	3,53
	Custos de material	2	5	3	3	1	4	5	4	3,04
	Custos de energia	1	3	3	4	1	4	4	4	2,63
	Custos com I&D (Investigação e Desenvolvimento)	1	2	4	3	4	3	4	4	2,87
	Custos com aplicações de digitalização de processos logísticos (*)	4	4	5	4	4	4	4	4	4,11
	Custos com multas ambientais e de segurança	1	4	3	2	1	4	5	1	2,16
	Investimentos em proteção ambiental / ano (€)	3	3	4	3	3	4	3	1	2,81
	Investimentos em projetos sociais / ano (€)	1	3	4	2	3	4	3	1	2,33
	Tempo de entrega (*)	4	5	5	3	4	4	5	4	4,20
	Custos de transporte (*)	5	5	5	5	4	4	5	4	4,60
	Atraso de transporte (*)	5	4	5	4	4	4	5	4	4,35
	Retorno do investimento (*)	3	5	4	4	5	4	5	4	4,20
	Valor económico direto e indireto gerado e distribuído (*)	4	5	5	4	4	4	5	4	4,35
	Rácio de gastos com fornecedor local e fornecedores não local	3	3	5	4	5	2	5	1	3,12
	EBITDA (*)	3	4	5	4	4	4	5	4	4,08
Lucro (*)	3	4	5	4	4	4	5	4	4,08	
Ambiental	Volume de emissões atmosféricas por ano (*)	4	3	5	5	4	5	4	5	4,31
	Redução da quantidade de emissões diretas e indiretas e de outras emissões relevantes de gases de efeito de estufa	4	5	4	4	5	2	1	4	3,26
	Pegada de Carbono	3	2	5	4	4	5	3	2	3,31
	Veículos movidos a energia renovável, eletricidade e gás natural (%) – deslocações de colaboradores	3	5	4	4	2	5	3	4	3,61
	Veículos movidos a energia renovável, eletricidade e gás natural (%) – transportes de mercadorias	4	3	5	4	3	5	4	4	3,94
	Consumo de Energia	2	5	3	4	4	5	3	3	3,48

Dimensão	KPI	Avaliação								
		A	B	C	D	E	F	G	H	Média G
Ambiental	Energia proveniente de fontes renováveis (%)	4	5	3	4	3	5	5	3	3,90
	Redução de requisitos energéticos nos produtos e serviços	1	4	1	3	3	1	1	1	1,57
	Iluminação LED (%)	2	3	3	5	4	5	3	4	3,48
	Iluminação natural (%)	1	4	5	5	4	5	3	4	3,53
	Uso de dispositivos de controlo automático da temperatura	3	3	5	2	2	1	3	3	2,52
	Uso de dispositivos de controlo automático de iluminação	3	3	5	4	4	5	3	3	3,66
	Nível de isolamento do edifício	2	4	3	2	4	3	3	3	2,91
	Consumo de combustível – deslocações de colaboradores	4	4	4	4	3	5	3	4	3,83
	Consumo de combustível – transportes de mercadorias	4	2	5	4	3	5	4	4	3,74
	Consumo de água	1	3	3	4	4	2	3	4	2,77
	Quantidade de água reutilizada	2	3	2	4	5	2	2	2	2,57
	Água Residual (%)	2	3	1	4	4	2	2	2	2,29
	Quantidade de resíduos gerados (*)	4	4	4	5	4	5	3	5	4,20
	Quantidade de materiais reutilizados (*)	4	4	5	4	4	5	3	4	4,08
	Quantidade de materiais reciclados (*)	4	4	5	5	3	5	3	4	4,05
	Quantidade de resíduos perigosos	3	4	5	5	2	5	4	5	3,96
	Horas de formação do operador 3PL em questões ambientais	5	2	5	3	4	3	4	5	3,71
	Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Transportador (*)	5	3	5	4	5	4	3	5	4,16
	Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Operador 3PL (*)	4	3	5	4	5	4	3	5	4,05
	Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Fornecedores de Materiais (*)	4	4	5	4	5	4	3	5	4,20
Quantidade de fornecedores verdes	4	4	5	4	4	4	2	1	3,17	
Impacto da empresa sobre a biodiversidade e o habitat	1	2	5	2	2	1	3	1	1,82	
Número de iniciativas de mitigação do impacto ambiental	3	3	5	3	4	4	2	4	3,39	
Social	Taxa de rotatividade dos colaboradores dos SL	4	3	4	4	3	3	5	5	3,80
	Taxa de rotatividade dos colaboradores do 3PL (*)	4	3	4	4	5	3	5	5	4,05
	Número de horas de trabalho / colaborador	4	3	3	3	5	3	5	4	3,66
	Número de horas de formação / colaborador	4	3	3	4	5	3	5	4	3,80
	Satisfação dos colaboradores (*)	5	3	5	4	5	4	5	4	4,31

Dimensão	KPI	Avaliação								
		A	B	C	D	E	F	G	H	Média G
Social	Envolvimento dos colaboradores (*)	5	4	5	4	4	4	5	4	4,35
	Equidade de género	1	2	5	4	3	4	4	4	3,06
	Número de colaboradores contratados por faixa etária e género	3	2	5	3	3	4	4	4	3,39
	Número anual de ideias inovadoras aplicadas geradas por colaboradores	2	2	5	3	4	4	4	4	3,34
	Número médio anual de reclamações / colaborador	1	4	2	3	2	4	4	4	2,73
	Benefícios dos colaboradores	4	1	4	5	5	3	4	4	3,43
	Ergonomia	3	2	5	4	4	3	5	4	3,61
	Qualidade do ambiente de trabalho	1	4	5	4	4	4	5	5	3,66
	Satisfação do cliente (*)	5	5	5	5	5	4	5	5	4,86
	Número médio anual de reclamações / clientes	2	2	5	4	5	4	5	4	3,66
	Taxa de Acidentes dos colaboradores dos SL	4	4	5	3	2	5	5	5	3,96
	Taxa de Acidentes nos armazéns do 3PL	3	4	5	4	1	5	5	5	3,63
	Saúde e Segurança Ocupacional	4	4	5	4	2	4	5	5	3,99
	Taxa de Doença	3	2	5	2	1	4	5	5	2,97
	Ética e integridade	4	2	5	3	2	4	5	5	3,53
Taxa de aceitação de aplicativos digitais	5	3	5	3	1	4	4	3	3,19	

Anexo B: Priorização dos critérios através do modelo AHP

No âmbito do estágio curricular nos SL da EDP GS e para apoio ao desenvolvimento da minha Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, foi elaborado o seguinte inquérito com o propósito da aplicação do Modelo da Análise Hierárquica (AHP).

Objetivo: Priorizar os critérios considerados, ou seja, atribuir pesos para cada critério, através da aplicação do Modelo AHP.

O inquérito pressupõe uma comparação par a par, entre os seguintes critérios:

- Redução de Custos Operacionais (C1)
- Aumento da Qualidade do Serviço (C2)
- Aumento da Eficiência (C3)
- Melhoria da Satisfação do Cliente (C4)
- Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento (C5)
- Melhoria do Bem-estar dentro da Organização (C6)

Pretende-se apurar qual dos critérios é o mais importante, na sua ótica, e quantificar a sua importância, numa escala de 1-9.

Posteriormente, os critérios e os respetivos pesos, serão utilizados numa 2ª Etapa do estudo e irão contribuir para a hierarquização e seleção de indicadores propostos através de um Modelo de Decisão.

Duração aproximada: 5min

A sua colaboração é essencial, por isso agradeço desde já a sua disponibilidade!

Qualquer dúvida que surja não hesite em contactar-me.

Questão 1 – Qual dos critérios é mais importante?

- Redução de Custos Operacionais (seguir para a questão 1.1)
- Aumento da Qualidade do Serviço (seguir para a questão 1.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 2)

1.1 Quantifique a importância

O critério Redução de Custos Operacionais é ... (selecionar opção) ... que o critério Aumento da Qualidade do Serviço (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

1.2 Quantifique a importância

O critério Aumento da Qualidade do Serviço é ... (selecionar opção) ... que o critério Redução de Custos Operacionais (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 2 – Qual dos critérios é mais importante?

- Redução de Custos Operacionais (seguir para a questão 2.1)
- Aumento da Eficiência (seguir para a questão 2.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 3)

2.1 Quantifique a importância

O critério Redução de Custos Operacionais é ... (selecionar opção) ... que o critério Aumento da Eficiência (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

2.2 Quantifique a importância

O critério Aumento da Eficiência é ... (selecionar opção) ... que o critério Redução de Custos Operacionais (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 3 – Qual dos critérios é mais importante?

- Redução de Custos Operacionais (seguir para a questão 3.1)
- Melhoria da Satisfação do Cliente (seguir para a questão 3.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 4)

3.1 Quantifique a importância

O critério Redução de Custos Operacionais é ... (selecionar opção) ... que o critério Melhoria da Satisfação do Cliente (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

3.2 Quantifique a importância

O critério Melhoria da Satisfação do Cliente é ... (selecionar opção) ... que o critério Redução de Custos Operacionais (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 4 – Qual dos critérios é mais importante?

- Redução de Custos Operacionais (seguir para a questão 4.1)
- Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento (seguir para a questão 4.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 5)

4.1 Quantifique a importância

O critério Redução de Custos Operacionais é ... (selecionar opção) ... que o critério Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

4.2 Quantifique a importância

O critério Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento é ... (selecionar opção) ... que o critério Redução de Custos Operacionais (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 5 – Qual dos critérios é mais importante?

- Redução de Custos Operacionais (seguir para a questão 5.1)
- Melhoria do Bem-estar dentro da Organização (seguir para a questão 5.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 6)

5.1 Quantifique a importância

O critério Redução de Custos Operacionais é ... (selecionar opção) ... que o critério Melhoria do Bem-estar dentro da Organização (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

5.2 Quantifique a importância

O critério Melhoria do Bem-estar dentro da Organização é ... (selecionar opção) ... que o critério Redução de Custos Operacionais (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 6 – Qual dos critérios é mais importante?

- Aumento da Qualidade do Serviço (seguir para a questão 6.1)
- Aumento da Eficiência (seguir para a questão 6.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 7)

6.1 Quantifique a importância

O critério Aumento da Qualidade do Serviço é ... (selecionar opção) ... que o critério Aumento da Eficiência (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

6.2 Quantifique a importância

O critério Aumento da Eficiência é ... (selecionar opção) ... que o critério Aumento da Qualidade do Serviço (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 7 – Qual dos critérios é mais importante?

- Aumento da Qualidade do Serviço (seguir para a questão 6.1)
- Melhoria da Satisfação do Cliente (seguir para a questão 6.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 7)

7.1 Quantifique a importância

O critério Aumento da Qualidade do Serviço é ... (selecionar opção) ... que o critério Melhoria da Satisfação do Cliente (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

7.2 Quantifique a importância

O critério Melhoria da Satisfação do Cliente é ... (selecionar opção) ... que o critério Aumento da Qualidade do Serviço (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 8 – Qual dos critérios é mais importante?

- Aumento da Qualidade do Serviço (seguir para a questão 8.1)
- Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento (seguir para a questão 8.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 9)

8.1 Quantifique a importância

O critério Aumento da Qualidade do Serviço é ... (selecionar opção) ... que o critério Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

8.2 Quantifique a importância

O critério Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento é ... (selecionar opção) ... que o critério Aumento da Qualidade do Serviço (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 9 – Qual dos critérios é mais importante?

- Aumento da Qualidade do Serviço (seguir para a questão 9.1)
- Melhoria do Bem-estar dentro da Organização (seguir para a questão 9.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 10)

9.1 Quantifique a importância

O critério Aumento da Qualidade do Serviço é ... (selecionar opção) ... que o critério Melhoria do Bem-estar dentro da Organização (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

9.2 Quantifique a importância

O critério Melhoria do Bem-estar dentro da Organização é ... (selecionar opção) ... que o critério Aumento da Qualidade do Serviço (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 10 – Qual dos critérios é mais importante?

- Aumento da Eficiência (seguir para a questão 10.1)
- Melhoria da Satisfação do Cliente (seguir para a questão 10.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 11)

10.1 Quantifique a importância

O critério Aumento da Eficiência é ... (selecionar opção) ... que o critério Melhoria da Satisfação do Cliente (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

10.2 Quantifique a importância

O critério Melhoria da Satisfação do Cliente é ... (selecionar opção) ... que o critério Aumento da Eficiência (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 11 – Qual dos critérios é mais importante?

- Aumento da Eficiência (seguir para a questão 11.1)
- Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento (seguir para a questão 11.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 12)

11.1 Quantifique a importância

O critério Aumento da Eficiência é ... (selecionar opção) ... que o critério Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

11.2 Quantifique a importância

O critério Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento é ... (selecionar opção) ... que o critério Aumento da Eficiência (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 12 – Qual dos critérios é mais importante?

- Aumento da Eficiência (seguir para a questão 12.1)
- Melhoria do Bem-estar dentro da Organização (seguir para a questão 12.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 13)

12.1 Quantifique a importância

O critério Aumento da Eficiência é ... (selecionar opção) ... que o critério Melhoria do Bem-estar dentro da Organização (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

12.2 Quantifique a importância

O critério Melhoria do Bem-estar dentro da Organização é ... (selecionar opção) ... que o critério Aumento da Eficiência (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 13 – Qual dos critérios é mais importante?

- Melhoria da Satisfação do Cliente (seguir para a questão 13.1)
- Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento (seguir para a questão 13.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 14)

13.1 Quantifique a importância

O critério Melhoria da Satisfação do Cliente é ... (selecionar opção) ... que o critério Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

13.2 Quantifique a importância

O critério Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento é ... (selecionar opção) ... que o critério Melhoria da Satisfação do Cliente (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 14 – Qual dos critérios é mais importante?

- Melhoria da Satisfação do Cliente (seguir para a questão 14.1)
- Melhoria do Bem-estar dentro da Organização (seguir para a questão 14.2)
- Igual Importância (seguir para a questão 15)

14.1 Quantifique a importância

O critério Melhoria da Satisfação do Cliente é ... (selecionar opção) ... que o critério Melhoria do Bem-estar dentro da Organização (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

14.2 Quantifique a importância

O critério Melhoria do Bem-estar dentro da Organização é ... (selecionar opção) ... que o critério Melhoria da Satisfação do Cliente (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Questão 15 – Qual dos critérios é mais importante?

- Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento (seguir para a questão 15.1)
- Melhoria do Bem-estar dentro da Organização (seguir para a questão 15.2)
- Igual Importância

15.1 Quantifique a importância

O critério Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento é ... (selecionar opção) ... que o critério Melhoria do Bem-estar dentro da Organização (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

15.2 Quantifique a importância

O critério Melhoria do Bem-estar dentro da Organização é ... (selecionar opção) ... que o critério Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento (2,4,6 e 8 – são valores intermédios)

- 2
- 3 – Moderadamente mais importante
- 4
- 5 – Mais importante
- 6
- 7 – Muito mais importante
- 8
- 9 – Absolutamente mais importante

Anexo B.1: Análise aos resultados do questionário do Anexo B

As matrizes que se seguem representam o tratamento de dados às respostas dos 8 inquiridos que constituem o grupo de decisores e que se representam pelas letras A, B, C, D, E, F, G e H.

Matrizes de Comparação dos Inquiridos

	A						B						C					
	RC	QS	E	SC	IA	BO	RC	QS	E	SC	IA	BO	RC	QS	E	SC	IA	BO
RC	1	1/5	1/4	1/5	1/3	1	1	1/3	1/3	1/2	5	1/3	1	1	1	1	1	1
QS	5	1	3	1/3	3	3	3	1	1/2	3	5	1/3	1	1	1	5	1	1
E	4	1/3	1	1/5	1/3	3	3	1/3	1	3	3	1/3	1	1	1	1	1	1
SC	5	3	5	1	5	5	2	1/3	1/3	1	3	1/3	1	1/5	1	1	1	1
IA	3	1/3	3	1/5	1	4	1/5	1/5	1/3	1/3	1	1/5	1	1	1	1	1	1
BO	1	1/3	1/3	1/5	1/4	1	3	3	3	3	5	1	1	1	1	1	1	1
Σ	19	5,2	12,58	2,13	9,92	17	12,2	6,87	5,5	10,83	22	2,53	6	5,2	6	10	6	6

	D						E						F					
	RC	QS	E	SC	IA	BO	RC	QS	E	SC	IA	BO	RC	QS	E	SC	IA	BO
RC	1	1	1/4	1	5	1/4	1	1/5	1/4	1/7	1/3	1/7	1	1/3	1/5	1/3	1/3	1
QS	1	1	1	0,25	5	1	5	1	3	1/3	5	1/5	3	1	1	1/3	1	1
E	4	1	1	1	5	1	4	1/3	1	1/7	3	1/5	5	1	1	1/3	1	1
SC	1	4	1	1	5	1	7	3	7	1	5	2	3	3	3	1	1	1
IA	1/5	1/5	1/5	1/5	1	1/5	3	1/5	1/3	1/5	1	1/5	3	1	1	1	1	1
BO	4	1	1	1	5	1	7	5	5	1/2	5	1	1	1	1	1	1	1
Σ	11,2	8,2	4,45	4,45	26	4,45	27	9,7(3)	16,58	2,32	19,(3)	3,74	16	7,(3)	7,2	4	5,(3)	6

	G						H					
	RC	QS	E	SC	IA	BO	RC	QS	E	SC	IA	BO
RC	1	1	1	1	1	1/3	1	1	1/5	1/3	5	3
QS	1	1	1	1	5	1	1	1	1/3	3	6	6
E	1	1	1	1	5	1/3	5	3	1	3	7	6
SC	1	1	1	1	5	1	3	1/3	1/3	1	6	5
IA	1/5	1/5	1/5	1/5	1	1/5	1/5	1/6	1/7	1/6	1	1/3
BO	3	1	3	1	5	1	1/3	1/6	1/6	1/5	3	1
Σ	7,2	5,2	7,2	5,2	26	3,87	10,5(3)	5,67	2,18	7,7	28	21,(3)

Matrizes de Comparação dos Inquiridos Normalizadas

	A							B						
	RC	QS	E	SC	IA	BO	Peso	RC	QS	E	SC	IA	BO	Peso
RC	0,0526	0,0385	0,0199	0,0938	0,0336	0,0588	0,0495	0,0820	0,0485	0,0606	0,4615	0,2273	0,1316	0,0994
QS	0,2632	0,1923	0,2384	0,1563	0,3025	0,1765	0,2215	0,2459	0,1456	0,0909	0,2769	0,2273	0,1316	0,1864
E	0,2105	0,0641	0,0795	0,0938	0,0336	0,1765	0,1097	0,2459	0,2913	0,1818	0,2769	0,1364	0,1316	0,2106
SC	0,2632	0,5769	0,3974	0,4688	0,5042	0,2941	0,4174	0,1639	0,0485	0,0606	0,1364	0,1364	0,1316	0,1056
IA	0,1579	0,0641	0,2384	0,0938	0,1008	0,2353	0,1484	0,0164	0,0291	0,0606	0,1364	0,0455	0,0790	0,0436
BO	0,0526	0,0641	0,0265	0,0938	0,0252	0,0588	0,0535	0,2459	0,4369	0,5455	0,0454	0,2273	0,3947	0,3545
Σ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

	C							D						
	RC	QS	E	SC	IA	BO	Peso	RC	QS	E	SC	IA	BO	Peso
RC	0,1667	0,1923	0,1667	0,1	0,1667	0,1667	0,1598	0,0893	0,1220	0,0562	0,2247	0,1923	0,0562	0,1234
QS	0,1667	0,1923	0,1667	0,5	0,1667	0,1667	0,2265	0,0893	0,1220	0,2247	0,0562	0,1923	0,2247	0,1515
E	0,1667	0,1923	0,1667	0,1	0,1667	0,1667	0,1598	0,03571	0,1220	0,2247	0,2247	0,1923	0,2247	0,2243
SC	0,1667	0,0385	0,1667	0,1	0,1667	0,1667	0,1342	0,0893	0,4878	0,2247	0,2247	0,1923	0,2247	0,2406
IA	0,1667	0,1923	0,1667	0,1	0,1667	0,1667	0,1598	0,0179	0,0244	0,0449	0,0449	0,0385	0,0449	0,0359
BO	0,1667	0,1923	0,1667	0,1	0,1667	0,1667	0,1598	0,3571	0,1220	0,2247	0,2247	0,1923	0,2247	0,2243
Σ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

E								F						
	RC	QS	E	SC	IA	BO	Peso	RC	QS	E	SC	IA	BO	Peso
RC	0,0370	0,0206	0,0151	0,0616	0,0172	0,0382	0,0316	0,0625	0,0455	0,0278	0,0833	0,0625	0,1667	0,0747
QS	0,1852	0,1027	0,1809	0,1437	0,2586	0,0534	0,1541	0,1875	0,1364	0,1389	0,0833	0,1875	0,1667	0,1500
E	0,1482	0,0343	0,0603	0,0616	0,1552	0,0534	0,0855	0,3125	0,1364	0,1389	0,0833	0,1875	0,1667	0,1708
SC	0,2593	0,3082	0,4221	0,4312	0,2586	0,5344	0,3690	0,1875	0,4091	0,4167	0,25	0,1875	0,1667	0,2696
IA	0,1111	0,0206	0,0201	0,0862	0,0517	0,0534	0,0572	0,1875	0,1364	0,1389	0,25	0,1875	0,1667	0,1778
BO	0,2593	0,5137	0,3015	0,2156	0,2586	0,2672	0,3026	0,0625	0,1364	0,1389	0,25	0,1875	0,1667	0,15
Σ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

G								H						
	RC	QS	E	SC	IA	BO	Peso	RC	QS	E	SC	IA	BO	Peso
RC	0,1389	0,1923	0,1389	0,1923	0,1923	0,0862	0,1568	0,0950	0,1765	0,0919	0,0433	0,1785	0,1406	0,1210
QS	0,1389	0,1923	0,1389	0,1923	0,1923	0,2586	0,1856	0,0950	0,1765	0,1532	0,3896	0,2143	0,2813	0,2183
E	0,1389	0,1923	0,1389	0,1923	0,1923	0,0862	0,1568	0,4747	0,5294	0,4595	0,3896	0,2500	0,2813	0,3974
SC	0,1389	0,1923	0,1389	0,1923	0,1923	0,2586	0,1856	0,2848	0,0588	0,1532	0,1299	0,2143	0,2344	0,1792
IA	0,0278	0,0385	0,0278	0,0385	0,0385	0,0517	0,0371	0,0190	0,0294	0,0657	0,0217	0,0357	0,0156	0,0312
BO	0,4167	0,1923	0,4167	0,1923	0,1923	0,2586	0,2782	0,0317	0,0294	0,0766	0,0260	0,1071	0,0469	0,0529
Σ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Anexo C: Hierarquização e seleção dos KPIs através do modelo TOPSIS

No âmbito do estágio curricular nos SL da EDP GS e para apoio ao desenvolvimento da minha Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, foi elaborado o seguinte inquérito com o propósito da aplicação do Modelo de Decisão TOPSIS.

Objetivo: Hierarquização e seleção dos indicadores propostos, com base nos critérios considerados.

Pretende-se avaliar de que forma a medição/ acompanhamento de cada um dos indicadores propostos poderá contribuir, numa escala de 1-9, para que se atinga o critério em questão.

Por exemplo: De que forma é que a medição/ acompanhamento do indicador A1 – “Volume de emissões atmosféricas por ano”, contribui (numa escala de 1-9) para o critério C1 – “Redução de Custos Operacionais”? e para o critério “C2 – Aumento da Qualidade do Serviço”?

Duração aproximada: 10 min

A sua colaboração é essencial, por isso agradeço desde já a sua disponibilidade!

Qualquer dúvida que surja não hesite em contactar-me.

Escala	Critérios
1 – Nenhum contributo ou contributo muito fraco para com o critério em foco	C1 – Redução de Custos Operacionais
2 – Contributo fraco	C2 – Aumento da Qualidade do Serviço
3 – Contributo moderado	C3 – Aumento da Eficiência
4 – Contributo forte	C4 – Melhoria da Satisfação do Cliente
5 – Contributo muito forte	C5 – Redução do Impacto Ambiental na Cadeia de Abastecimento
	C6 – Melhoria do Bem-estar dentro da Organização

Alternativas	Critérios					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1 - Volume de emissões atmosféricas por ano						
A2 - Quantidade de resíduos gerados						
A3 - Quantidade de materiais reutilizados						
A4 - Quantidade de materiais reciclados						
A5 - Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Transportador						

Alternativas	Critérios					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A6 - Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Operador 3PL						
A7 - Quantidade de fornecedores certificados ISO 14001 – Fornecedores de Materiais						
A8 - Performance de fornecedores a nível ambiental (%) – Transportador						
A9 - Performance de fornecedores a nível ambiental (%) - Operador 3PL						
A10 - Performance de fornecedores a nível ambiental (%) - Fornecedores de Materiais						
A11 - Papel consumido na operação						
S1 - Taxa de rotatividade do 3PL						
S2 - Satisfação dos colaboradores						
S3 - Envolvimento dos colaboradores						
S4 - Satisfação do cliente						
E1 - Eficiência do operador 3PL contratado pela empresa						
E2 - Capacidade de armazenamento						
E3 - Tempo de picking						
E4 - Tempo de carga e descarga						
E5 - Custos de stock						
E6 - Custos com aplicações de digitalização de processos logísticos						
E7 - Tempo de entrega						
E8 - Custos de transporte						
E9 - Atraso de transporte						
E10 - Retorno do investimento						
E11 - Valor económico direto e indireto gerado e distribuído						
E12 – EBITDA						
E13 - Lucro						
E14 - Taxa de cumprimento das iniciativas de melhoria continua						
E15 - Índice de cobertura (stock/ consumos)						
E16 - Número de atividades automatizadas via RPA						
E17 - Incumprimento dos prazos de entrega (dos fornecedores externos)						
E18 - Aplicação de penalidades contratuais - armazéns						
E19 - Aplicação de penalidades contratuais - transportador						
E20 - Aplicação de penalidades contratuais - fornecedores de materiais						
E21 - Custos com combustíveis						

Anexo D: Descrição dos KPIs selecionados

A1 - Volume de emissões atmosféricas por ano
Objetivo: Pretende-se a minimização deste critério
Impacto na Sustentabilidade: O aumento desta métrica terá um impacto negativo no índice de sustentabilidade geral
Local de origem dos dados: Report anual do Transportador
<p>Caracterização do KPI</p> <p>Esta métrica pretende quantificar o volume de emissões atmosféricas CO₂e (kg) emitidas anualmente pelo transportador contratado, no âmbito dos pedidos de transporte colocados pela EDP ao abrigo das necessidades da E-Redes.</p> <p>Os pedidos de transporte são colocados sempre que exista a necessidade de transportar material dos fornecedores até aos armazéns centrais e dos armazéns centrais para os depósitos secundários.</p>
A4 - Quantidade de materiais reciclados
Objetivo: Pretende-se a maximização deste critério
Impacto na Sustentabilidade: O aumento desta métrica terá um impacto positivo no índice de sustentabilidade geral
Local de origem dos dados: Relatórios de Resíduos disponibilizado pela Olga Pimenta da Direção de Gestão de Instalações e Gestão Contratual (Real Estate) e PBI - Indicadores de Sustentabilidade da Direção de Prevenção, Segurança e Ambiente
<p>Caracterização do KPI</p> <p>Esta métrica pretende quantificar o volume de resíduos valorizados, ou seja, a quantidade de plástico, papel e cartão (kg) resultante da atividade dos armazéns centrais da E-Redes (Lousã e Sacavém) com destino final de reciclagem.</p> <p>Esta informação é disponibilizada pelas empresas de recolha e transporte de resíduos.</p>
A11 – Papel consumido na operação
Objetivo: Pretende-se a minimização deste critério
Impacto na Sustentabilidade: O aumento desta métrica terá um impacto negativo no índice de sustentabilidade geral
Local de origem dos dados: Report das Impressões disponibilizado pelo Pedro Alves da Direção de Rede e Serviços
<p>Caracterização do KPI</p> <p>Esta métrica pretende quantificar o volume de papel consumido em impressões a PB e a cores, no decorrer das atividades de armazém da E-Redes, EDP Renováveis e EDP Produção.</p> <p>Este indicador tem em conta os armazéns centrais da E-Redes (Sacavém e Lousã), o armazém da Maia da EDP Renováveis e os armazéns da EDP Produção nas Centrais Termoelétrica de Lares e de Sines e nas Centrais Hidroelétricas da Aguieira, da Régua, de Castelo de Bode, de Picote e da Caniçada.</p>
E14 - Taxa de cumprimento das iniciativas de melhoria contínua
Objetivo: Pretende-se a maximização deste critério
Impacto na Sustentabilidade: O aumento desta métrica terá um impacto positivo no índice de sustentabilidade geral
Local de origem dos dados: Plataforma de Gestão de Iniciativas de Melhoria Contínua - EDP Boost
<p>Caracterização do KPI</p> <p>Esta métrica pretende quantificar a percentagem de iniciativas de melhoria contínua que se realizam dentro do tempo previsto.</p> <p>Estas iniciativas são propostas pelos colaboradores dos Serviços de Logística, que visam melhorar o seu trabalho quotidiano, e pelas chefias com o propósito de atingir determinados objetivos. Definem-se numa reunião anual antes do início do novo ano e existe a possibilidade de serem acrescentadas mais iniciativas ao longo do ano.</p>

E15 – Número de Atividades Automatizadas via RPA - Robotic Process Automation
Objetivo: Pretende-se a maximização deste critério
Impacto na Sustentabilidade: O aumento desta métrica terá um impacto positivo no índice de sustentabilidade geral
Local de origem dos dados: Plataforma de Gestão de Iniciativas de Melhoria Continua - EDP Boost
Caracterização do KPI Esta métrica pretende quantificar o número de atividades automatizadas anualmente via processos robóticos. A automatização de processos por meio de tecnologias disruptivas (RPA) é aplicada com o objetivo de eliminar as atividades rotineiras dos colaboradores, contribuindo para a motivação e maximização do potencial dos colaboradores. Em simultâneo, a automatização também contribui para a redução do tempo necessário à execução das atividades.
E17 - Incumprimento dos prazos de entrega (dos fornecedores)
Objetivo: Pretende-se a minimização deste critério
Impacto na Sustentabilidade: O aumento desta métrica terá um impacto negativo no índice de sustentabilidade geral
Local de origem dos dados: PBI: SL - Atrasos e Penalidades
Caracterização do KPI Esta métrica pretende monitorizar em média, o não cumprimento dos prazos de entrega dos pedidos de compra (semanas), por parte dos fornecedores externos de materiais de armazém da E-Redes ao longo de um ano. Ou seja, o número médio de semanas de atraso por parte dos fornecedores num ano. O acompanhamento desta métrica é importante porque o atraso nos prazos de entrega dos pedidos de compra por parte dos fornecedores externos, pode causar atrasos na entrega dos materiais ao cliente final e pôr em causa a disponibilidade de materiais para esses mesmos clientes nas suas operações.
S2 - Satisfação dos colaboradores (%)
Objetivo: Pretende-se a maximização deste critério
Impacto na Sustentabilidade: O aumento desta métrica terá um impacto positivo no índice de sustentabilidade geral
Local de origem dos dados: Inquérito de Satisfação dos Colaboradores
Caracterização do KPI Esta métrica pretende analisar a satisfação média anual dos colaboradores, através da perceção do suporte organizacional dado para o desempenho das suas funções. A satisfação é medida através de inquéritos de satisfação enviados a todos os colaboradores, junto dos quais se pretende perceber, numa escala de 0-100, a existência de barreiras ao bom desempenho das suas funções, a oportunidade que os colaboradores têm para desempenhar tarefas desafiantes e interessantes no âmbito das suas funções, a aplicação das competências e qualidades dos colaboradores às funções que desempenham e por fim, a produtividade dos colaboradores perante as condições de trabalho oferecidas.
S3 - Envolvimento dos colaboradores (%)
Objetivo: Pretende-se a maximização deste critério
Impacto na Sustentabilidade: O aumento desta métrica terá um impacto positivo no índice de sustentabilidade geral
Local de origem dos dados: Inquérito de Satisfação dos Colaboradores
Caracterização do KPI Esta métrica pretende analisar o grau de envolvimento dos colaboradores, através do compromisso que os mesmos têm com a empresa. O envolvimento dos colaboradores é medido através de inquéritos enviados a todos os colaboradores, junto dos quais se pretende perceber, numa escala de 0-100, o grau de motivação intrínseco e extrínseco, o orgulho em trabalhar para a empresa e, por fim, o grau de recomendação da empresa a terceiros para trabalhar.
S4 - Satisfação do Cliente
Objetivo: Pretende-se a maximização deste critério
Impacto na Sustentabilidade: O aumento desta métrica terá um impacto positivo no índice de sustentabilidade geral
Local de origem dos dados: Inquérito de Satisfação dos Colaboradores

Caracterização do KPI

Esta métrica pretende analisar a satisfação média anual dos clientes. A satisfação é medida através de inquéritos de satisfação enviados a todos os clientes B2B da SL, junto dos quais se pretende perceber, numa escala de 0-10, o grau de satisfação com a disponibilidade de materiais para entrega, o cumprimento dos prazos de entrega e com a qualidade dos materiais entregues.

Anexo E: Regras de Inferência Fuzzy

Regras - Dimensão Ambiental

1. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Muito Alto)
2. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Muito Alto)
3. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Alto)
4. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Alto)
5. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Médio)
6. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Alto) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Muito Alto)
7. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Alto) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Alto)
8. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Alto) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Alto)
9. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Alto) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Médio)
10. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Alto) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Médio)
11. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Médio) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Alto)
12. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Médio) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Alto)
13. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Médio) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Médio)
14. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Médio) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Médio)
15. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Médio) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Médio)
16. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Alto)
17. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
18. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Médio)
19. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Médio)
20. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
21. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
22. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
23. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Médio)
24. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
25. SE (A1 é Muito Baixo) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
26. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Muito Alto)
27. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Muito Alto)
28. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Alto)
29. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Médio)
30. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Médio)
31. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Alto) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Alto)
32. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Alto) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Alto)
33. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Alto) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Médio)
34. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Alto) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Médio)
35. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Alto) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Médio)

36. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Médio) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Alto)
37. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Médio) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
38. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Médio) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Médio)
39. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Médio) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Médio)
40. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Médio) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
41. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
42. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
43. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Médio)
44. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
45. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
46. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
47. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
48. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Baixo)
49. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
50. SE (A1 é Baixo) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
51. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Alto)
52. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Alto)
53. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Médio)
54. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Médio)
55. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Médio)
56. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Alto) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Alto)
57. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Alto) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Alto)
58. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Alto) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Médio)
59. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Alto) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Médio)
60. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Alto) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
61. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Médio) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
62. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Médio) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
63. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Médio) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Médio)
64. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Médio) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
65. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Médio) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
66. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
67. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
68. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Baixo)
69. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
70. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
71. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
72. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Baixo)
73. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Baixo)
74. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
75. SE (A1 é Médio) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Alto)
76. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
77. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
78. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Médio)

79. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Médio)
80. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
81. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Alto) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
82. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Alto) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
83. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Alto) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Médio)
84. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Alto) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
85. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Alto) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
86. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Médio) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
87. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Médio) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
88. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Médio) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Baixo)
89. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Médio) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
90. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Médio) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
91. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
92. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Baixo)
93. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Baixo)
94. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
95. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Muito Baixo)
96. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Baixo)
97. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Baixo)
98. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Baixo)
99. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Muito Baixo)
100. SE (A1 é Alto) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Muito Baixo)
101. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
102. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
103. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Médio)
104. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
105. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Muito Alto) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
106. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Alto) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
107. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Alto) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
108. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Alto) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Baixo)
109. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Alto) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
110. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Alto) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Baixo)
111. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Médio) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Médio)
112. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Médio) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Baixo)
113. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Médio) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Baixo)
114. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Médio) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Baixo)
115. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Médio) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Muito Baixo)
116. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Baixo)
117. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Baixo)
118. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Baixo)
119. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Muito Baixo)
120. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Baixo) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Muito Baixo)

121. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Muito Baixo) ENTÃO (SA é Baixo)
122. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Baixo) ENTÃO (SA é Baixo)
123. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Médio) ENTÃO (SA é Muito Baixo)
124. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Alto) ENTÃO (SA é Muito Baixo)
125. SE (A1 é Muito Alto) e E (A4 é Muito Baixo) E (A11 é Muito Alto) ENTÃO (SA é Muito Baixo)

Regras - Dimensão Económica

1. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Muito Alto)
2. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Muito Alto)
3. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Muito Alto)
4. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Alto)
5. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Alto)
6. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Alto) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Muito Alto)
7. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Alto) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Muito Alto)
8. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Alto) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Alto)
9. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Alto) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Alto)
10. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Alto) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Alto)
11. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Médio) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Muito Alto)
12. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Médio) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
13. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Médio) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Alto)
14. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Médio) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Alto)
15. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Médio) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Médio)
16. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
17. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
18. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Alto)
19. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Médio)
20. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Médio)
21. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
22. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
23. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Médio)
24. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Médio)
25. SE (E14 é Muito Alto) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Médio)
26. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Muito Alto)
27. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Muito Alto)
28. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Alto)
29. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Alto)
30. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Alto)

31. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Alto) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Muito Alto)
32. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Alto) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
33. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Alto) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Alto)
34. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Alto) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Alto)
35. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Alto) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Médio)
36. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Médio) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
37. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Médio) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
38. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Médio) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Alto)
39. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Médio) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Médio)
40. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Médio) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Médio)
41. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
42. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
43. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Médio)
44. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Médio)
45. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Médio)
46. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
47. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
48. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Médio)
49. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Médio)
50. SE (E14 é Alto) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Baixo)
51. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Muito Alto)
52. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
53. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Médio Alto) ENTÃO (SE é Alto)
54. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Alto)
55. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Médio)
56. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Alto) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
57. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Alto) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
58. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Alto) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Alto)
59. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Alto) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Médio)
60. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Alto) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Médio)
61. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Médio) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
62. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Médio) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
63. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Médio) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Médio)
64. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Médio) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Médio)
65. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Médio) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Médio)
66. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
67. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
68. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Médio)
69. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Médio)
70. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Baixo)
71. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
72. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Médio)

73. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Médio)
74. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Baixo)
75. SE (E14 é Médio) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Baixo)
76. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
77. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
78. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Alto)
79. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
80. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Médio)
81. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Alto) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
82. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Alto) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
83. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Alto) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Médio)
84. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Alto) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Médio)
85. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Alto) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Médio)
86. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Médio) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
87. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Médio) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
88. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Médio) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Médio)
89. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Médio) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Médio)
90. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
91. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
92. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
93. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Médio)
94. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Baixo)
95. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Baixo)
96. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
97. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
98. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Baixo)
99. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Baixo)
100. SE (E14 é Baixo) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Muito Baixo)
101. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
102. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
103. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Médio)
104. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Médio)
105. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Muito Alto) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Médio)
106. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Alto) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Alto)
107. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Alto) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
108. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Alto) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Médio)
109. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Alto) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Médio)
110. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Alto) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Baixo)
111. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Médio) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
112. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Médio) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Médio)

113. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Médio) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Médio)
114. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Médio) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Baixo)
115. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Médio) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Baixo)
116. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
117. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
118. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Baixo)
119. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Baixo)
120. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Baixo) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Muito Baixo)
121. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Muito Baixo) ENTÃO (SE é Médio)
122. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Baixo) ENTÃO (SE é Baixo)
123. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Médio) ENTÃO (SE é Baixo)
124. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Alto) ENTÃO (SE é Muito Baixo)
125. SE (E14 é Muito Baixo) e E (E16 é Muito Baixo) E (E21 é Muito Alto) ENTÃO (SE é Muito Baixo)

Regras - Dimensão Social

1. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Muito Alto)
2. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Muito Alto)
3. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Alto)
4. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Alto)
5. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
6. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Alto) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Muito Alto)
7. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Alto) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Alto)
8. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Alto) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Alto)
9. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Alto) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
10. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Alto) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
11. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Médio) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Alto)
12. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Médio) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Alto)
13. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Médio) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Médio)
14. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Médio) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
15. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Médio) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
16. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)
17. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
18. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Médio)
19. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
20. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
21. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)
22. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
23. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Médio)

24. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
25. SE (S2 é Muito Alto) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
26. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Muito Alto)
27. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Alto)
28. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Alto)
29. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
30. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
31. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Alto) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Alto)
32. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Alto) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Alto)
33. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Alto) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Médio)
34. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Alto) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
35. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Alto) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
36. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Médio) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Alto)
37. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Médio) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
38. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Médio) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Médio)
39. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Médio) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
40. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Médio) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
41. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)
42. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
43. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Médio)
44. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
45. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
46. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)
47. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
48. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Baixo)
49. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
50. SE (S2 é Alto) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
51. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Alto)
52. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Alto)
53. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Médio)
54. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
55. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
56. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Alto) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Alto)
57. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Alto) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
58. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Alto) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Médio)
59. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Alto) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
60. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Alto) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
61. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Médio) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)
62. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Médio) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
63. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Médio) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Médio)
64. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Médio) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
65. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Médio) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
66. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)

67. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
68. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Baixo)
69. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
70. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
71. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)
72. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Baixo)
73. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Baixo)
74. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
75. SE (S2 é Médio) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Muito Baixo)
76. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Alto)
77. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
78. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Médio)
79. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Médio)
80. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
81. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Alto) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)
82. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Alto) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
83. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Alto) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Médio)
84. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Alto) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
85. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Alto) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
86. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Médio) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)
87. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Médio) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
88. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Médio) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Baixo)
89. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Médio) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
90. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Médio) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
91. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)
92. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Baixo)
93. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Baixo)
94. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
95. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Muito Baixo)
96. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Baixo)
97. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Baixo)
98. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Baixo)
99. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Muito Baixo)
100. SE (S2 é Baixo) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Muito Baixo)
101. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)
102. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
103. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Médio)
104. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
105. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Muito Alto) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
106. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Alto) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)
107. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Alto) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Médio)
108. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Alto) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Baixo)
109. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Alto) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)

110. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Alto) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
111. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Médio) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Médio)
112. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Médio) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Baixo)
113. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Médio) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Baixo)
114. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Médio) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Baixo)
115. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Médio) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Muito Baixo)
116. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Baixo)
117. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Baixo)
118. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Baixo)
119. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Muito Baixo)
120. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Baixo) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Muito Baixo)
121. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Muito Alto) ENTÃO (SS é Baixo)
122. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Alto) ENTÃO (SS é Baixo)
123. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Médio) ENTÃO (SS é Muito Baixo)
124. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Baixo) ENTÃO (SS é Muito Baixo)
125. SE (S2 é Muito Baixo) e E (S3 é Muito Baixo) E (S4 é Muito Baixo) ENTÃO (SS é Muito Baixo)

Regras - Índice Sustentabilidade Geral

1. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Muito Alto)
2. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Muito Alto)
3. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Alto)
4. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Alto)
5. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
6. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Muito Alto)
7. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Alto) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
8. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Alto) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Alto)
9. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Alto) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
10. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
11. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Médio) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
12. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Médio) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
13. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Médio) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Médio)
14. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Médio) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
15. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Médio) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
16. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Baixo) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
17. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Baixo) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
18. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Baixo) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Médio)
19. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Baixo) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
20. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Baixo) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
21. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
22. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Médio)

23. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Médio)
24. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
25. SE (SA é Muito Alto) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
26. SE (SA é Alto) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Muito Alto)
27. SE (SA é Alto) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
28. SE (SA é Alto) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Alto)
29. SE (SA é Alto) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
30. SE (SA é Alto) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
31. SE (SA é Alto) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
32. SE (SA é Alto) e E (SE é Alto) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
33. SE (SA é Alto) e E (SE é Alto) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Médio)
34. SE (SA é Alto) e E (SE é Alto) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
35. SE (SA é Alto) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
36. SE (SA é Alto) e E (SE é Médio) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
37. SE (SA é Alto) e E (SE é Médio) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
38. SE (SA é Alto) e E (SE é Médio) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Médio)
39. SE (SA é Alto) e E (SE é Médio) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
40. SE (SA é Alto) e E (SE é Médio) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
41. SE (SA é Alto) e E (SE é Baixo) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
42. SE (SA é Alto) e E (SE é Baixo) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
43. SE (SA é Alto) e E (SE é Baixo) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Médio)
44. SE (SA é Alto) e E (SE é Baixo) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
45. SE (SA é Alto) e E (SE é Baixo) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
46. SE (SA é Alto) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
47. SE (SA é Alto) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
48. SE (SA é Alto) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Médio)
49. SE (SA é Alto) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
50. SE (SA é Alto) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
51. SE (SA é Médio) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
52. SE (SA é Médio) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
53. SE (SA é Médio) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Médio)
54. SE (SA é Médio) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
55. SE (SA é Médio) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
56. SE (SA é Médio) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
57. SE (SA é Médio) e E (SE é Alto) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
58. SE (SA é Médio) e E (SE é Alto) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Médio)
59. SE (SA é Médio) e E (SE é Alto) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
60. SE (SA é Médio) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
61. SE (SA é Médio) e E (SE é Médio) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
62. SE (SA é Médio) e E (SE é Médio) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
63. SE (SA é Médio) e E (SE é Médio) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Médio)
64. SE (SA é Médio) e E (SE é Médio) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
65. SE (SA é Médio) e E (SE é Médio) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)

66. SE (SA é Médio) e E (SE é Baixo) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
67. SE (SA é Médio) e E (SE é Baixo) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
68. SE (SA é Médio) e E (SE é Baixo) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Baixo)
69. SE (SA é Médio) e E (SE é Baixo) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
70. SE (SA é Médio) e E (SE é Baixo) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
71. SE (SA é Médio) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
72. SE (SA é Médio) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Baixo)
73. SE (SA é Médio) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Baixo)
74. SE (SA é Médio) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
75. SE (SA é Médio) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Muito Baixo)
76. SE (SA é Baixo) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Alto)
77. SE (SA é Baixo) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
78. SE (SA é Baixo) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Médio)
79. SE (SA é Baixo) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Médio)
80. SE (SA é Baixo) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
81. SE (SA é Baixo) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
82. SE (SA é Baixo) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
83. SE (SA é Baixo) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
84. SE (SA é Baixo) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
85. SE (SA é Baixo) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
86. SE (SA é Baixo) e E (SE é Médio) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
87. SE (SA é Baixo) e E (SE é Médio) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
88. SE (SA é Baixo) e E (SE é Médio) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Baixo)
89. SE (SA é Baixo) e E (SE é Médio) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
90. SE (SA é Baixo) e E (SE é Médio) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
91. SE (SA é Baixo) e E (SE é Baixo) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
92. SE (SA é Baixo) e E (SE é Baixo) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Baixo)
93. SE (SA é Baixo) e E (SE é Baixo) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Baixo)
94. SE (SA é Baixo) e E (SE é Baixo) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
95. SE (SA é Baixo) e E (SE é Baixo) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Muito Baixo)
96. SE (SA é Baixo) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Baixo)
97. SE (SA é Baixo) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Baixo)
98. SE (SA é Baixo) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Baixo)
99. SE (SA é Baixo) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Muito Baixo)
100. SE (SA é Baixo) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Muito Baixo)
101. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Muito Baixo)
102. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
103. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Médio)
104. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
105. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Muito Alto) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)

106. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
107. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Alto) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
108. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Alto) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Baixo)
109. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Alto) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
110. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Alto) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
111. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Médio) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Médio)
112. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Médio) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Baixo)
113. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Médio) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Baixo)
114. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Médio) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Baixo)
115. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Médio) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Muito Baixo)
116. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Baixo) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Baixo)
117. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Baixo) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Baixo)
118. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Baixo) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Muito Baixo)
119. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Baixo) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Muito Baixo)
120. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Baixo) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Muito Baixo)
121. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Muito Alto) ENTÃO (ISG é Baixo)
122. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Alto) ENTÃO (ISG é Baixo)
123. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Médio) ENTÃO (ISG é Muito Baixo)
124. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Baixo) ENTÃO (ISG é Muito Baixo)
125. SE (SA é Muito Baixo) e E (SE é Muito Baixo) E (SS é Muito Baixo) ENTÃO (ISG é Muito Baixo)



2021

JESSICA ANTUNES ABRANTES

PROPOSTA DE UM ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE PARA
AVALIAR O DESEMPENHO SUSTENTÁVEL
EM OPERAÇÕES LOGÍSTICAS