

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA - CÂMPUS DE TUPÃ
Pós-graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

ELISANGELA DOMINGUES VAZ

MODELO FUZZY DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA
COOPERATIVAS AGRÍCOLAS

TUPÃ
2024

ELISANGELA DOMINGUES VAZ

**MODELO FUZZY DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA
COOPERATIVAS AGRÍCOLAS**

Tese de Doutorado vinculada ao Programa de Pós-graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Unesp/Campus Tupã.

Linha de pesquisa: Desenvolvimento e Meio Ambiente

Orientadora: Prof.^a Ass. Giuliana Ap. Santini Pigatto
Coorientadores: Prof.^o Ass. Gessuir Pigatto e Prof.^o Dr. Luís Roberto Almeida Gabriel Filho

TUPÃ

2024

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação da FCE – Unesp, Câmpus Tupã:

V393m Vaz, Elisangela Domingues.
Modelo fuzzy de indicadores de sustentabilidade para cooperativas agrícolas./ Elisangela Domingues Vaz. – Tupã: [s.n.], 2024.
253 f. : il.

Tese (Doutorado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Universidade Estadual Paulista UNESP – Faculdade de Ciências e Engenharia, 2024.

Orientadora: Giuliana Ap. Santini Pigatto

Coorientador: Gessuir Pigatto

Coorientador: Luís Roberto Gabriel Filho

1. Indicadores de Sustentabilidade. 2. Cooperativas. 3. Inteligência Artificial. 4. Lógica *Fuzzy*. I. Título. II. Autor.

Fonte: Eliana Kátia Pupim, bibliotecária CRB 8 – 6202. Essa ficha não pode ser modificada.

Impacto potencial desta pesquisa

O desenvolvimento de um modelo, que incorpora indicadores de sustentabilidade nos aspectos econômico, social, ambiental e de governança, e que possa contribuir como uma ferramenta de gestão para cooperativas brasileiras tem um impacto potencial. Ao oferecer uma abordagem holística e flexível para avaliar e gerir a sustentabilidade, esta pesquisa pode auxiliar as cooperativas a tomarem decisões mais informadas e equilibradas. A lógica *fuzzy* permite lidar com a incerteza e a subjetividade inerentes à avaliação da sustentabilidade, propiciando uma ferramenta robusta para a análise de múltiplos critérios. Tal ferramenta pode melhorar a capacidade das cooperativas de identificar e mitigar riscos, promover a transparência e a responsabilidade e, conseqüentemente, aumentar sua resiliência e competitividade no mercado. Além disso, ao considerar simultaneamente os aspectos econômicos, sociais, ambientais e de governança, a pesquisa contribui para o desenvolvimento sustentável, fortalecendo o papel das cooperativas como motores de transformação social e econômica.

Potencial impact of this research

The development of a model that incorporates sustainability indicators in economic, social, environmental and governance aspects, and that can contribute as a management tool for Brazilian cooperatives, has a potential impact. By offering a holistic and flexible approach to assessing and managing sustainability, this research can help cooperatives make more informed and balanced decisions. *Fuzzy* logic allows dealing with the uncertainty and subjectivity inherent in sustainability assessment, providing a robust tool for the analysis of multiple criteria. Such a tool can improve the ability of cooperatives to identify and mitigate risks, promote transparency and accountability and, consequently, increase their resilience and competitiveness in the market. Furthermore, by simultaneously considering economic, social, environmental and governance aspects, the research contributes to sustainable development, strengthening the role of cooperatives as drivers of social and economic transformation.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: MODELO FUZZY DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA COOPERATIVAS AGRÍCOLAS

AUTORA: ELISANGELA DOMINGUES VAZ

ORIENTADORA: GIULIANA APARECIDA SANTINI PIGATTO

COORIENTADOR: GESSUIR PIGATTO

COORIENTADOR: LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciências, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. GIULIANA APARECIDA SANTINI PIGATTO (Participação Virtual)
Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE
UNESP - Tupã/SP



Documento assinado digitalmente
GIULIANA APARECIDA SANTINI PIGATTO
Data: 04/09/2024 09:13:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. HILDO MEIRELLES DE SOUZA FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia de Produção / Universidade Federal de São Carlos



Documento assinado digitalmente
HILDO MEIRELLES DE SOUZA FILHO
Data: 05/09/2024 11:27:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. DAVI ROGÉRIO DE MOURA COSTA (Participação Virtual)
Departamento de Contabilidade / Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade
Ribeirão Preto/SP



Documento assinado digitalmente
DAVI ROGERIO DE MOURA COSTA
Data: 04/09/2024 14:46:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. SILVIA MORALES DE QUEIROZ CALEMAN (Participação Virtual)
Escola de Administração e Negócios / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS
Campo Grande/MS



Documento assinado digitalmente
SILVIA MORALES DE QUEIROZ CALEMAN
Data: 04/09/2024 09:26:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. FERNANDO FERRARI PUTTI (Participação Virtual)



Documento assinado digitalmente
FERNANDO FERRARI PUTTI
Data: 04/09/2024 09:31:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Departamento de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE
Tupã/SP

Tupã, 29 de agosto de 2024

Dedico a meu amado pai, Antônio Domingues Vaz (in memoriam), eternamente
tudo em minha vida será para e por você!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida!

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha orientadora, Prof^a Dr^a Giuliana Ap. Santini Pigatto, por sua incansável orientação, apoio constante e valiosas contribuições ao longo de todo este percurso. Sua expertise foi base para o desenvolvimento desta tese.

Expresso também minha gratidão ao comitê de orientação, os Professores Dr. Gessuir Pigatto e Professor Titular Luís Roberto Almeida Gabriel Filho, pelo apoio, orientação e incentivo ao longo do trabalho. Foram contribuições enriquecedoras fundamentais para o desenvolvimento da tese.

Meu agradecimento especial à Professora Dr. Camila Pires Cremasco Gabriel, cuja experiência em Lógica *Fuzzy* foi essencial para moldar a direção do modelo. Sua paciência, disponibilidade e compromisso com minha tese são inestimáveis e sempre serão lembrados com carinho e respeito.

Aos professores, colegas e departamento administrativo, meu sincero agradecimento por compartilharem seus conhecimentos, tempo e convivência, e por proporcionarem um ambiente acadêmico estimulante. Foram momentos vitais para o meu crescimento profissional e pessoal.

Agradeço a HEC Montreal e ao *Alphonse and Dorimène Desjardins International Institute for Cooperatives* (IICADD) que sob a supervisão do Prof^o Rafael Ziegler, me receberam como pesquisadora visitante, e isso só foi possível com o auxílio financeiro do *Emerging Leaders in the Americas Program* (ELAP) e o Governo do Canadá.

Agradeço à minha mãe e filha, com todas as minhas emoções e melhores sentimentos, cujo amor, paciência e incentivo incondicional me sustentaram durante toda esta jornada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

DOMINGUES VAZ, Elisângela. **Modelo *fuzzy* de indicadores de sustentabilidade para cooperativas agrícolas**. 2024. 253 folhas. Tese de doutorado – Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Tupã, 2024.

RESUMO

Os indicadores de sustentabilidade são essenciais para orientar a transformação mundial em direção a um desenvolvimento sustentável. Este estudo teve como objetivo principal propor um modelo baseado em inteligência artificial, que incorpora indicadores de sustentabilidade nos aspectos econômico, social, ambiental e de governança, que contribua como uma ferramenta de gestão para cooperativas brasileiras. A pesquisa foi fundamentada em três pilares teóricos: cooperação, cooperativas e cooperativismo; sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e indicadores de sustentabilidade; e lógica *fuzzy*. A revisão sistemática da literatura permitiu identificar subindicadores e fatores de análise que compõem o modelo. O modelo *fuzzy* foi desenvolvido com ferramentas, como Excel e Matlab, permitindo aprendizado de máquina e flexibilidade para atualizações e modificações. O modelo considerou as quatro vertentes da sustentabilidade, 14 subindicadores, 39 fatores de análise e 10 questões abertas. Foi testado em um projeto piloto e contou com a colaboração de especialistas em sustentabilidade, cooperativas e lógica *fuzzy*. Participaram da pesquisa sete cooperativas: duas especializadas em amendoim (São Paulo) e cinco especializadas em leite (Minas Gerais). As cooperativas de amendoim, com atuação nacional e internacional, apresentaram desempenho superior nos indicadores econômico e de governança. As cooperativas de leite, com atuação em mercados regionais e nacional mostraram necessidade de atenção em todos os aspectos, especialmente nas vertentes econômica e de governança. Os resultados demonstram a eficácia do modelo em identificar áreas de melhoria e promover ações corretivas. A pesquisa conclui que um modelo baseado em inteligência artificial, utilizando a lógica *fuzzy*, que incorpora indicadores de sustentabilidade, pode ser uma ferramenta de gestão eficaz para as cooperativas brasileiras. Este modelo oferece dados e informações que permitem avaliar o progresso e identificar áreas críticas para a continuidade e competitividade das cooperativas. A capacidade de avaliar e melhorar continuamente o desempenho nas vertentes ambiental, social, econômica e de governança garantem a sustentabilidade e, principalmente, a confiança dos membros.

Palavras-chave: Indicadores de Sustentabilidade; Cooperativas; Inteligência Artificial; Lógica *Fuzzy*.

DOMINGUES VAZ, Elisângela. **Fuzzy model of sustainability indicators for agricultural cooperatives.** 2024. 253 folhas. Tese de doutorado – São Paulo State University (UNESP), School of Sciences and Engineering, Tupã, 2024.

ABSTRACT

Sustainability indicators are essential to guide the global transformation towards sustainable development. The main objective of this study was to propose a model based on artificial intelligence, which incorporates sustainability indicators in the economic, social, environmental and governance aspects, which contributes as a management tool for Brazilian cooperatives. The research was based on three theoretical pillars: cooperation, cooperatives and cooperativism; sustainability, sustainable development and sustainability indicators; and *fuzzy* logic. The systematic review of the literature allowed the identification of sub-indicators and analysis factors that make up the model. The *fuzzy* model was developed with tools such as Excel and Matlab, allowing machine learning and flexibility for updates and modifications. The model considered the four aspects of sustainability, 14 sub-indicators, 39 analysis factors and 10 open questions. It was tested in a pilot project and had the collaboration of experts in sustainability, cooperatives and *fuzzy* logic. Seven cooperatives participated in the research: two specialized in peanuts (São Paulo) and five specialized in milk (Minas Gerais). Peanut cooperatives, operating nationally and internationally, showed superior performance in economic and governance indicators. Milk cooperatives, operating in regional and national markets, showed a need for attention in all aspects, especially in economic and governance aspects. The results demonstrate the effectiveness of the model in identifying areas for improvement and promoting corrective actions. The research concludes that an artificial intelligence-based model, using *fuzzy* logic, that incorporates sustainability indicators, can be an effective management tool for Brazilian cooperatives. This model provides data and information that allow progress to be assessed and critical areas identified for the continuity and competitiveness of cooperatives. The ability to continually assess and improve performance in environmental, social, economic and governance aspects ensures sustainability, and especially the trust of members.

Keywords: Sustainability Indicators; Cooperatives; Artificial Intelligence; *Fuzzy* Logic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Diagrama da organização da tese.....	29
Figura 2-	Número de cooperativas brasileiras por ramo de atividade	53
Figura 3-	Linha do tempo do tema desenvolvimento sustentável.....	58
Figura 4-	Panorama dos dados sobre sustentabilidade em sistemas agroalimentares.....	67
Figura 5-	Evolução histórica das pesquisas.....	67
Figura 6-	Distribuição dos artigos de acordo com os autores e período de publicações.....	69
Figura 7-	Percepção das citações globais dos pesquisadores.....	70
Figura 8-	Distribuição dos artigos revisados de acordo com os países dos autores correspondentes.....	70
Figura 9-	Distribuição geográfica da produção científica sobre indicadores de sustentabilidade em sistemas agroalimentares e em cooperativas agrícolas	71
Figura 10-	Diagrama de Sankey – autores, países e palavras-chaves.....	72
Figura 11-	Rede de co-ocorrência de palavras-chaves usando o Layout Kamada-Kawai	72
Figura 12-	Rede de co-ocorrência no modelo Overlay	73
Figura 13-	Distribuição dos estudos entre as dimensões da sustentabilidade.....	74
Figura 14-	Síntese de estudos: relação entre cooperativas e desenvolvimento.....	91
Figura 15-	Estrutura analítica proposta para construção de um modelo de indicadores de sustentabilidade para cooperativas brasileiras.....	92
Figura 16-	Funções de pertinência para a variável <i>temperatura</i> (exemplo).....	96
Figura 17-	Representação de uma função de pertinência triangular.....	98
Figura 18-	Representação de uma função de pertinência trapezoidal.....	98
Figura 19-	Representação de uma função de pertinência gaussiana.....	99
Figura 20-	Representação de uma função de pertinência do tipo S.....	100
Figura 21-	Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>	103
Figura 22-	Resumo da pesquisa.....	107
Figura 23-	Exemplo do formato do modelo de indicadores de sustentabilidade elaborado a partir da lógica <i>fuzzy</i> , com variáveis de entrada e o indicador de saída	112

Figura 24-	Resumo da sequência da construção de um sistema <i>fuzzy</i>	112
Figura 25-	Sistema <i>fuzzy</i> social, com quatro (4) entradas, uma (1) saída e 81 regras.....	116
Figura 26-	Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> das variáveis de entrada.....	116
Figura 27-	Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> das variáveis de saída	118
Figura 28-	Localização das cooperativas de amendoim	121
Figura 29-	Localização das cooperativas de leite	122
Figura 30-	Estrutura de fuzzificação dos subindicadores econômicos.	146
Figura 31-	Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de entrada – Indicador econômico.	147
Figura 32-	Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de saída – Indicador econômico.....	148
Figura 33-	Funções de pertinência para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de entrada – subindicador: solvência.....	148
Figura 34-	Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Rentabilidade e Solvência.....	151
Figura 35-	Gráficos tridimensionais agrupados.....	154
Figura 36-	Gráficos tridimensionais agrupados.....	155
Figura 37-	Gráficos tridimensionais agrupados.....	155
Figura 38-	Estrutura de fuzzificação dos subindicadores de governança.	157
Figura 39-	Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de entrada – Indicador de governança.	158
Figura 40-	Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de saída – Indicador de governança	159
Figura 41-	Funções de pertinência para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de entrada – subindicador: Visão organizacional	159
Figura 42-	Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Gestão empresarial e Visão organizacional.....	161
Figura 43-	Gráficos tridimensionais agrupados.....	162
Figura 44-	Estrutura de fuzzificação dos subindicadores sociais.	163
Figura 45-	Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de entrada – Indicador social.	165

Figura 46- Funções de pertinência para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de saída – Indicador social.	165
Figura 47- Funções de pertinência para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de entrada – subindicador: Relações de trabalho, remuneração e benefícios.	166
Figura 48- Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Treinamento e desenvolvimento, e Relações de trabalho, remuneração e benefícios.	169
Figura 49- Gráficos tridimensionais agrupados – A) relações de trabalho, remuneração e benefícios x treinamento e desenvolvimento; B) relações de trabalho, remuneração e benefícios x saúde, segurança e qualidade	171
Figura 50- Gráficos tridimensionais agrupados – C) relações de trabalho, remuneração e benefícios x impactos e relacionamentos com a comunidade; D) treinamento e desenvolvimento x saúde, segurança e qualidade de vida.	172
Figura 51- Gráficos tridimensionais agrupados – E) treinamento e desenvolvimento x impactos e relacionamentos com a comunidade; F) impactos e relacionamentos com a comunidade x treinamento e desenvolvimento	172
Figura 52- Estrutura de fuzzificação dos subindicadores ambientais.	173
Figura 53- Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> das variáveis de entrada – Indicador ambiental.....	174
Figura 54- Funções de pertinência para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de saída – Indicador ambiental.....	174
Figura 55- Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Ecossistema e biodiversidade, e política ambiental e legislação.	176
Figura 56- Resultado do modelo de indicadores de sustentabilidade por cooperativa.....	181
Figura 57- Resultado do modelo de indicadores de sustentabilidade por vertente da sustentabilidade.....	182
Figura 58- Indicador econômico por cooperativa.	184
Figura 59- Demonstração do indicador econômico no modelo <i>fuzzy</i>	185
Figura 60- Indicador de governança por cooperativa.	186
Figura 61- Demonstração do indicador de governança no modelo <i>fuzzy</i>	188
Figura 62- Indicador social por cooperativa.	190
Figura 63- Demonstração do indicador social no modelo <i>fuzzy</i>	191
Figura 64- Indicador ambiental por cooperativa.	193
Figura 65- Demonstração do indicador ambiental no modelo <i>fuzzy</i>	194

Figura 66-	Demonstração da elaboração do indicador de sustentabilidade ambiental no aplicativo <i>Fuzzy Logic Designer</i>	197
Figura 67-	Rule Inference para analisar diferentes cenários do indicador de sustentabilidade ambiental.	197
Figura 68-	Superfície de controle do indicador de sustentabilidade ambiental.	198

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Princípios Cooperativistas e sua evolução – baseados em liberdade, igualdade e justiça	41
Quadro 2- Formulação atual dos Princípios Cooperativistas definidos em Manchester (1995).....	41
Quadro 3- Configuração dos estudos sobre indicadores de sustentabilidade em sistemas agroalimentares em relação aos enfoques, autores, países de análise e metodologias	83
Quadro 4- Protocolo de pesquisa.....	106
Quadro 5- Alinhamento entre os objetivos da pesquisa, métodos e técnicas de coleta, e análise dos dados	123
Quadro 6- Identificação dos indicadores e subindicadores de sustentabilidade nos estudos realizados em cooperativas	129
Quadro 7- Modelo <i>Fuzzy</i> de Indicadores de sustentabilidade para validação em cooperativas	137
Quadro 8- Indicadores e subindicadores do modelo – Econômico	146
Quadro 9- Indicadores e subindicadores do modelo – Governança	156
Quadro 10- Indicadores e subindicadores do modelo – Social	163
Quadro 11- Indicadores e subindicadores do modelo – Ambiental	173
Quadro 12- Panorama das cooperativas participantes da pesquisa	178
Quadro 13- Composição da estrutura de governança	179
Quadro 14- Pontuação das cooperativas	180

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Cooperativismo brasileiro de acordo com a atividade em 2022.	52
Tabela 2-	Pesos atribuídos aos indicadores do modelo inteligente	114
Tabela 3-	Compreensão da base de regras	116

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABCOOP	-Aliança Brasileira de Cooperativas
ACV	-Análise de Ciclo de Vida
ANOVA	-Análise de Variância
APL	-Arranjo Produtivo Local
BSC	-Beach Seine Cooperatives
CONAB	-Companhia Nacional de Abastecimento
DEA	-Análise Envoltória de Dados
DS	-Desenvolvimento Sustentável
EBTIDA	-Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization
FAO	-Food and Agriculture Organization
FIS	-Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>
GRI	-Global Reporting Initiative
IA	-Inteligência Artificial
IAD	-Análise e Desenvolvimento Institucional
IBGC	-Instituto Brasileiro de Governança Corporativa
IBGE	-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA-COOP	-International Co-operative Alliance
IDH	-Índice de Desenvolvimento Humano
IEA	-Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo
ILO	-Organização Internacional do Trabalho
IOFs	-Investor-owned Firms
IUCN	-Union for Conservation of Nature and Natural Resource
KMO	-Kaiser-Meyer-Olkin
LGPD	-Lei Geral de Proteção de Dados
MCA	-Análise de Decisão Multicritério
MCDM	-Método de Decisão Multicritério
MCP	-Multiple Country Publications
MDIC	-Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MIT	-Instituto de Tecnologia de Massachusetts
NIE	-Nova Economia Institucional
NRC	-National Research Council

OCB	-Organização das Cooperativas Brasileiras
OCDE	-Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	-Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMC	-Organização Mundial do Comércio
OMS	-Organização Mundial da Saúde
ONGs	-Organizações Não Governamentais
ONU	-Organização das Nações Unidas
PIB	-Produto Interno Bruto
ROA	-Return on Asset
ROE	-Return on Equity
ROI	-Return on Investment
RSL	-Revisão Sistemática de Literatura
SAAC	-Avaliação de Sustentabilidade para Cooperativas Agrícolas
SCP	-Stingle Country Publications
SJR	-Scientific Journal Rankings
SWOT	-Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats
TBL	-Triple Botton Line
TIR	-Taxa Interna de Retorno
UNASCO	-União Nacional das Associações Cooperativas
UNCED	-UN Conference on Environmental and Development
UNDP	-United Nations Development Programme
UNEP	-United Nations Environment Programme
UNESCO	-United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WCED	-World Commission on Environment and Development
WCM	-World Cooperative Monitor
WDR	-World Development Report
WWF	-World Wildlife Fund

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
1.1 INTRODUÇÃO AO TEMA	20
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	26
1.3 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA	28
1.4 OBJETIVOS.....	31
1.5 ORIGINALIDADE DA PESQUISA	31
1.6 RELEVÂNCIA DA TESE	32
1.8 ESTRUTURA DA TESE	33
2 REVISÃO DE LITERATURA – O COOPERATIVISMO	35
2.1 COOPERAÇÃO, AS COOPERATIVAS E O COOPERATIVISMO.....	35
2.1.1 A Cooperação e as características das cooperativas.....	35
2.1.2 O Cooperativismo – Contexto Histórico sob Enfoques Doutrinários	43
2.1.3 O Cooperativismo e as características das cooperativas sob Enfoques Econômicos	47
2.1.4 Conceitos a partir das Organizações Internacionais e Nacionais	53
2.1.5 Cenário Mundial do Cooperativismo	54
3 REVISÃO DE LITERATURA – SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	58
3.1 O CONTEXTO HISTÓRICO DA SUSTENTABILIDADE	58
3.2 DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE	64
3.3 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE.....	65
4 REVISÃO DE LITERATURA – INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM SISTEMAS AGROALIMENTARES COM FOCO NAS COOPERATIVAS	69
4.1 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE APLICADOS A SISTEMAS AGROALIMENTARES	69
4.2 DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE E A RELAÇÃO COM OS SISTEMAS AGROALIMENTARES COM FOCO NAS COOPERATIVAS - IDENTIFICANDO-SE AS VARIÁVEIS	76
4.2.1 Indicadores de Sustentabilidade em estudos aplicados às Cooperativas	89
5 REVISÃO DE LITERATURA – LÓGICA FUZZY	94
5.1 FUNDAMENTOS DA TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY	94
5.1.1 Variáveis linguísticas	97
5.1.2 Funções de pertinência	98
5.1.3 Representação de funções de pertinência	98
5.2 A LÓGICA FUZZY	102
5.4 SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY (FIS)	103
6 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	106
6.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS	106
6.2 EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE APLICADOS EM SISTEMAS AGROALIMENTARES EM NÍVEL MUNDIAL.....	106
6.3 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS ECONÔMICAS, AMBIENTAIS, SOCIAIS E DE GOVERNANÇA	110
6.4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL BASEADO NA LÓGICA FUZZY.....	111
6.5 COLETA E ANÁLISE DE DADOS	120
7 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	125
7.1 IDENTIFICAÇÃO DOS INDICADORES E SUBINDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NOS ESTUDOS REALIZADOS EM COOPERATIVAS	125
8 A PROPOSIÇÃO DO MODELO	137

8.1 PROPOSIÇÃO DO MODELO DE FUZZIFICAÇÃO PELO <i>MATLAB</i> [®]	146
8.1.1 Modelo de fuzzificação – Indicador Econômico	147
8.1.2 Modelo de fuzzificação – Indicador Governança	157
8.1.3 Modelo de fuzzificação – Indicador Social	163
8.1.4 Modelo de fuzzificação – Indicador Ambiental	173
9 APLICAÇÃO DO MODELO	178
9.1 PERFIL DAS COOPERATIVAS PARTICIPANTES DA PESQUISA	178
9.1.1 Modelo Indicador Econômico	183
9.1.2 Modelo Indicador Governança	186
9.1.3 Modelo Indicador Social	189
9.1.4 Modelo Indicador Ambiental	192
9.2 EXEMPLO DE SISTEMAS DE INFERÊNCIA <i>FUZZY</i> USANDO A APLICATIVO <i>FUZZY LOGIC DESIGNER</i>	195
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS	200
REFERÊNCIAS	204
PÊNDICE A – SÍNTESE TEÓRICA	232
APÊNDICE B – MODELO COMPLETO DE FUZZIFICAÇÃO PELO <i>MATLAB</i>[®]	233
Indicador Econômico	233
Indicador Governança	241
Indicador Social	245
Indicador Ambiental	250

1 INTRODUÇÃO

As cooperativas são negócios que pertencem e são administradas por seus membros, ou seja, tendo nas pessoas sua centralidade. Seu modelo é experimentado no mundo todo, possibilitando aos seus membros assumirem o controle de seus meios de subsistência. No fortalecimento das cooperativas os cooperados são empoderados e as comunidades locais almejam desenvolvimento. Mas as novas tecnologias e desafios atuais, fazem com que as cooperativas se tornem dinâmicas para se manterem competitivas, sem abdicar de seus valores e princípios. Alinhar indicadores de sustentabilidade com os valores e princípios cooperativistas ainda são um desafio, diante das particularidades peculiares ao cooperativismo. Esta tese vem trazer contribuição nesse sentido. Este capítulo introdutório aborda uma breve contextualização ao tema cooperativismo e sustentabilidade, apresenta o problema de pesquisa, seus objetivos, justificativa, contribuições e relevância da pesquisa.

1.1 INTRODUÇÃO AO TEMA

O desenvolvimento sustentável (DS) é uma abordagem que abarca a qualidade de vida das pessoas, logo, pretende alcançar o bem-estar econômico, social e ambiental das sociedades (Roboredo *et al.*, 2016). Compreender o conceito de desenvolvimento sustentável se tornou um importante objetivo para os formuladores de políticas públicas, recebendo atenção crescente de pesquisadores e representantes organizacionais ao redor do mundo, de acordo com Singh *et al.* (2009), Delai e Takahashi (2011), Aris *et al.* (2018) e Saunila *et al.* (2018). Existem diferentes maneiras de contextualizar o desenvolvimento sustentável, porém o conceito que foi amplamente disseminado expressa a seguinte ideia: “suprir as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades”, a partir do relatório Brundtland (World Commission on Environment and Development, WCED, 1987, p.8).

Em suas dimensões principais, o desenvolvimento sustentável é composto pelas vertentes: ambiental, social e econômica, e embora existam diversas compreensões do termo sustentabilidade, um conceito central que auxilia a operacionalizar seu entendimento é a abordagem *Triple Bottom Line* (TBL), introduzida por Elkington em 1998, ao propor que os objetivos de negócios fossem inseparáveis das sociedades e ambientes em que operam. As três dimensões da TBL, denominadas três Os (pessoas, planeta e lucros) foram adotadas como parte da estratégia da sustentabilidade corporativa (Elkington, 1998; Hart Milstein, 2003; Delai; Takahashi, 2011; Singh *et al.*, 2012; Galdeano-Gómez *et al.*, 2013).

A partir do surgimento do conceito de DS, as empresas estão sendo pressionadas a se organizar em relação à maneira como gerenciam seus negócios, ou seja, monitorar e relatar mais do que informações de desempenho econômico¹, e incorporar os desempenhos sociais e ambientais (Delai; Takahashi, 2011). Para que isso aconteça, ocorrem esforços em criar indicadores e medidas de sustentabilidade em escala empresarial. São consagrados alguns exemplos de medição, tais como: *Global Reporting Initiative – GRI* (GRI, 2002), *Dow Jones Sustainability Index* (Dow Jones, 2005) e as diretrizes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, para empresas multinacionais (OCDE, 2005). Na literatura encontram-se alguns autores que se destacam na elaboração de indicadores de sustentabilidade, como Veleva; Ellenbecker (2001), Reig-Martínez *et al.* (2011), Abarghani *et al.* (2013) e Marcis *et al.* (2019).

Diante da importância e necessidade das instituições em buscar a sustentabilidade, as cooperativas aparecem com notoriedade, de modo que vislumbram um desenvolvimento econômico distributivo, juntamente com o bem-estar da sociedade, e contemplam o desenvolvimento de vários segmentos e das comunidades em que estão inseridas (Abarghani *et al.*, 2013; Padua-Gomes *et al.*, 2016).

Organizações internacionais reconheceram o importante papel das cooperativas e sua relação com a cooperação para um desenvolvimento mais sustentável. A Organização das Nações Unidas (ONU) descreve as cooperativas como associações e empresas que contribuem para a melhoria da sociedade, permitindo o desenvolvimento econômico, político, social e cultural das comunidades e nações (Nações Unidas, 2001; 2011). A *International Co-operative Alliance* (ICA-COOP) reconheceu a sustentabilidade como um dos pilares das cooperativas como construtoras da sustentabilidade econômica, social e ambiental. Por meio da autoajuda e do empoderamento, do reinvestimento em suas comunidades, da preocupação com o bem-estar tanto das pessoas como do mundo em que vivemos, as cooperativas nutrem uma visão de longo prazo para o crescimento econômico sustentável, desenvolvimento social e responsabilidade ambiental (ICA-COOP, 2014; 2020).

Pesquisas ao redor do globo evidenciam a importância das cooperativas na construção de desenvolvimento para a sociedade, uma vez que são considerados potenciais veículos organizacionais para o desenvolvimento da sociedade devido aos seus múltiplos objetivos e diversos papéis. Zheng; Wang (2012) afirmam que as cooperativas de produtores

¹ Delai; Takahashi (2011), em estudo sobre dimensões da sustentabilidade relatam sobre a dimensão econômica, contudo como consagrado pela literatura, referem-se a informações financeiras das organizações, como por exemplo, geração de lucro e valor, investimentos, relacionamento com investidores e gestão de crise.

agrícolas são de grande importância para o desenvolvimento da produtividade agrícola e podem proporcionar melhores benefícios de bem-estar econômico aos agricultores.

Em 2006, Maharjan; Fradejas conduziram um estudo de campo nas Filipinas com produtores de suínos e mostraram que as cooperativas não apenas melhoraram sua operação agrícola de pequena escala, como também melhoraram o bem-estar socioeconômico das suas famílias. E mostraram ainda que, os agricultores participantes de cooperativas obtiveram mais renda de produção do que os agricultores não cooperados, e que seus produtos eram mais competitivos no mercado.

Em pesquisa realizada na Costa do Marfim e Gana, Calkins; NGO (2010) investigaram se as cooperativas de cacau poderiam melhorar a produtividade, a renda e bem-estar dos produtores; as informações foram coletadas de grupos focais e questionários e, posteriormente, submetidas a análises quantitativas e qualitativas para testar sete hipóteses sobre os possíveis benefícios das cooperativas. Os resultados mostraram que as cooperativas tiveram impacto positivo na renda, saúde e bem-estar dos produtores, e esses benefícios também se espalharam para a comunidade do entorno (Calkins; Ngo, 2010).

Em Mojo *et al.* (2015), pesquisa desenvolvida com 305 cafeicultores da Etiópia, foram examinados os impactos da associação a cooperativas no desempenho social e ambiental de cafeicultores. Os autores constataram um impacto positivo significativo das cooperativas no capital social dos membros, incluindo confiança, compromisso e satisfação, e no capital humano, como sessões de treinamento e experiências adquiridas, porém, o desempenho ambiental dos agricultores esteve negativamente associado à adesão contrária às expectativas (Mojo *et al.*, 2015).

Na Etiópia, para avaliar o impacto da associação cooperativa entre os produtores de laticínios em Selale, foram selecionados dez indicadores de impacto, dentre eles estão: proporção da renda leiteira na renda familiar total, renda leiteira total, produção de leite, produtividade do leite, comercialização, preço por litro de leite e a parcela da produção de leite (que é processada em nível domiciliar). Foram comparados o desempenho dos membros da cooperativa com produtores de leite não membros semelhantes. A análise empírica mostrou que as cooperativas são fortes em facilitar transformações tecnológicas e comercialização, mas fracas em oferecer melhores preços. De modo geral, o estudo concluiu que as cooperativas podem ser instituições empresariais eficientes para promover o desenvolvimento rural e a segurança alimentar (Chagwiza *et al.*, 2016).

Com objetivo de compreender quais fatores associados às cooperativas agropecuárias podem impactar na sociedade, Figueiredo; Franco (2018) adotaram uma

metodologia quantitativa, usando um questionário como instrumento para captar dados, aplicado a 194 cooperados pertencentes a cooperativas vinícolas da região do Dão de Portugal. Os resultados obtidos indicaram que as cooperativas têm múltiplos impactos sobre seus associados e seriam consideradas um formato organizacional capaz de promover o desenvolvimento da sociedade. No estudo foi possível identificar dois fatores que confirmam a importância social das cooperativas: reação e cooperação. E apesar das dificuldades em melhorar a competitividade, as cooperativas são vistas como veículos importantes para a mobilização de recursos locais e os cooperados podem obter benefícios econômicos e sociais significativos com a participação, sendo assim, o empreendedorismo social desempenha um papel vital no processo de desenvolvimento da sociedade, além de contribuir com os cooperados (Figueiredo; Franco, 2018).

Semou *et al.* (2022) confirmam tais resultados relatados nas pesquisas anteriores, com uma análise teórica e empírica, onde mostraram claramente que as organizações cooperativas, num estudo elaborado na Grécia, apesar dos problemas que enfrentam, contribuem de forma positiva e satisfatória para toda a economia do país; essa contribuição se dá não apenas pelos serviços que presta, aos associados, mas também pelas atividades financeiras que realizam com suas cooperativas.

Sendo assim, o cooperativismo representa uma comunidade de pessoas, unidas voluntariamente, com a perspectiva de alcançar objetivos econômicos e sociais, visando a melhoria para todos, com a distribuição de renda equitativa, desenvolvendo a autogestão e almejando superar as dificuldades em conjunto (Abarghani *et al.*, 2013).

As cooperativas contribuem para o crescimento econômico sustentável e emprego estável e de qualidade, oferecendo oportunidade de emprego para 280 milhões de pessoas; mais de 12% da humanidade faz parte de uma das três milhões de cooperativas existentes no planeta, que possuem 1,2 bilhão de cooperados. O cooperativismo se encontra em diversos ramos de atividades, mas existe uma grande adesão no setor agrícola, pois, dentre as 3 milhões de cooperativas existentes no mundo, 32% são do setor agropecuário. As 300 maiores cooperativas mundiais relataram um faturamento de 2,4 bilhões de dólares em 2023 (Marcis *et al.*, 2018; OCB, 2019; ICA-COOP, 2023). No Brasil são 4.693 cooperativas, as quais somam mais de 20 milhões de cooperados e geram mais de 525 mil oportunidades de empregos, de acordo com dados da Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB) (OCB, 2024).

Estudos e modelos baseados na aplicação de indicadores de sustentabilidade são utilizados para compreender o comportamento de áreas agrícolas, as cooperativas e agricultores em relação aos índices de desenvolvimento sustentável ao redor do mundo.

Alguns estudos contribuíram com as abordagens econômica, social, ambiental e de governança, como Aris *et al.* (2018), que analisaram diretrizes, índices e estruturas de sustentabilidade e apresentaram indicadores de sustentabilidade das cooperativas que podem servir de estratégias e mensuração de desempenho. Utilizaram a metodologia de análise de conteúdo para identificar nos estudos selecionados os indicadores, e ao estabelecer esses indicadores de sustentabilidade, visaram orientar as cooperativas no sentido de aumentarem sua contribuição e sustentarem sua posição como o terceiro motor de crescimento no país (Malásia).

Utilizando as abordagens econômica, social e ambiental, Abarghani *et al.* (2013) estudaram a implementação de uma gestão cooperativa para alcançar o desenvolvimento sustentável, empregaram os padrões internacionais e práticas de gerenciamento adotadas na cooperativa iraniana. Na Espanha, Reig-Martínez *et al.* (2011) avaliaram 163 propriedades usando 12 indicadores e verificaram a correlação positiva no desempenho econômico e ambiental da sustentabilidade, por outro lado, o indicador social estaria negativamente correlacionado com os indicadores econômicos e ambientais. Concluíram que a sustentabilidade aumenta à medida que os agricultores são dotados de níveis intermediários ou avançados de educação específica em agricultura e com participação em cooperativas agrícolas.

As operações sustentáveis também foram trabalhadas por Marcis *et al.* (2019), os quais desenvolveram um modelo denominado Avaliação de Sustentabilidade para Cooperativas Agrícolas (SAAC) e avaliaram a aderência do modelo em cinco cooperativas agrícolas no estado do Paraná; além das três vertentes da sustentabilidade, colaboraram em apresentar alguns indicadores específicos de cooperativas e relações comerciais.

Para comparar o desempenho social e ambiental dos membros de cooperativas da Etiópia, Mojo *et al.* (2015) realizaram um estudo entre 305 agricultores cooperados e não-cooperados. Revelaram que os cooperados avaliam seu desempenho social mais alto do que os não cooperados e mostraram impactos positivos das cooperativas no capital social dos membros, que inclui confiança, comprometimento e satisfação.

Em um estudo de caso numa cooperativa de laticínios de Bangladesh, Sultana *et al.* (2020) analisaram as condições de sustentabilidade financeira e, por meio da aplicação de questionários, fizeram um comparativo dos agricultores cooperados e não-cooperados. Utilizaram amostragem aleatória e análise descritiva para tratar os dados; em seus resultados identificaram que a cooperativa garante um mercado seguro para a produção a um preço justo, fornece assistência técnica e serviço de treinamento e extensão que conduz a maior produção e maior renda dos agricultores.

Mesmo diante de algumas evidências na literatura sobre desenvolvimento de modelos e aplicação de indicadores de sustentabilidade, desafios ainda são verificados, como avaliar o desempenho sustentável em cooperativas agrícolas, principalmente sob os quatro aspectos de indicadores econômico, ambiental, social e de governança.

Deve-se considerar que a avaliação do desempenho sustentável de uma cooperativa não é uma tarefa simples, pois suas dinâmicas e complexidades que envolvem os aspectos econômico-financeiros necessitam ser integrados, bem como indicadores relacionados ao bem-estar social e aspectos ligados ao meio ambiente, e em como esses indicadores estão sendo avaliados e administrados (Veleva; Ellenbecher, 2001; Labuschagne *et al.* 2005; Singh *et al.*, 2009; Marcis *et al.*, 2019). Existe também um desafio em relação à concordância entre os indicadores de sustentabilidade, levando a uma barreira para implementar estratégias de sustentabilidade, logo existe a necessidade de definir padrões metodológicos para os indicadores, uma vez constatada a diversidade de abordagens usada sem um ponto comum (Veleva; Ellenbecher, 2001; Searcy *et al.*, 2005; Delai; Takahashi, 2011).

Diante de tais desafios para implementar estratégias de sustentabilidade e avaliação por indicadores, alguns benefícios merecem atenção, tanto de gestores, como de pesquisadores, sob os aspectos econômicos, ambientais, sociais e de governança. Sob o ponto de vista econômico nota-se o esforço das sociedades e organizações para gerenciar seus impactos e redes de negócios; existem dois aspectos importantes na dimensão econômica, o relacionado ao desempenho financeiro que caracteriza as reduções de custos, por exemplo, e outro em relação aos interesses externos das organizações, como melhoria no bem-estar econômico e padrão de vida, como relatam Wagner; Svensson (2014) e Svensson; Wagner (2015).

Em relação aos benefícios que a dimensão social proporciona, Choi; Ng (2011), Delai; Takahashi (2011), e Galdeano-Gómez *et al.* (2013) destacam a preocupação com o bem-estar das organizações, das pessoas e comunidades. Está relacionada à produtividade econômica, respeito ao meio ambiente e processos socioeconômicos, com atenção ao capital humano, geração de empregos e renda, saúde e segurança. Sob a vertente ambiental, nota-se grandes mudanças em relação a serviços e tecnologias para tentar reduzir impactos negativos ambientais, como reciclagem, reutilização de produtos, gestão e aproveitamento de resíduos. Questões ambientais têm importante significado para as organizações e sociedade, necessitando de atenção aos investimentos, exploração e uso de tecnologias, uso eficiente de recursos naturais e melhora das atividades ecológicas (Delai; Takahashi, 2011 e Galdeano-Gómez *et al.*, 2013).

A dimensão governança contribui com a sociedade no desenvolvimento de uma maior transparência, justiça e responsabilidade, e possibilita aos proprietários (acionistas ou cotistas) a gestão estratégica e o monitoramento da alta direção, protegendo os interesses dos seus acionistas, de acordo com o Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC, 2020). Segundo a OCB (2016), a governança cooperativa oferece direção estratégica, fundamentada nos valores e princípios cooperativista, e estabelece práticas éticas que visam garantir a conquista dos objetivos sociais e assegurar a gestão da cooperativa de modo sustentável, em consonância com os interesses dos cooperados. Outro aspecto desafiador da governança cooperativa trata da dicotomia em que o proprietário é também usuário do empreendimento, conforme relata Ferreira *et al.* (2016), pois cooperativas vislumbram aspectos econômicos e sociais, possui atividade econômica, ao mesmo tempo que tem como finalidade a geração de benefícios e melhorias para seus associados, o que caracteriza um desafio em manter esse equilíbrio.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Nota-se, a partir do exposto até o momento, que existem desafios e dificuldades a serem superados, principalmente diante de reduzidos estudos que integrem por meio de indicadores de sustentabilidade, as quatro vertentes (econômico, social, ambiental e de governança) em análises de como as cooperativas colaboram com o desenvolvimento da sociedade em que estão inseridas, em se tratando de sistemas cooperativistas aplicados ao Brasil. Alguns benefícios em relação à aplicação de indicadores podem ser considerados, como em estudos destacados por: Maharjan; Fradejas (2006), Calkins; Ngo (2010), Reig-Martínez *et al.* (2011), Abarghani *et al.* (2013), Mojo *et al.* (2015), Chagwiza *et al.* (2016), Aris *et al.* (2018). (Figueiredo; Franco (2018) e Semou *et al.* (2022).

Contudo, ao tomar decisões sustentáveis, há muitos fatores que são complexos e difíceis de definir com precisão. Além disso, há uma grande incerteza, porque nem todas as questões importantes são totalmente compreendidas. A dinâmica de um sistema sustentável, que envolve questões econômicas, sociais, ambientais e de governança, não consegue ser descrita pela matemática tradicional, pois existe uma inerente ambiguidade e complexidade. Além do mais, o próprio conceito de sustentabilidade é coberto de subjetividade. Nesse sentido, segundo Phillis; Andriantiatsaholiniaina (2001), a lógica *fuzzy* se mostra apropriada em análises, pois, é uma ferramenta científica que permite modelar sem descrições matemáticas detalhadas usando dados qualitativos e quantitativos, em que os cálculos são feitos com

palavras, e o conhecimento é representado por regras linguísticas “se...então”. As regras de entradas/saídas de cada base de conhecimento são expressas simbolicamente na forma de palavras ou frases de uma linguagem natural e matematicamente, como variáveis linguísticas e conjuntos *fuzzy* (Andriantiatsaholiniaina *et al.*, 2004).

Acrescenta-se que, no setor privado, o *Compliance*² em determinados segmentos ganha destaque, a exemplo da Lei Empresa Limpa ou anticorrupção, nº 12.846/2013, a de privacidade e proteção de dados às pessoas, como a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), nº 13.709/2018, assim como o posicionamento de investidores e do mercado financeiro. Nesse sentido, o *Compliance Sustentável* vem apresentando crescimento e destaque em relação à competitividade das empresas. O *Compliance* e a sustentabilidade se fortalecem e criam sinergia, de modo a promover uma aliança estratégica que fortalece a competitividade das organizações.

A governança e a conduta estão entre os principais norteadores de uma organização, pois são responsáveis por direcionar a atenção de todos e de cada um dos seus stakeholders – colaboradores, fornecedores, clientes, acionistas, ou no caso das cooperativas, seus cooperados – para os objetivos comuns da empresa e sua responsabilidade com a sociedade.

Compliance, nesse mesmo sentido de boas práticas de conduta, é um conjunto de procedimentos que não necessários para garantir a atitude ética dos integrantes da organização. Garante que os mecanismos e procedimentos internos, como normas, auditorias, fiscalização, denúncias de não conformidades e aplicação do código de conduta cumpram com sua finalidade (Vieira e Barreto, 2019).

Estar em conformidade com as boas práticas de *compliance*, governança e gestão de riscos contribuem para o alcance dos objetivos das organizações, para tratar das incertezas e promover um comportamento íntegro. Esta tríade contribui também para o desenvolvimento sustentável, uma vez que: orienta as decisões para o alcance de resultados; alinha os objetivos com os propósitos; garante conformidade dos princípios éticos e normas legais; aumenta confiança; eleva o valor econômico e social; e aprimora o processo decisório.

Em vista disso, para alcançar a integridade das organizações, inclusive em sistemas cooperativos, o *compliance* é a estrutura que coordena as ações que asseguram a conformidade aos princípios éticos, os procedimentos administrativos e as normas legais aplicáveis à

² *Compliance* é “um dos principais pilares de apoio à governança corporativa e a sua aplicação revela o comprometimento da organização em firmar seu negócio com bases sólidas, éticas e sustentáveis, contribuindo para aumentar o seu valor e assegurar a sua continuidade e conformidade legal que são princípios da governança”, conforme relata Sangoi (2022, p. 2).

organização. É um processo contínuo que envolve a identificação das exigências, a análise e mitigação dos riscos de não conformidade e a adoção de medidas preventivas e corretivas quando necessárias (Vieira; Barreto, 2019).

Nesse sentido, as cooperativas que, diante de sua importância econômica e social, e contribuição para o desenvolvimento socioeconômico do país já apresentam destaque na competitividade comercial, necessitam agregar um modelo de indicadores de sustentabilidade na sua governança, o que poderá contribuir com uma tomada de decisão mais estratégica.

Assim, diante do cenário exposto sobre a importância de implantação de indicadores de sustentabilidade em cooperativas, bem como as considerações acerca da lógica *fuzzy* como mecanismo integrador em sistemas complexos e o crescimento do *compliance* em sistemas cooperativos, esta pesquisa tem como problema de pesquisa:

Um modelo baseado em inteligência artificial, que incorpora indicadores de sustentabilidade nos aspectos econômico, social, ambiental e de governança, pode contribuir como uma ferramenta de gestão para as cooperativas brasileiras?

E como questões norteadoras têm-se: Quais são os indicadores de sustentabilidade existentes, em nível mundial, voltados para cooperativas?

Indicadores de sustentabilidade podem contribuir com a competitividade das cooperativas no cenário empresarial?

1.3 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Optou-se por pesquisar cooperativas, devido ao seu caráter único de organização que combina objetivos econômicos com princípios sociais e democráticos. Diferentemente de empresas convencionais, as cooperativas são geridas pelos próprios membros, o que promove uma maior participação nas decisões e distribuição mais equitativa dos resultados. Além disso, as cooperativas desempenham um papel crucial no desenvolvimento sustentável, pois frequentemente priorizam o bem-estar da comunidade e a preservação dos recursos naturais, alinhando-se melhor com os princípios de sustentabilidade, que são essenciais para o futuro dos negócios e das sociedades.

A presença das cooperativas nos municípios se reflete em um aumento da arrecadação de impostos, na criação de empregos, no fortalecimento da educação e na promoção do bem-estar social. Esse impacto não apenas beneficia as comunidades locais, mas também representa um avanço para a sociedade como um todo. Isso corrobora com a

representatividade das cooperativas na economia do país; em 2022 foram quase R\$ 25 bilhões injetados na economia com pagamento de salários e benefícios aos colaboradores, e R\$ 19 bilhões de tributos pagos, de acordo com dados da OCB (OCB, 2024). Em 2022, as cooperativas comercializaram US\$ 9 bilhões, com vendas para 160 países, segundo o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC, 2024; OCB, 2024). Tais dados reforçam que as cooperativas geram emprego e renda, produção de alimentos, geram valor de produção, tem papel fundamental nas exportações do país, justificando assim, a importância de pesquisas que relacionam as cooperativas.

Na literatura são encontradas diversas definições do termo cooperativa, as quais podem variar de acordo com a época e viés doutrinário, sendo assim, é difícil encontrar um único conjunto de palavras e frases que expresse sua multiplicidade. Mas algo que é levado em consideração em todas as definições é a melhora da situação econômica de um grupo de indivíduos, solucionar problemas, satisfazer necessidade e objetivos em comum.

Nesse contexto, como uma alternativa de acelerar o desenvolvimento econômico e social dos países, a cooperação se torna cada vez mais presente nas discussões e debates, pois abarca soluções para diversos problemas de uma sociedade. Contribui ao fortalecer o poder de compra, combina competências, compartilha recursos, divide ônus, partilha riscos e custos na exploração de novas oportunidades, oferece produtos de qualidade e estratégias de novas possibilidades de mercado.

A cooperação é um diferencial competitivo para pequenos negócios e contribui com o crescimento, mas assim como as oportunidades são grandes, os desafios também. O trabalho em conjunto e manter relações de parceria passa por novas fronteiras para ampliar a competitividade. As cooperativas agropecuárias têm papel fundamental no desenvolvimento rural, uma vez que atua em modelos distintos de produção e comercialização. São protagonistas ao criar e adaptar tecnologias, difundir conhecimento e permitir acesso a mercados e novas oportunidades.

De acordo com Schneider (2012, n. pág. 253), o diferencial cooperativo é que:

“tal empresa está a serviço de uma associação de pessoas, que como entidade social coletiva opta por privilegiar a cooperação, a solidariedade e a ajuda mútua entre eles, dirige, controla a empresa e dela demanda não a busca incondicional do lucro, mas, sim, a busca da eficiência e eficácia que redundem em crescente satisfação das necessidades e do bem-estar de seus associados/coproprietários”.

Tem como foco agregar valor em serviços, diversificação e distribuição de sobras dos diversos negócios para o cooperado, captar a produção do cooperado para a industrialização; focam em produtividade através de técnicas e insumos modernos, bem como

a inclusão de ferramentas, dispositivos, novas tecnologias, logística, crédito e plataformas digitais. Deste modo, mesmo em situações adversas em que as sobras sejam baixas, as cooperativas poderão gerar ganhos econômicos aos cooperados. Esse diferencial das cooperativas é bastante relevante ao analisar indicadores de desempenho econômico dessas entidades.

Diante dos aspectos inerentes que perpassam a temática, esta pesquisa trará contribuição científica a respeito da sustentabilidade das cooperativas e, compreensão em torno da elaboração e aplicabilidade dos indicadores de sustentabilidade.

Além disso, tornam-se necessários modelos que descrevam matematicamente os indicadores de sustentabilidade que possam ser utilizados estrategicamente como uma ferramenta de gestão e auxílio nas tomadas de decisões; esta tese vem contribuir nesse sentido. A lógica *fuzzy* será empregada, pois é considerada uma técnica dentro do campo da inteligência artificial. Ela é utilizada em sistemas de controle, tomada de decisão, e em situações em que é necessário lidar com a imprecisão e a incerteza, permitindo que variáveis possam ter valores parciais entre completamente verdadeiro e completamente falso, ao invés de apenas valores binários.

A lógica *fuzzy* é frequentemente empregada em sistemas especialistas e de controle, que são subcampos da IA. Por exemplo, é usada para desenvolver sistemas de controle de temperatura, controle de motores, e até mesmo em sistemas de previsão do tempo.

A lógica *fuzzy* estabelece a criação de algoritmos, que são capazes de imitar parte do raciocínio humano. Estes métodos são sintetizados criando-se um programa computacional baseado em regras criadas a partir desta lógica, que denominamos sistema baseado em regras *fuzzy* (Cecconello *et al.*, 2010). São exemplos de aplicações da lógica *fuzzy*: eletrodomésticos Inteligentes, como máquinas de lavar e ar-condicionado que ajustam automaticamente suas configurações para otimizar desempenho e eficiência; automóveis, controle de tração, sistemas de navegação, e gerenciamento de motores; sistemas de diagnóstico médico onde é necessário lidar com sintomas e dados que não são perfeitamente precisos. Esta teoria que busca aplicar a matemática a conceitos difusos, foi introduzida por Lotfi Asker Zadeh em 1965, visa aproximar o raciocínio humano por conjuntos *fuzzy*, descritos também por variáveis linguísticas (Zadeh, 1965).

O estudo optou pela escolha da Lógica *Fuzzy* com o método de inferência Mamdani como primeira alternativa para entender a relação entre as variáveis estudadas e gerar um modelo de indicadores de sustentabilidade que possa ser usado em cooperativas como

ferramenta de gestão. Ressalta-se que a escolha desse tipo de inferência se deve à inovação na área e a mesma eficiência dos métodos convencionais.

Adotar a Lógica *Fuzzy* para a elaboração de um modelo de indicadores de sustentabilidade demonstra a importância da interdisciplinaridade, ao abordar questões econômicas, sociais, ambientais e de governança, e transcender estes aspectos ao adotar a inferência estatística e matemática para a construção de uma ferramenta de gestão necessária ao apoio na tomada de decisão.

Tais premissas corroboram em melhorar o conhecimento sobre mecanismos das cooperativas em nível de sustentabilidade e facilitar a compreensão de sua influência em alcançar subsistência sustentável. Essas informações baseadas em evidências são úteis para os atores do agronegócio, pesquisadores e formuladores de políticas públicas.

1.4 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa pauta-se em propor um modelo baseado em inteligência artificial, que incorpora indicadores de sustentabilidade nos aspectos econômico, social, ambiental e de governança, que contribua como uma ferramenta de gestão para cooperativas brasileiras.

Com o intuito de pormenorizar o estudo, constituíram-se objetivos específicos da pesquisa:

1. Identificar as variáveis econômicas, ambientais, sociais e de governança que irão subsidiar a elaboração do modelo;
2. Construir um modelo baseado em inteligência artificial de indicadores de sustentabilidade, aplicável em cooperativas;
3. Validar e aplicar o modelo de indicadores de sustentabilidade em cooperativas.

1.5 ORIGINALIDADE DA PESQUISA

As métricas e padrões para relatar práticas sustentáveis fornecem diretrizes sobre como coletar e comunicar dados. Entre as várias iniciativas internacionais, as mais adotadas são a *Global Reporting Initiative* (GRI) e o Pacto Global da ONU. Contudo, existe uma imprecisão entre os indicadores, há falta de consistência na maneira em que os indicadores são reportados e a liberdade que as empresas têm sobre quais indicadores reportar, são fatores que podem

contribuir com a não efetividade dessas iniciativas. Além do mais, é importante destacar a natureza peculiar de governança das cooperativas, que levanta questões sobre a necessidade de indicadores mais direcionados que permitam capturar a real contribuição das cooperativas para o alcance da sustentabilidade.

O Plano Estratégico da ACI 2020-2030, aprovado na Assembleia Geral de Kigali, em outubro de 2019, relata a importância de se medir e promover a contribuição direta das cooperativas para o desenvolvimento sustentável global. Ainda, identifica indicadores-chave, bem como relatórios de pesquisas primárias e secundárias sobre a contribuição das cooperativas para o desenvolvimento sustentável global, de acordo com o *World Cooperative Monitor* (2021).

Tais evidências reforçam a originalidade desta pesquisa, que se referem à elaboração de um modelo de indicadores de sustentabilidade, integrando de maneira inovativa as quatro vertentes da sustentabilidade (econômico, social, ambiental e de governança), utilizando inclusive, a inteligência artificial baseada na lógica *fuzzy*, a qual proporciona a elaboração de uma ferramenta de gestão que auxilia as cooperativas na tomada de decisões.

Assim, contribuir para o fortalecimento e desenvolvimento do agronegócio regional e nacional, elevando o Brasil a patamares mundiais de competitividade e segurança alimentar.

1.6 RELEVÂNCIA DA TESE

A pesquisa visa colaborar cientificamente e de modo interdisciplinar, ao abordar questões de ordem econômica, ambiental, social e de governança. Deste modo, servir de referência ao segmento de cooperativismo, tanto para a área agropecuária como em demais áreas.

No campo social, possui mérito ao abordar o cooperativismo, tendo-se como propósito o desenvolvimento sustentável, e devido à representatividade das cooperativas na economia de um país, existe a necessidade de compreensão em torno da elaboração e aplicabilidade de indicadores de sustentabilidade.

Possui relevância econômica, uma vez que, as cooperativas contribuem com o avanço econômico das sociedades, proporcionando a expansão de emprego e renda, e, desta forma, corroboram com os esforços do *World Cooperative Monitor* (2019). Este explora o impacto econômico e social das principais cooperativas do mundo e analisa a participação do segmento na oitava meta de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas, uma vez que visa

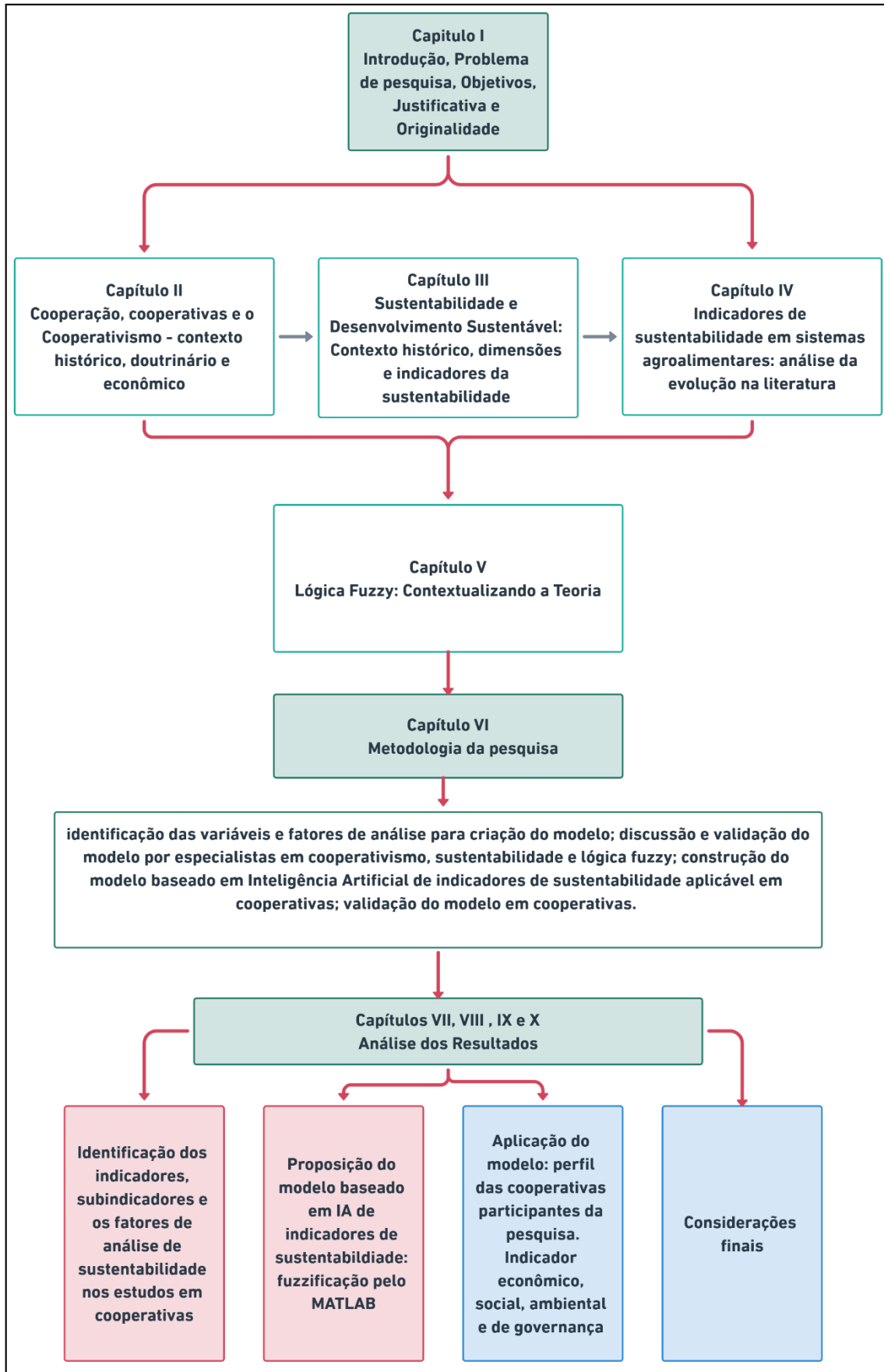
crescimento econômico, incluso e sustentável, pleno emprego e produtivo, e trabalho decente para todos.

Assim, tendo em vista a notoriedade de pesquisas em torno da sustentabilidade em cooperativas, bem como a aplicabilidade de indicadores nas dimensões - econômicas, sociais, ambientais e de governança -, a pesquisa atende às necessidades da ciência, ao preencher uma lacuna do conhecimento nesta área, e irá oferecer um modelo de inteligência artificial baseado em lógica *fuzzy*.

1.8 ESTRUTURA DA TESE

A tese está organizada em 10 capítulos, como segue na Figura 1.

Figura 1 - Diagrama da organização da tese



Fonte: Elaborada pela autora

2 REVISÃO DE LITERATURA – O COOPERATIVISMO

Os capítulos 2 e 3 dissertam sobre os temas que sustentam a pesquisa: cooperativismo e a sustentabilidade. Diante da problemática do estudo, num primeiro momento apresenta-se uma conceituação sobre a cooperação, cooperativas e o cooperativismo num enfoque histórico, doutrinário e econômico, bem como o avanço do cooperativismo no Brasil e no mundo (capítulo 2).

2.1 COOPERAÇÃO, AS COOPERATIVAS E O COOPERATIVISMO

Compreender aspectos que diferem em relação à cooperação, cooperativismo e cooperativas se faz necessário, uma vez que são processos sociais distintos e, notadamente, a literatura mostra que pode não haver relação direta entre eles (Camargo, 1960; Araújo, 1982; Fleury, 1983; Singer, 2002; Rios, 2017).

A cooperação, cooperativas e cooperativismo são expressões muito aplicadas, porém pouco compreendidas. Comumente empregado, o primeiro termo, denota a ação de trabalhar em conjunto e em benefício comum; quando esta ação possui uma estrutura, seja ela mínima e que organiza uma unidade produtiva, forma-se assim, uma organização cooperativa; motivações sociológicas e políticas, por sua vez, incentivam ações de trabalho coletivo, organizadas na forma de cooperativas, com base em princípios doutrinários, denominando-se então, cooperativismo (Pinho, 1962).

2.1.1 A Cooperação e as características das cooperativas

Desde os primórdios da humanidade, a cooperação se mostra presente, uma vez que, sempre existiu na sociedade humana. Num formato cooperativo, os membros de tribos da antiguidade desenvolviam suas tarefas e uniam esforços para as atividades mais comuns (Bialoskorski, 2006).

No sentido semântico do termo cooperação, para Cattani (2003) advém o ato de cooperar, colaborar de um trabalho em conjunto, do movimento coletivo, no caminho oposto à perspectiva individualista.

O termo cooperar vem do latim *cum operari*, que significa “trabalhar com” ou “fazer com”, e segundo Souza *et al.* (2003, p. 290), a cooperação “é todo ato coletivo e organizado com vistas à realização de um objetivo comum”. Embora os autores defendam que, a cooperação nem sempre abrange todas as formas cooperativas, mas sim, aquelas que possuem

objetivos comuns, e que nem sempre condiz com a realidade. Nesse sentido, consideram que, quando os envolvidos não possuem objetivos em comum, definem cooperação como “a situação segunda a qual para que uma pessoa alcance seu objetivo, todas as demais pessoas envolvidas devem igualmente atingir seus respectivos objetivos, sejam eles comuns ou não” (Souza *et al.*, 2003, p. 291).

A cooperação, compreendida num contexto de ação social articulada, entrelaçada por objetivos comuns para solucionar problemas reais, pode ser compreendida em dois sentidos: primeiramente como ação espontânea inerente a determinados grupos e derivada de suas tradições e costumes, pré-existente às instituições, fundamentada na reciprocidade adiada, em que a retribuição é feita quando for conveniente, possível ou até mesmo imediata. E segundo, como ação-padrão, construída e desenvolvida no interior de cooperativas e de acordo com um código, por pessoas inseridas numa divisão social de trabalho, em que possuem objetivos comuns e compartilham benefícios ou prejuízos de maneira equitativa (Camargo, 1960; Bruni, 2005).

Em termos sociais, o termo compreende uma maneira de integração social e pode ser entendida como ação conjugada de indivíduos para alcançar o mesmo objetivo, conforme relata Pinho (1980). Araújo (1982) contribui ao afirmar que sob o ponto de vista sociológico, a cooperação ocorre devido a certa obrigação entre os homens, para atender necessidades primárias, sendo que, estas manifestações de ajuda mútua normalmente surgem em períodos socialmente adversos ao atendimento de necessidades coletivas; tal fator pode explicar o surgimento de cooperativas em momentos de obstáculos para um grupo de indivíduos.

Ao longo do tempo, autores vêm estudando a cooperação, que também pode ser denominada ações coletivas, como para Olson (1971; 2000), que desenvolveu um modelo conceitual de análise econômica das ações coletivas, baseando-se em conceitos como: valor atribuído pelos indivíduos a um bem coletivo e a parcela do bem coletivo produzido que cada indivíduo recebe. Assim como, Ostrom (1990), que estudou várias comunidades e identificou uma situação comum para aqueles que conseguiram gerenciar recursos comuns. Essas comunidades mantiveram-se estáveis durante um longo período, compartilharam experiência e os grupos eram compostos de participantes que variaram muito em relação ao capital econômico, habilidades, conhecimento, etnia e raça.

Publicado em 1965 por Mancur Olson, “*The Logic of Collective Action*”, aborda uma explicação clara sobre o comportamento do grupo e da organização, mostra quando será de interesse dos indivíduos contribuir com os esforços individuais para a provisão de um bem coletivo. No modelo de Olson, em que se consideram os indivíduos engajados na produção de

bens coletivos, a utilidade que cada indivíduo gera do bem coletivo é assumida como dependente da quantidade total do bem produzido, e o valor do bem coletivo produzido depende da contribuição de cada indivíduo.

Em seu estudo, Olson identifica três condições sob as quais os indivíduos participam da ação coletiva: a) se houver coersão substancial (que pode vir de pressão social ou exigência legal); b) se o parasitismo for facilmente perceptível dentro do grupo (perceber até que ponto as ações de cada pessoa são visíveis e afetam a utilidade de outras); ou c) quando houver incentivos seletivos (tais benefícios referem-se à questão de oferta de incentivos adicionais aos seus membros que não estariam disponíveis aos não membros). Ostrom (1990, p. 51) afirma que “não haverá participação substancial na ação coletiva a menos que os membros sejam atraídos por tais benefícios seletivos”.

No decorrer de 30 anos, Ostrom (1990) pesquisou sobre regras de usos de bens coletivos, e esta investigação fez com que a autora preconizasse a cooperação como essencial para a sobrevivência humana, em que a constitui como necessidade vital para encontrar soluções coletivas para patrimônios compartilhados, de que todos dependem. Para Ostrom (1990), a ação coletiva, constituída de convenções e instituições capazes de desenvolver alternativas de gestão, diante de situações, tanto triviais como complexas, é retroalimentada constantemente por essas mesmas convenções e instituições, deslocando em segundo plano as soluções oferecidas pela coerção do Estado.

De acordo com Oliver (1984), em *“If you don’t do it, nobody else will”*, às vezes as pessoas estão dispostas a fornecer bens públicos mesmo que outros se abstenham de fazê-lo, similar ao que Olson (1965) trata de “privilégio” em um grupo. Isso ocorre se alguns indivíduos altruístas na sociedade estiverem inclinados a assumir o fardo de fornecer um bem público, mesmo que ninguém mais esteja disposto a fazê-lo, ou no momento que uns valorizem mais o bem coletivo que outros.

Sob a perspectiva social, as pesquisas avançaram em relação aos pressupostos fundamentais da teoria de Olson em relação à gênese e resultado da ação coletiva. Estudos empíricos continuamente tentam explicar as observações do mundo real na dinâmica de grupo (Unger; Waarden, 1999; Czech, 2016).

Os autores Hagedorn et al. (2002) e Willy; Ngare (2021) destacam a importância de uma abordagem mais abrangente para entender ações coletivas e comportamento de grupos. Eles argumentam que a explicação baseada apenas na racionalidade instrumental, que foca na maximização da utilidade econômica, é insuficiente. Logo, sugerem que é crucial considerar o contexto social e institucional ao analisar o comportamento dos indivíduos dentro de um grupo.

Então, propõem que, para capturar adequadamente essas dinâmicas, é necessário recorrer a outras disciplinas além da economia tradicional, como ciências comportamentais, sociologia, ciência política e Nova Economia Institucional (NIE). Essas disciplinas ajudam a entender melhor as influências sociais e institucionais que moldam o comportamento dos membros do grupo, oferecendo uma visão mais completa e precisa das ações coletivas.

Ao estudar a participação em grupos de interesse, King; Walker (1992) descobriram que as pessoas têm maior probabilidade de cooperar se estiverem se mobilizando contra um mal coletivo que ameaçaria um bem comum. Ou seja, se os indivíduos estão convencidos de que um mal coletivo (externalidade) pode ser uma ameaça comum, tornam-se dispostos a se auto-organizar para resolver o problema e proteger os interesses do grupo, sem que necessariamente forneçam bens privados a membros individuais. A posição de um indivíduo em uma situação de cooperação também influenciará seus incentivos para cooperar ou desertar. A posição pode ser um local físico ou status social. A localização física influencia a exposição de um indivíduo a uma externalidade e, portanto, determina os benefícios esperados da cooperação (Quiggin, 2001; Van Oel *et al.*, 2009).

A estrutura desenvolvida por Hagedorn *et al.* (2002) adota a premissa de que os objetivos dos atores, suas dotações de recursos, sistemas de valores, crenças, atitudes e percepções desempenham um papel importante na determinação de sua disposição e capacidade de cooperar com os outros e cumprir as regras estabelecidas coletivamente. Os recursos físicos, sociais e humanos facilitam a ação coletiva, pois permitem aos indivíduos o acesso à informação, ao poder e às redes sociais que os ajudam a salvaguardar os seus interesses, sejam eles coletivos ou individuais.

Sob a ótica econômica, entende-se que a ação de cooperar é uma questão de sobrevivência, na qual as pessoas reúnem esforços contribuindo para que surja uma nova força de trabalho de natureza coletiva, deste modo, a cooperação pode ser vista como uma maneira de organização do trabalho associado de indivíduos e grupos com o mesmo interesse (Araújo, 1982).

O capital social envolto em ações coletivas reduz os custos de transação do trabalho conjunto e facilita a cooperação. Dá às pessoas incentivos para investirem em atividades coletivas, com a confiança de que outros também o farão. O desenvolvimento institucional está lado a lado com o capital social, um conceito que captura quatro características inter-relacionadas: confiança; reciprocidade; regras, normas e sanções compartilhadas; e conectividade em redes e grupos (Pretty; Ward, 2001). Sendo esse um processo dinâmico:

conforme a colaboração se amplia, novas possibilidades entram em foco, além da solução do problema original (Goldstein, 2009).

Na perspectiva de Vilpoux (2014), a cooperação é construída com base em interesses mútuos entre os indivíduos que optam em cooperar, uma vez que, vislumbram maiores proveitos interagindo em cooperação do que sem a cooperação. Num sentido abrangente, a cooperação não se restringe apenas ao alcance de objetivos comuns, mas podendo abarcar outros aspectos de relações sociais, sendo assim, a cooperação pode surgir em relações de amizade, profissionais, familiares ou em meio a catástrofes (naturais ou não), por meio de interação social; a condição de cooperação está na natureza humana, assim como a competição (Souza *et al.*, 2003).

De acordo com Axelrod (2010), a cooperação é uma prática de pessoas ou entidades que trabalham em conjuntos para atingir objetivos, sendo eles comuns ou não. Numa perspectiva de atingir objetivos, principalmente de longo prazo, pode ocorrer a construção de sentimentos, como lealdade, confiança, bem como o desejo de permanecer cooperando (Lusch; Brown, 1996).

É especialmente importante em ambientes rurais, o trabalho coletivo para melhorar os meios de subsistência dos membros dos grupos, em que os pequenos agricultores enfrentam inumeráveis desafios, tais quais, variabilidade climática, altos custos de transportes, ligações de mercado limitadas e acesso insuficiente ao crédito (Holloway *et al.*, 2000; Ortmann; King, 2007; Shiferaw *et al.*, 2009; Jarvis *et al.*, 2011).

Outras pesquisas empíricas demonstram que as ações coletivas impactam positivamente os produtores agrícolas, com melhoras no acesso ao mercado (Bernard; Spielman, 2009; Hellin *et al.*, 2009; Bernard; Taffesse, 2012); aumentando a renda e reduzindo a pobreza (Verhofstadt; Maertens, 2014); e no aumento da renda e estímulo à inovação por meio da facilitação de fluxo de troca de informações (Fischer; Qaim, 2012).

A participação em cooperativas envolve questões sociais, uma vez que gera empregos e renda, funciona como fórum de educação e formação, cria sistemas de apoio e solidariedade em tempos de dificuldades inesperadas (Wanyama *et al.*, 2008). A ação coletiva contribui com o bem-estar dos pequenos agricultores (Ahmed; Mesfin, 2017); a redução da pobreza e a melhoria dos meios de subsistências (Getnet; Anullo, 2012); bem como fatores que beneficiam particularmente as mulheres (Baden; Pionetti, 2011). Os resultados do estudo de Santos *et al.* (2020) sugerem que a participação em ações coletivas pode ser uma estratégia importante para os agricultores, uma vez que possibilita a redução dos custos de transação e,

ainda, permite maior acesso à informação e conhecimento, aprimorando a sustentabilidade dos agricultores.

A participação em cooperativas agrícolas pode mitigar desafios de acesso rural, consegue aumentar o uso de insumos, participação de mercado e a renda familiar, conseqüentemente, diminui a pobreza rural (Markelova *et al.*, 2009; Shiferaw *et al.*, 2009; Fischer; Qaim, 2012). As cooperativas agrícolas apresentam um aspecto importante que é sua capacidade de reduzir os custos de transação para seus membros (Staatz, 1987). Estes custos podem estar relacionados à redução dos custos associados à compra e transporte de insumos agrícolas, ou acesso a mercados para vendas de produtos agrícolas (Blekking *et al.*, 2021).

Os custos de transação são elevados para propriedades familiares, o que impede de se beneficiar de economias de escala, resultando em maiores custos unitários de insumos, serviços financeiros, certificações, assistência técnica, serviços de marketing, entre outros (Wiggins *et al.*, 2010). E o poder de negociação de pequenas propriedades familiares é inferior devido à assimetria de informação (Fischer; Qaim, 2012). Nesse sentido, os pequenos agricultores são beneficiados pela ação coletiva, uma vez que conseguem uma redução dos custos de transação (Hansmann, 1988; 1996; Valentinov. 2007).

As cooperativas são formadas por mecanismos de cima para baixo (*top-down*), que são resultados de iniciativas de políticas que incentivam as pessoas a se organizarem e ingressarem em grupos. A formação ascendente, ou de baixo para cima (*bottom-up*) ocorre quando as pessoas se auto-organizam em grupos para buscar objetivos coletivos, de acordo com Olson (2009). Tanto os membros individuais como o grupo como um todo poderão se beneficiar, uma vez que a participação em um grupo supera os custos potenciais de agir sozinho, e por meio de esforços coletivos, os membros de um grupo podem aumentar a inclusão social, o empoderamento e o desenvolvimento (Olson, 2009).

Os agricultores estabelecem cooperativas para salvaguardar, fortalecer e promover sua posição, por vezes, fraca de mercado (Mccarthy *et al.*, 2010). Nos países em desenvolvimento, existe uma proporção considerável de agricultores dependentes de cooperativas para administrar suas transações de mercado (Abate, 2018). Ao se tornarem membros de cooperativas e unir forças, os agricultores aumentam a eficiência da produção; as cooperativas se manifestam em contextos particulares, normalmente em resposta a estímulos, como falhas de mercado, com objetivos e metas específicas definidas por seus membros; aumentam o poder de negociação e informações de mercado (Briscoe, 1982).

O cooperativismo consegue empoderar os agricultores, melhora a qualidade de vida e aumenta a viabilidade econômica por meio da organização social; fornece estrutura, oferece

escala, traz vantagens associadas que não seria possível atuando individualmente (Briscoe; Ward, 2000; Ortamann; King, 2007; Birchall; Ketilson, 2009; Kormelinck, 2016; Tefera *et al.*, 2017).

Pesquisas evidenciam que os principais objetivos das cooperativas agrícolas em países em desenvolvimento consistem em aumentar a participação de mercado e melhorar a posição de negociação por meio de incentivos à ação coletiva (Berdegué *et al.*, 2001; Chen *et al.*, 2007; Banco Mundial, 2008; Iliopoulos; Valentinov, 2018).

Nesse sentido, a pesquisa de Fanasch; Frick (2018) lista três vantagens das cooperativas (em sentido amplo), sejam elas: economia de escala; redução dos custos de transação; e prevenção de situações de *hold-up*. As cooperativas, devido ao seu tamanho, realizam economias de escala ao reunir recursos dos membros, possibilitando o acesso à tecnologia, consultoria e informação. Esses recursos compartilhados (equipamentos, edifícios, reputação, poder de negociação) tornam os serviços mais acessíveis e econômicos para pequenos agricultores, que não podem obtê-los individualmente (Valentinov, 2007; Cazzuffi, 2012; Fanasch; Frick, 2018). Para corroborar com estas afirmações, os autores Bonus, 1986; Staatz, 1987; Bonin *et al.*, 1993; Gentzoglanis, 1997; Karantininis; Zago, 2001; Cakir; Balagtas, 2012; Fanasch; Frick, 2018, constatam que as cooperativas reduzem significativamente os custos de transação dos membros, facilitando negociações mais eficientes e, com poder de compra em grandes quantidades, obtêm descontos consideráveis e aumentam a margem de lucros dos membros.

Ainda sob um ponto de vista econômico, a cooperação nas cooperativas é marcada por práticas interorganizacionais avançadas, onde as vantagens competitivas são fundamentais na interação com clientes e cooperados (Oliveira, 2006). Reconhecidas por agências governamentais, ONGs, empresas privadas e sociais como instrumentos para reduzir a pobreza de pequenos agricultores, as cooperativas fornecem serviços econômicos e sociais aos seus membros. Essas organizações, controladas por seus membros, operam em mercados formais visando equilibrar lucro e atender às necessidades e aspirações sociais e culturais comuns (Penrose-Buckley, 2007; Birchall; Simmons, 2009; ICA-COOP, 2015; Mojo *et al.*, 2017, Gava *et al.*, 2021).

As cooperativas permitem que os membros individuais participem e se beneficiem de economias competitivas locais e globais, por meio de capacitações coletivas, maior poder de negociação, melhorias técnicas e de mercado, criação de economias em escala e desenvolvimento de know-how por meio da aprendizagem (Birchall, 2003; Ortamann; King, 2007; Fischer; Qaim, 2012; Paumgarten *et al.*, 2012; Wynne-Jones, 2017).

Entre suas distintas características, está o foco nas atividades lucrativas e serviços econômicos que incluem: a) negociação de preços de venda da produção, acesso ao crédito, negociação de preços de insumos agrícolas, aumento da produção, entre outros; b) e os benefícios não relacionados diretamente com a produção, mas que impactam sobre os meios de subsistência dos cooperados, que são os serviços sociais, como acesso a medidas de apoio público, educação direcionada, oportunidade de treinamento, coesão social por meio de redes, grupos sociais, entre outros (Birchall, 2003; Ortmann; King, 2007; Ma; Abdulai, 2016).

As cooperativas têm como base os valores de “ajuda mútua, responsabilidade, democracia, igualdade, equidade, solidariedade, honestidade, transparência, responsabilidade social e preocupação com os demais integrantes”, de acordo com Rech (2000, p.23).

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2011) reconhece que as cooperativas devem promover a participação de todas as pessoas no desenvolvimento social e econômico, e que deve incluir as mulheres, os jovens, os idosos, as pessoas com necessidades especiais, os indígenas, e com isso, proclamou o ano de 2012 como o Internacional de Cooperativas, com o slogan: Cooperativas constroem um mundo melhor. Com isso, convocou as cooperativas e seus associados a contribuírem com a construção de um mundo equitativo e sustentável.

As diferenças existentes entre a gestão cooperativista e as demais organizações justificam seu valor para o desenvolvimento das comunidades. Deste modo, Zeuli *et al.* (2003) afirmam que, devido a serem controladas por pessoas que vivem em uma comunidade, estão mais propensas a se preocupar em promover o crescimento em relação às organizações controladas por terceiros. A *European Commission* (2012) corrobora que, em relação ao desenvolvimento sustentável, as cooperativas são frequentemente empregadoras e importantes contribuintes para a economia local, contribuem também para os objetivos de política pública, como o desenvolvimento do capital humano, avanço da competitividade e a sustentabilidade ambiental.

As cooperativas possuem dois centros de poder e decisão, os quais se referem aos meios e envolvem, especificamente, as decisões técnicas, sob a responsabilidade do quadro executivo-técnico, e o outro, menciona os fins, sob a responsabilidade dos associados nas assembleias e conselhos. Deste modo, consiste o comprometimento dos associados e dirigentes cooperativos, como opção no sistema administrativo autônomo, participativo e democrático (Schneider, 1999).

De acordo com Ninaut; Matos (2008), as cooperativas possuem foco no associado e na sociedade, pois proporcionam melhores condições de acesso ao crédito, moradia, educação e mercado de trabalho, atendendo as questões sociais e com responsabilidade ambiental. São

uma forma de ação coletiva encontrada pelos produtores para lidar com falhas de mercado e atuam como contrapoderes, promovendo um equilíbrio das forças de mercado, proporcionando maior bem-estar aos produtores de uma determinada comunidade (Novkovic, 2008; Azevedo; Almeida, 2009).

2.1.2 O Cooperativismo – Contexto Histórico sob Enfoques Doutrinários

Mesmo diante de inúmeras tentativas de vários autores na busca de elucidar o significado de “cooperação”, em sua obra, Emilianoff (1948, p. 1) afirma “A literatura sobre o problema cooperativo é abundante e tem quase um século, mas buscaremos em vão encontrar uma definição clara e precisa de cooperação nessa literatura”, contudo, a doutrina econômica se estabelece e o movimento ganha força como reação aos abusos decorrentes da Revolução Industrial – um contraponto ao liberalismo econômico. O crescimento da doutrina econômica pode ser apreciado na obra de Edwin G. Nourse, publicada pelo *The American Economic Review*, em 1922. Sendo que, o cooperativismo, enquanto doutrina econômica, é baseado em princípios e valores, tem sua origem a partir dos Socialistas Utópicos, de acordo com Hugon (1973).

Entre os precursores utópicos, destacam-se os seguintes autores e suas ideias, segundo Pinho (1977): 1) Robert Owen, o qual acreditava na criação de cooperativas que negassem o individualismo e a lógica egoísta das empresas capitalistas (1771-1858); 2) François Marie Charles Fourier, cujas relações econômicas deveriam se organizar em instituições fundadas por princípios de associação e cooperativismo (1772-1837); 3) Philippe Joseph Benjamin Buchez, pensador de que o Estado deveria apoiar a criação de cooperativas populares (1796-1865); 4) Louis Blanc, que desenvolveu a criação de associações profissionais de trabalhadores de um mesmo ramo de atividade (1812-1882); 5) Pierre-Joseph Proudhon, favoreceu as associações de trabalhadores e cooperativas, e tentou criar o banco operário, semelhante às cooperativas de crédito (1809-1865); 6) Conde de Saint-Simon, teorizou a divisão da sociedade entre “produtores” e “ociosos”, acreditava que a sociedade deveria ser composta por produtores capazes de gerar riquezas (1760-1825). Estes precursores tiveram como principais contribuições a disseminação da livre iniciativa, a cooperação e a prestação de serviços sem interesse de lucrar, de acordo com Pinho (1977).

De acordo com Hobsbawm (1977, p. 230), “a própria novidade e a rapidez da mudança social que os envolvia, encorajavam os trabalhadores a pensarem em termos de uma sociedade totalmente diversa, baseada na sua experiência e em suas ideias, em oposição às de

seus opressores”. Ricciardi e Lemos (2000, p.52) consideram o cooperativismo uma “resposta socioeconômica a um problema socioeconômico”. Surge então, o cooperativismo moderno, que nasceu entre os trabalhadores urbanos na Inglaterra, em meados do século XIX, após as tentativas utópicas dos precursores, e num momento de aguda crise social e econômica em toda Europa. Tecelões formalizaram a primeira cooperativa de consumo em 1844, no Beco dos Sapos, em Rochdale, Manchester, Inglaterra. Tomaram como base alguns princípios identificados pelos cooperativistas como “as regras de ouro” do cooperativismo, e em valores coletivos. Seriam os princípios, conforme descreve Bogardus (1964): 1) democracia; 2) adesão livre; 3) livre saída; 4) compras e vendas à vista; 5) juros limitados ao capital e retorno; 6) universalidade e intercooperação.

Para Drimer (1973), o cooperativismo inclui os valores:

- Esforço próprio e ajuda mútua como condição para a autonomia;
- Solidariedade e cooperação entre associados e entre cooperativas;
- Igualdade, democracia e participação;
- Justiça nas normas, equidade e liberdade;
- Promoção humana e educação cooperativa;
- Coincidência com os interesses gerais da comunidade;
- Mutualidade, retribuindo a cada qual segundo o esforço dispensado.

O cooperativismo contribui com a sociedade, pois demonstra preocupação com o meio ambiente e colabora com atitudes vislumbrando o desenvolvimento sustentável, proporcionando aprimoramento das dimensões econômicas, culturais e sociais do ser humano (Barcellos; Martinelli, 2009). O cooperativismo também é caracterizado, de acordo com Scopinho (2007), como um movimento social, em que, mediante a uma estrutura organizacional, favorece as mudanças positivas da sociedade.

Diante da necessidade de suprir a carência de suprimentos básicos, agravamento da situação com demissões em massa e greves, em plena crise de desemprego nos anos 40, a criação da cooperativa foi a alternativa encontrada pelos trabalhadores, uma vez que, “a exploração e a pobreza dos operários eram tão grandes que mesmo uma cooperativa rudimentar lhes proporcionaria enormes serviços” (Schneider, 1999, p. 182).

Ao redor do mundo, ocorreu uma multiplicação do movimento cooperativo, tanto em regimes de exploração capitalista quanto no socialista, deste modo, garantindo suprimentos aos trabalhadores rurais e urbanos, em diversos ramos de atividades. O movimento criou na

Inglaterra, em 1895, a Aliança Cooperativa Internacional (ACI); em esfera internacional representa as cooperativas, como guardiã dos princípios e valores cooperativistas. E ainda que, o cooperativismo seja regido pelo conjunto doutrinário de princípios e valores, não significa que seja replicável em todos os lugares.

É do conhecimento da literatura a capacidade das cooperativas de multiplicação de ações práticas, de se adaptarem em diversos contextos, no *dever* cooperativo. Conforme relata Schneider (1994, p.8), “a doutrina cooperativa situa-se na linha do *dever ser*, não numa dimensão impositiva, mas, participativa”, opta por uma proposta comportamental da atividade econômica e social, voltada para a sociedade e um sistema econômico alternativo, justo, autônomo, democrático, solidário e participativo.

A partir de 1995, com o Congresso da ACI realizado em Manchester, as cooperativas adotaram o princípio: Preocupação com a comunidade na perspectiva do desenvolvimento sustentável, contemplando os interesses que vão além dos limites dos associados. O Quadro 1 demonstra a evolução e as contribuições nos princípios cooperativistas com a participação da Aliança Cooperativa Internacional.

Quadro 1 - Princípios Cooperativistas e sua evolução – baseados em liberdade, igualdade e justiça.

Estatuto de 1844 - Rochdale	Aliança Cooperativa Internacional - contribuições		
	Paris - 1937	Viena - 1966	Manchester - 1995
1) Democracia	1) Controle ou gestão democrática	1) Gestão democrática	1) Gestão democrática
2) Adesão livre	2) Adesão aberta	2) Adesão livre (inclusive neutralidade política, religiosa, racial e social)	2) Adesão voluntária e livre
3) Livre saída	3) Retorno pró-rata das operações	3) Distribuição das sobras	3) Participação econômica dos sócios
4) Compras e vendas à vista	4) Compras e vendas à vista	4) Taxa limitada de juros ao capital social	4) Autonomia e independência
5) Juros limitados ao capital e retorno	5) Juros limitados ao capital	5) Contribuição de um fundo para educação dos associados e do público em geral	5) Educação, formação e informação
6) Universalidade e intercooperação	6) Promoção da educação	6) Ativa cooperação entre as cooperativas em âmbito local, nacional e internacional	6) Intercooperação
	7) Neutralidade política e religiosa		7) Preocupação com a comunidade na perspectiva do desenvolvimento sustentável

Fonte - Adaptado de Bertuol *et al.* (2013); OCB (2018); OCESP (2019).

Os valores cooperativos se materializaram em uma série de princípios, que após as reformulações pela ACI - mas sempre com a dedicação e cuidado na busca de manter fidelidade

aos aspectos da tradição e pioneirismo cooperativos - segue a formulação atual dos sete princípios:

Quadro 2 – Formulação atual dos Princípios Cooperativistas definidos em Manchester (1995).

Princípios cooperativos	Descrição dos princípios
Adesão voluntária, consciente e do livre acesso	As cooperativas são organizações voluntárias abertas a todas as pessoas aptas para usarem seus serviços e dispostas a aceitarem suas responsabilidades de sócios, sem discriminação de gênero, social, racial, política ou religiosa. Ninguém pode ser obrigado a fazer parte de uma cooperativa; a pessoa deve saber clara e previamente as características, os direitos e deveres de cada associado; a cooperativa tem obrigação de admitir quem reúna condições para somar aos objetivos da entidade.
Gestão e do controle democrático por parte dos sócios	As cooperativas são organizações democráticas controladas por seus sócios, os quais participam ativamente das políticas e tomadas de decisões; os sócios têm igualdade de votação “um homem – um voto”.
Participação econômica do sócio	Os sócios contribuem equitativamente e controlam democraticamente o capital da cooperativa. As sobras são alocadas para os seguintes propósitos: reservas para assegurar o desenvolvimento da cooperativa; retornos aos sócios na proporção de suas transações com a cooperativa; e apoio a atividades de fins educacionais e sociais, “serviços coletivos” aprovados pelos sócios.
Autonomia e independência	As cooperativas são organizações autônomas de ajuda mútua, que são controladas por seus membros, se entrarem em acordos com outras organizações, seja governamental ou de outras origens, devem fazê-lo na medida a assegurar o controle democrático de seus sócios e a manutenção da autonomia.
Educação, treinamento e informação cooperativa	As cooperativas oferecem educação e treinamento para os membros, representantes eleitos, administradores e funcionários, de modo que eles possam contribuir efetivamente para o seu desenvolvimento; a educação cooperativa é um princípio fundamental.
Cooperação intercooperativa e a integração cooperativa	As cooperativas atendem seus sócios mais efetivamente e fortalecem o movimento cooperativo, trabalhando em união por meio de estruturais locais, regionais, nacionais e internacionais. A integração cooperativa tem seu poder, criatividade e força na autonomia das bases “de baixo para cima”, na busca de benefício do todo maior. A cooperação entre cooperativas ocorre em mesmos segmentos ou em segmentos diferentes.
Preocupação com a comunidade	As cooperativas trabalham pelo desenvolvimento sustentável das comunidades, por meio de políticas aprovadas pelos seus membros.

Fonte – Elaborado pela autora, de acordo com Schneider (2012).

É importante destacar que alguns estudiosos, como Lambert (1975), Drimer (1973) e Aranzadi (1984), seguem afirmando que a ACI deveria ter acrescentado um princípio que consideram essencial para a transformação cooperativa no sentido econômico e social, que seja: princípio da expansão cooperativa. Uma expansão não somente entre os cooperados, mas também visando crescimento econômico e social entre as cooperativas (Schneider, 2012).

O estudo de Zeuli; Radel (2005) contribui ao argumentar que o modelo cooperativista se enquadra aos paradigmas existentes para o desenvolvimento, e que estudiosos e profissionais do desenvolvimento deveriam pensar sobre cooperativas de novas maneiras, como parte de teorias e estratégias. Pois, o cooperativismo é em grandes dimensões considerado

como um elemento importante da estratégia do desenvolvimento de uma comunidade (Gertler, 2001; Zeuli *et al.* 2003; Zeuli; Radel, 2005; European Commission, 2012; Gordon-Nembhard, 2015).

No Brasil, oficialmente, o cooperativismo começou em 1889, com a Sociedade Cooperativa Econômica dos Funcionários Públicos de Ouro Preto, indicando que, o cooperativismo brasileiro não ocorre pioneiramente no ambiente rural, e sim, entre trabalhadores urbanos, conforme relata Pinho (2004).

Ao analisar o cooperativismo brasileiro, é necessário considerar o contexto sócio-histórico no qual está inserido, pois conhecer o significado e as repercussões das diferentes experiências exige a análise das condições estruturais concretas da sociedade (Novaes, 1981; Schneider, 1981).

Para Schneider (1981), o cooperativismo rural brasileiro tem procurado harmonizar as dimensões econômicas, sociais e culturais do processo de desenvolvimento do país, independentemente das condições estruturais concretas às quais ele se sobrepõe.

Muito embora a fórmula organizacional do cooperativismo tenha se generalizado no Brasil e no mundo, cada experiência se torna específica e condicionada pelo tempo histórico em que se desenvolve, pelo regime econômico-político, pelo estágio tecnológico da sociedade, pela capacidade organizativa e política, e pela ação concreta dos sujeitos (Rios, 1976).

Em concordância à respeito do cooperativismo, Gordon-Nembhard (2015) conclui que o caráter local das cooperativas aumenta o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade da comunidade. Para o autor, o cooperativismo permite a criação de uma economia solidária que proporciona às comunidades diversos tipos de capital humano e social. Nesse sentido, Gertler (2001) afirma que as cooperativas são veículos práticos de cooperação e ação coletiva, ambos cruciais para o desenvolvimento sustentável e que constroem e reforçam a comunidade.

2.1.3 O Cooperativismo e as características das cooperativas sob Enfoques Econômicos

A modelagem econômica formal da cooperativa de agricultores não começou até a década de 1940. Nos primeiros quarenta anos de modelagem, tradicionalmente, a literatura econômica sobre cooperativas manteve três visões distintas. Esta distinção vem as cooperativas sob três pontos de vistas, apresentadas primeiro por Sosnick (1960), discutidas posteriormente por Garoyan (1983) e implementadas por Staatz (1987) e Cook; Chaddad; Iliopoulos (2004), da seguinte forma:

(a) A cooperativa como uma integração vertical de empresas autônomas. Seu objetivo principal seria conduzir um programa de mercado ideal para seus membros, frequentemente chamada de abordagem de “extensão da fazenda”, sendo os principais autores Emelianoff (1942), Robotka (1957) e Philips (1953);

(b) A cooperativa como uma empresa comercial independente. Seu objetivo principal era maximizar os benefícios para seus proprietários independentes - frequentemente chamada de visão “cooperativa como firma”, por Enke (1945);

(c) A cooperativa como uma coalizão de empresas que atuam de forma coletiva ou colaborativa - frequentemente chamada de abordagem de “coalizão”.

Ambas primeiras visões, ou seja, integração vertical e empresa independente pressupõem uma cooperativa de objetivo único, enquanto a cooperativa como uma coalizão de empresas assume objetivos múltiplos.

Na década de 1980, novas teorias econômicas e modelos de decisão surgiram e as diferenças de risco e de tomada de decisão na coordenação interfirmas e intrafirmas se tornaram mais distintas. Surgiram abordagens, como teoria da agência, teorias comportamentais da empresa, teoria dos custos de transação, teoria do mercado contestável, teoria dos jogos e teoria dos direitos de propriedade. A década de 1990 testemunhou uma produção considerável na área de pesquisa teórica sobre a economia de cooperativas agrícolas (Cook, Chaddad, Iliopoulos, 2004).

As formas organizacionais que têm mais sucesso na redução dos custos em um determinado ambiente tendem a se tornar dominantes (Williamson, 1981). Ao examinar as condições sob as quais a ação coletiva por meio de cooperativas oferece vantagens aos agricultores, a abordagem dos custos de transação pode, portanto, ser usada para destacar as situações em que as cooperativas de agricultores são mais prováveis de surgir (Staatz, 1987a).

A pesquisa teórica pós-1990 sobre cooperativas agrícolas está presente em três grandes fluxos de produção: a) extensões da cooperativa como “firma”; b) a cooperativa como uma “coalizão”; e c) a cooperativa como “nexo de contratos”.

A abordagem teórica “cooperativa como firma” é construída em torno do pressuposto de que a cooperativa, como firma separada, busca maximizar uma única função objetivo. Sobre a abordagem “cooperativa como uma coalizão”, avanços significativos foram feitos na década de 1990, nos quais os modeladores viam a cooperativa como uma coalizão de subgrupos que maximizam a utilidade; esse reconhecimento e formalização da composição heterogênea de uma organização cooperativa é uma importante contribuição para a literatura sobre escolha de grupo. Essa abordagem analisa situações em que há ganhos com a ação

conjunta de uma coalizão potencial de membros, mas onde os membros devem negociar entre si sobre como os benefícios serão distribuídos. Uma terceira visão ganhou interesse substancial na década de 1990, a de postular a cooperativa como um "nexo de contratos"; tal abordagem vê as relações de negócios entre os interessados cooperativos como relações contratuais. A abordagem do nexo de contratos é, na verdade, uma coordenação flexível entre a teórica da agência, a economia dos custos de transação e a teoria do contrato incompleto dos direitos de propriedade (Cook; Chaddad; Iliopoulos, 2004).

Uma cooperativa é uma empresa de propriedade e controlada pelo usuário que distribui benefícios com base no uso. Mais especificamente, uma cooperativa se distingue de outros negócios por conceitos ou princípios: a) princípio do usuário-proprietário, os proprietários e financiadores da cooperativa são os que a utilizam; b) princípio de controle do usuário, o controle da cooperativa é de quem a utiliza, e c) princípio dos benefícios do usuário (Cook, 1995; Barton, 1989; Boland; Barton, 2013; Borgen; Aarset, 2016), e o retorno ao associado adir dos serviços da cooperativa, em que, quanto mais o cooperado se envolve, mais benefícios extraem, ou seja, a distribuição dos resultados econômicos auferidos pela organização é feita proporcionalmente às operações que cada um dos proprietários realizou com a cooperativa (Barton, 1989; Boland; Barton, 2013). Os autores afirmam também, em relação ao patrimônio, que deve permitir que a cooperativa atue em um mercado competitivo e se mostre sólida para os usuários externos (Boland; Barton, 2013).

Sob o viés econômico, para LeVay (1983) as cooperativas são associações de pessoas (indivíduos ou instituições) que trabalham juntas para alcançar certos objetivos comerciais. Sendo que, as cooperativas agrícolas se enquadram em três categorias: organizações que comercializam os produtos dos agricultores; organizações que vendem aos agricultores; e operações agrícolas conjuntas das quais algum excedente é gerado.

Uma cooperativa deve ter como objetivo beneficiar a sociedade, assim como os membros individuais que a compõem. Nesse sentido, Lambert apresenta a seguinte definição de cooperativa: “uma empresa formada e dirigida por uma associação de usuários, aplicando dentro de si as regras da democracia e diretamente destinada a servir os seus próprios membros e a comunidade como um todo” (Lambert, 1963, p. 231).

As cooperativas fornecem serviços quando outras empresas às vezes não estão dispostas a fazê-lo em áreas rurais de baixa densidade. As cooperativas também fornecem acesso aos mercados para agricultores que, de outra forma, teriam esse acesso negado quando outras empresas se retirassem do mercado e, também, provam ser uma fonte confiável de suprimentos durante os períodos de escassez (Barton, 1989).

Existem motivos que justificam a popularidade das cooperativas, de acordo com Barton (1989), como: os agricultores podem reunir seus recursos financeiros e realizar atividades comerciais que não poderiam realizar de forma independente com a mesma eficiência; existem casos nos quais as empresas existentes não lhes forneceram os bens e serviços que desejavam, e em outros casos, as empresas existentes seguiram práticas monopolistas, extraindo lucros monopolistas para desvantagem dos agricultores. Deste modo, os agricultores têm tido incentivos econômicos significativos para se unirem e formarem cooperativas que operam com custo, permitindo-lhes assim obter maiores lucros com a aquisição de insumos, o recebimento de serviços e a comercialização dos produtos.

Os membros (cooperados com direito a voto nos assuntos da cooperativa) votam nas políticas propostas em relação às questões-chave, sendo que o controle de uma cooperativa é tipicamente democrático, ou seja, cada pessoa tem apenas um voto, independentemente do valor do investimento na cooperativa ou do volume de negócios realizado (Barton, 1989).

Para Hansmann (1996), o cooperativismo apresenta algumas particularidades, tais como: a distribuição da receita líquida, a forma de exercer o controle e suas próprias características dos direitos de propriedade. A distribuição do lucro líquido ao cooperado acontece de maneira proporcional às atividades por ele desempenhadas durante o exercício, enquanto o controle da cooperativa adota o princípio “um homem, um voto”. Além disso, o patrimônio de entrada da cooperativa só pode ser resgatado e não negociável.

Os agricultores começaram a cooperar para ter um poder de compensação, obter acesso a bens e serviços produzidos industrialmente, realizar economias de escala, gerenciar seus riscos e melhorar sua própria renda (Van Dijk, 1997). As cooperativas são bem-sucedidas se prestarem serviços a seus membros além do que eles podem realizar individualmente ou fora da cooperativa de acordo com Soboh *et al.* (2009).

As cooperativas geralmente atuam como líderes de preços e estabilizam os preços dos produtos agrícolas. E, à medida que investem em seus negócios cooperativos, os agricultores obtêm retorno de seus investimentos. Os membros das cooperativas decidem sobre os lucros retidos da cooperativa, os investimentos e o preço de produção dos agricultores. No entanto, uma vez que o preço está relacionado aos lucros retidos e investimentos, e porque os preços do produto agrícola representam um custo para a firma cooperativa, o lucro da cooperativa não é, em geral, uma medida útil de seu desempenho, conforme relata Soboh *et al.* (2009).

Pinho (1986) argumentou que as cooperativas promovem dificuldades aos seus gestores, pois combinam os caracteres de associação e de empresa. Se estes priorizarem o

aspecto associativo, correrão o risco de encontrar problemas na gestão financeira. Por outro lado, se considerarem apenas o aspecto empresarial, poderão distanciar-se dos cooperados e esquecer as finalidades sociais da cooperativa.

Para compreender a tomada de decisão nas cooperativas de agricultores, é importante primeiro entender como as cooperativas diferem de outros tipos de negócios. Segundo Staatz (1987b), há muito tempo é debatido pelos teóricos de cooperativas o fato de o comportamento das cooperativas de agricultores variar em relação às empresas de propriedade de investidores (*investor-owned firms* - IOFs). Nesta perspectiva, a abordagem usada por Staatz (1987b) é mais estruturalista, argumentando que independentemente das funções objetivo, as características estruturais únicas das cooperativas podem levá-las a se comportar de formas diferentes dos IOFs.

Staatz (1987b) mostrou que a abordagem estruturalista - onde muitos autores argumentam que à medida que as cooperativas de agricultores se transformam em grandes corporações, seu comportamento muitas vezes se torna indistinguível do comportamento dos IOFs - nesse sentido, a estrutura da cooperativa envolve mais do que apenas tamanho. A identidade *patron*-acionista, a distribuição dos benefícios de propriedade e a governança democrática das cooperativas de agricultores podem levar as cooperativas de agricultores a se comportar de maneira diferente das IOFs.

Na visão de Staatz (1987b), algumas diferenças de comportamento podem ser benéficas para a cooperativa e seus membros, enquanto outras podem prejudicar seu desempenho. Um exemplo é o fluxo de informações entre os patrocinadores e a empresa, que pode ser melhor em cooperativas do que em IOFs, levando as cooperativas a responderem melhor às necessidades dos agricultores. Por outro lado, o capital da cooperativa pode ser menos móvel do que o das IOFs, e pode haver alguns problemas para induzir os acionistas da cooperativa a agirem no interesse de longo prazo de sua empresa. Como resultado dessas diferenças, as funções e o comportamento dos gerentes de cooperativas e membros do conselho podem variar muito em relação aos das IOFs (Staatz, 1987b).

De acordo com Antonialli (2000), entre os desafios das cooperativas, está conciliar o equilíbrio entre os interesses econômicos, sociais e políticos dos seus membros. Sendo que o interesse econômico está relacionado ao crescimento da cooperativa e dos empreendimentos dos cooperados; o interesse social se refere aos serviços, benefícios e desenvolvimento da comunidade afetada pelas operações da cooperativa; e o interesse político normalmente leva a disputas internas pelo poder e pela representatividade da cooperativa perante a comunidade.

Nesse sentido, a incapacidade da cooperativa em equilibrar esses interesses pode levar à falta de competitividade e a situações gerenciais complexas.

Sob o ponto de vista de Boesche; Mafioletti (2005), manter o equilíbrio entre a dimensão do social e do econômico, por vezes, é um desafio do cooperativismo, já que o ambiente de competição das cooperativas é o mesmo de todas as outras organizações. Por isso, as cooperativas precisam ser economicamente eficientes, para se manterem no mercado, mas sem deixar de lado a finalidade social em relação aos seus associados.

Nesse sentido, sendo uma abordagem o que diz respeito ao duplo papel exercido pelas cooperativas, um de caráter econômico e o outro de caráter social, como afirma Duarte *et al.* (2006, p. 15):

[...] de uma maneira geral, o cooperativismo apresenta-se com duas características básicas e, de certa maneira, contraditórias. A primeira engloba o desempenho econômico e relaciona-se aos aspectos organizacionais e empresariais das unidades cooperativas. A segunda diz respeito à função de legitimação e a formas específicas, por meio das quais busca salvaguardar uma unidade de interesses e representações de seus associados.

As cooperativas, de acordo com Soboh *et al.* (2009) diferem amplamente em constituição, aspirações e organização empresarial. Com relação à forma organizacional e aos objetivos, as cooperativas podem apresentar tantas variações quanto se encontra em firmas de propriedade de investidores (IOFs) (Levay, 1983). Com a industrialização da agricultura, as cooperativas introduzem diferentes inovações organizacionais, por exemplo, cooperativas de nova geração, parceria de cooperativas e sociedade de responsabilidade limitada e joint ventures que buscam capital (Cook e Chaddad, 2004).

A medição do desempenho é um processo contínuo de avaliação do progresso em direção ao cumprimento de objetivos pré-determinados (Bourne *et al.*, 2003). No caso das cooperativas, a empresa e seu (s) objetivo (s) não são facilmente definidos. Normalmente, a literatura econômica afirma que uma cooperativa pode ser definida como uma organização pertencente e controlada pelo usuário que visa beneficiar seus membros (Sexton; Iskow, 1993). Como proprietários (requerentes residuais), os membros têm direito ao lucro líquido gerado pela empresa, mas também são os portadores de risco residual dos fluxos de caixa líquidos da empresa. Como controladores, os membros têm o direito residual de controlar quaisquer ativos que não sejam atribuídos a outras partes ou atenuados por lei (Chaddad; Cook, 2004). Os membros geralmente se beneficiam de sua cooperativa na proporção de seu uso (Barton, 2004). De acordo com Helmberger; Hoss (1962), o objetivo principal da cooperativa é fornecer estabilidade e condições ideais de crescimento para seus membros.

2.1.4 Conceitos a partir das Organizações Internacionais e Nacionais

A Organização das Nações Unidas (ONU) descreve as cooperativas como associações e empresas que contribuem para a melhoria da sociedade, permitindo o desenvolvimento econômico, político, social e cultural das comunidades, e nações (Nações Unidas, 2001; 2011). A *International Co-operative Alliance* (ICA) reconheceu a sustentabilidade como um dos pilares das cooperativas como construtores da sustentabilidade econômica, social e ambiental (ICA-COOP, 2014).

As cooperativas seriam também empresas baseadas na ética, valores e princípios. Por meio da autoajuda e do empoderamento, do reinvestimento em suas comunidades, da preocupação com o bem-estar, tanto das pessoas como do mundo em que vivemos, as cooperativas nutrem uma visão de longo prazo para um crescimento econômico sustentável, desenvolvimento social e responsabilidade ambiental (ICA-COOP, 2020).

No Brasil, o conceito de cooperativismo é bem estabelecido e legal, sendo influenciado por pensadores do Brasil e organizações, como a “Organização das Cooperativas Brasileiras” (Sistema OCB), com predomínio da doutrina e princípios cooperativistas. Os estudos sobre o cooperativismo no Brasil tiveram a Professora Diva Benevides Pinho como uma das pioneiras, sendo autora de livros, como: “O Cooperativismo no Brasil – A Vertente Pioneira à Vertente Solidária” (2003). Ela defendeu teses que versavam sobre o cooperativismo e pesquisou o tema sobre diferentes enfoques: econômico, teórico, doutrinário e sistêmico. Também analisou o papel das cooperativas no agronegócio, na organização do trabalho e no sistema financeiro de crédito (FEA – USP, 2021).

A princípio, na década de 1960, o cooperativismo brasileiro era dividido entre Aliança Brasileira de Cooperativas (ABCOOP) e a União Nacional das Associações Cooperativas (UNASCO), nesse momento da história existia dificuldade de diálogo com o Estado e as demandas do movimento. Em 1969 foi criada a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB), a partir de então, se inicia o fortalecimento dos interesses do setor (OCB, 2021).

De acordo com a OCB (2021), o cooperativismo é:

“mais que um modelo de negócios, o cooperativismo é uma filosofia de vida que busca transformar o mundo em um lugar mais justo, feliz, equilibrado e com melhores oportunidades para todos”. Afirma ainda que “o cooperativismo é um caminho que mostra que é possível unir desenvolvimento econômico e desenvolvimento social, produtividade e sustentabilidade, o individual e o coletivo”.

O cooperativismo brasileiro é regido pela Política Nacional do Cooperativismo, sob a Lei 5.764/71, a qual destaca:

- Art.3º - Celebram contrato de sociedade cooperativa as pessoas que reciprocamente se obrigam a contribuir com bens ou serviços para o exercício de uma atividade econômica, de proveito comum, sem objetivo de lucro;
- Art.4º - As cooperativas são sociedades de pessoas, com forma e natureza jurídicas próprias, de natureza civil não sujeitas a falência, constituídas para prestar serviços aos associados, distinguindo-se das demais sociedades pelas seguintes características: I - adesão voluntária, com número ilimitado de associados, salvo impossibilidade técnica de prestação de serviços; II - variabilidade do capital social representado por quotas-partes; III - limitação do número de quotas-partes do capital para cada associado, facultado, porém, o estabelecimento de critérios de proporcionalidade, se assim for mais adequado para o cumprimento dos objetivos sociais; IV - inaccessibilidade das quotas-partes do capital a terceiros, estranhos à sociedade; V - singularidade de voto, podendo as cooperativas centrais, federações e confederações de cooperativas, com exceção das que exerçam atividade de crédito, optar pelo critério da proporcionalidade; VI - quorum para o funcionamento e deliberação da Assembleia Geral baseado no número de associados e não no capital; VII - retorno das sobras líquidas do exercício, proporcionalmente às operações realizadas pelo associado, salvo deliberação em contrário da Assembleia Geral; VIII - indivisibilidade dos fundos de Reserva e de Assistência Técnica Educacional e Social; IX - neutralidade política e indiscriminação religiosa, racial e social; X - prestação de assistência aos associados, e, quando previsto nos estatutos, aos empregados da cooperativa; XI - área de admissão de associados limitada às possibilidades de reunião, controle, operações e prestação de serviços.

O Cooperativismo brasileiro está subdividido em sete ramos de atividades: agropecuário; crédito; transporte; infraestrutura; saúde; trabalho, produção de bens e serviços; e consumo (OCB, 2021).

2.1.5 Cenário Mundial do Cooperativismo

A *World Cooperative Monitor* (WCM) em parceria com a *Internacional Cooperative Alliance* (Coop) e Euricse - *Knowledge for a Social Economy* - publicam anualmente um relatório que envolve as 300 maiores cooperativas do mundo, e no Brasil os dados são apresentados pela Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB, 2020).

No ranking das 300 maiores cooperativas do mundo em volume de negócios (2023) é apresentado um total geral de 2,4 bilhões de dólares, com destaque para o setor agrícola (105 cooperativas) e de seguros (96 cooperativas) dominando a lista.

No mundo, somam cerca de três milhões de cooperativas e um bilhão de cooperados, ou seja, 12% da humanidade, o que representa 280 milhões de empregos gerados (10% da população ativa mundial), de acordo com dados da WCM (2023).

Como o volume de negócios é medido com seu valor absoluto, a maioria das grandes cooperativas do ranking advém dos países mais industrializados, entre eles: EUA (73 cooperativas) e França (40 cooperativas). Em volume de negócios per capita, a primeira do ranking está a IFFCO da Índia, esta cooperativa empregou mais de quatro milhões de pessoas em 2023. Estão entre as 300 maiores cooperativas em volume de negócios per capita, as brasileiras Copersucar S.A. e a Coamo.

Diante de inúmeros desafios, o cooperativismo continua sendo essencial para o crescimento e desenvolvimento do Brasil. As cooperativas reforçam a relevância do modelo de negócio, neste contexto, transforma a vida de milhares de brasileiros e a economia do país. Gera emprego e renda, e a movimentação econômica eleva o progresso e a qualidade de vida para todo o país. Presente em todos os estados da federação e atuando em sete ramos de atividade, são o total de 4.693 cooperativas em 2022. A Tabela 1 demonstra os sete ramos de atividades, bem como o número de cooperados e funcionários de acordo com os dados obtidos pela Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB, 2022).

Tabela 1 - Cooperativismo brasileiro de acordo com a atividade em 2022

Ramo de atividade	Cooperativas	Cooperados	Empregados
Agropecuário	1.185	1.011.023	249.584
Consumo	235	2.149.712	14.471
Crédito	728	15.501.804	99.331
Infraestrutura	284	1.293.467	7.061
Saúde	720	253.667	135.633
Trabalho, Produção de Bens e Serviços	655	182.783	12.407
Transporte	886	96.697	5.748
Total	4.693	20.489.153	524.235

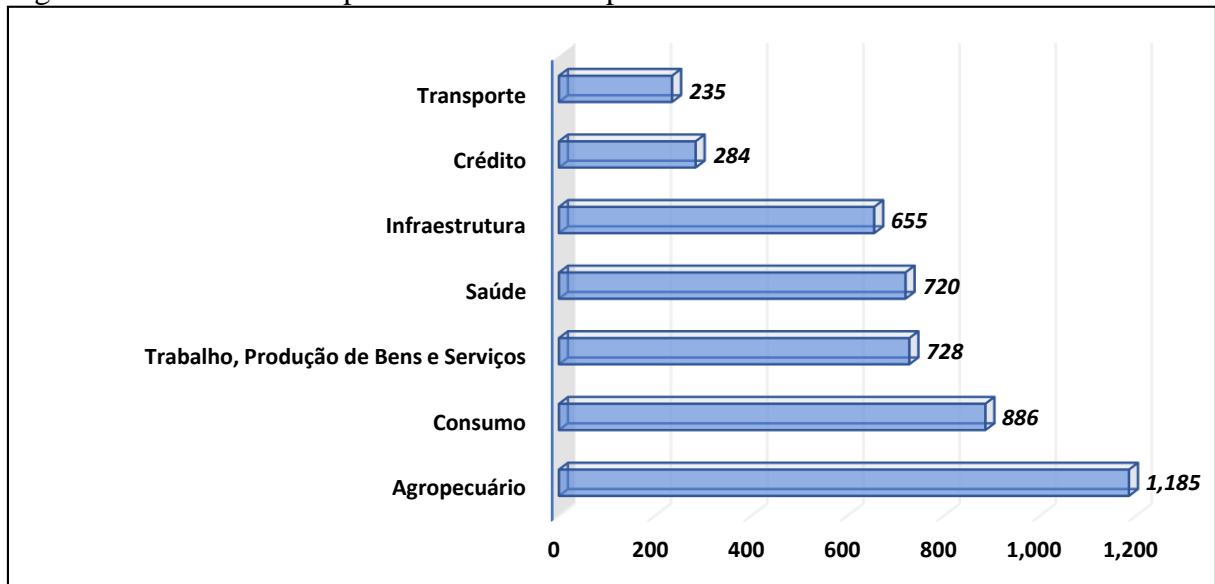
Fonte - Elaborada pela autora a partir de dados da OCB/2022.

Na Figura 2, é possível observar a representatividade do agronegócio entre as cooperativas brasileiras: são 1.185 cooperativas distribuídas no Brasil, que representam 25% de todas as atividades. Um dos indicadores mais importantes para o cooperativismo são os cooperados, em 2022 o Brasil contava com um número superior a 20 milhões de cooperados,

destes, 41% são mulheres, a atividade de consumo e saúde alcança mais da metade dos cooperados.

A população do Brasil cresceu 2,5% em 2019 (IBGE, 2019), em relação ao ano anterior, e o cooperativismo segue a mesma trajetória de crescimento gerando um número superior a 524 mil empregos. As mulheres representam 51% dos empregos em cooperativas frente a 49% de empregos para os homens. O estado do Paraná oferece o maior número de empregos, contabilizando mais de 133 mil postos de trabalho, seguido de Santa Catarina, que proporciona mais de 88 mil empregos.

Figura 2 – Número de cooperativas brasileiras por ramo de atividade



Fonte - Elaborada pela autora a partir de dados da OCB/2022.

As cooperativas brasileiras demonstram resiliência, pois muitas delas foram construídas em momentos de adversidade e escassez de recursos, com a tentativa de promover as condições econômicas e sociais. De acordo com Saraiva (2020), no Brasil, 47,5% das empresas não sobrevivem após o quinto ano de atividade. No setor do cooperativismo, mais de 2.465 cooperativas possuem acima de 20 anos de atividade, destas, 667 tem mais de 40 anos de existência.

O segmento de cooperativismo agropecuário promove a mutualidade e prestação de serviços relacionados às atividades agropecuárias, extrativista, agroindustrial, aquícola ou pesqueira. Estão presentes em modelos de negócios em diversas cadeias produtivas de grãos, oleaginosas, fibras, carnes, lácteos entre outras, sendo responsáveis por operações de fornecimento de insumos, classificação, armazenagem, fornecimento e comercialização de

vários produtos, gerando compra e venda, promove e agrega valor. Na agropecuária nacional são 1.185 cooperativas, há mais de 1 milhão cooperados e gera-se um número superior a 249 mil empregos, de acordo com os dados da OCB (2022).

3 REVISÃO DE LITERATURA – SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Em 2007, Ignacy Sachs afirmava que, o viés econômico é condição para o desenvolvimento, contudo, não suficiente. É incontestável sua importância para um povo, mas é somente um dos meios para caminhar rumo ao desenvolvimento incluyente e sustentável de uma geração. Quando se considera o crescimento econômico autossuficiente para gerar desenvolvimento e se ignora as esferas sociais e ambientais, tem-se um modelo de crescimento perverso e excluyente. Diante desse pressuposto, este capítulo faz relato do contexto histórico e conceitual da Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável, e em seguida, aborda sobre a importância dos Indicadores de Sustentabilidade.

3.1 O CONTEXTO HISTÓRICO DA SUSTENTABILIDADE

Como um paradigma que predomina pelas últimas décadas, o Desenvolvimento Sustentável refere-se a um conceito indispensável, onipresente e em alguns casos, contestado, que envolve medidas voltadas à gestão eficiente e responsável de recursos naturais para a preservação do equilíbrio ecológico. Não contemplando apenas o progresso econômico, mas também o bem-estar social e ambiental.

A partir da Revolução Industrial, em que marca o desenvolvimento das máquinas à vapor, avanços que proporcionam a exploração de recursos naturais em escala, impulsionados pela invenção do motor à combustão e do domínio da eletricidade, a população cresceu rapidamente e a produção se desenvolveu, contudo, tais melhorias e crescimento econômico repercutiu em problemas advindos da falta de consciência a respeito da necessidade de crescimento ambientalmente e socialmente viável e igual. Envolvidos com a mentalidade da época, a poluição das fábricas era vista como prosperidade, sem a percepção dos efeitos do modelo industrial, envolvido na desigualdade social e péssimas condições de trabalho dos operários (Arrighi, 1996; Landes, 2005; Hobsbawm, 2010).

A exploração das riquezas naturais e o volume de poluentes e resíduos lançados no meio ambiente aceleraram gradualmente e a preservação global de suporte à vida tornou-se mais difícil; diante de rápidas e contínuas mudanças ambientais, essa transformação representou uma ameaça à sobrevivência humana (Kates, 2003; Du Pisani, 2006).

No início do século 20 ocorreram incidentes que se tornaram símbolos da poluição: o desastre Belga de Meuse Valley Fog (1930); a tragédia de Donora Smog (1948); e a Grande Névoa de Londres (1952). E ainda a humanidade se deparou com problemas, como escassez de

alimentos, poluição ambiental e crise de energia, desacelerando o crescimento econômico e intensificando a desigualdade social (Nemery, 2001; Bell, 2008; Lyons, 2016; Jacobs, 2018; Shekun, 2018).

Problemas de tamanha grandeza forçam a humanidade a rever sua posição no ecossistema e encontrar caminhos para sobrevivência em longo prazo e, neste contexto, surge a necessidade de mudanças e estratégias para orientação da transformação socioeconômica mundial (Tomislav, 2018). No decorrer da segunda metade do século XX alguns acontecimentos contribuíram para a evolução e concretização do Desenvolvimento Sustentável, marcado pelo progresso tecnológico e conscientização da população. Fatos como o lançamento do livro “A Primavera Silenciosa”, da bióloga e escritora Rachel Carson, publicado pela editora Houghton Mifflin, em 1962, nos Estados Unidos, marcam a época como um movimento ambientalista.

Em 1965, diante de uma preocupação com a incapacidade dos governantes de resolver problemas urgentes em nível mundial com pensamento de longo prazo, o industrial italiano, Aurelio Peccei, e o cientista escocês, Alexander King, reuniram um grupo de pensadores e em 1968 aconteceu a criação do “Clube de Roma”, que visou promover um crescimento econômico sustentável e estável da humanidade. Entre os membros estavam os principais cientistas, economistas, políticos e chefes de estado do mundo (The Club of Rome, 2021).

Pesquisadores da equipe internacional do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) iniciaram em 1970, um estudo a pedido do Clube de Roma, sobre as implicações do crescimento mundial contínuo. Foram examinados cinco fatores e suas implicações: aumento da população, geração de poluição, esgotamento de recursos não renováveis, produção industrial e produção agrícola. Com um modelo computacional, os pesquisadores testaram vários conjuntos de suposições para determinar padrões alternativos para o futuro da humanidade, e em 1972 foi publicado o primeiro relatório do clube de Roma “*The Limits to Growth*”, que apresenta uma mensagem sobre os recursos interligados da Terra, sobre taxas de crescimento econômico e populacional até 2100 (The Club of Rome, 2021).

Em junho de 1972 também aconteceu a primeira Cimeira da Terra, “*The United Nations Conference on the Human Environment*”, conhecida mundialmente como Conferência de Estocolmo, foi a primeira grande conferência da ONU sobre questões ambientais internacionais e um marco do desenvolvimento da política ambiental internacional (United Nations, 2021).

O termo em si, de “Desenvolvimento Sustentável”, surgiu em 1980, com a publicação da obra: “*World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development*”, pela *International Union for Conservation of Nature and Natural Resource* (IUCN, 1980) em cooperação com *United Nations Environment Programme* (UNEP), *World Wildlife Fund* (WWF), *Food and Agriculture Organization* (FAO) e *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO).

Contudo, o conceito de “Desenvolvimento Sustentável” foi mundialmente disseminado ao expressar a ideia: “suprir as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades”, a partir do relatório de Brundtland, no original em inglês, “*Our Common Future*” (World Commission on Environment and Development, WCED, 1987, p.8). O relatório enfocou a situação global da habitação humana, indústria, energia, população, alimentos, entre outros. Discutiu uma série de questões econômicas, sociais e ambientais enfrentadas pela humanidade e apontou três claras vertentes: a) a crise do meio ambiente, energia e desenvolvimento não poder ser separada; b) os recursos e energia na terra seriam insuficientes para as necessidades de desenvolvimento humano; e c) os modelos de desenvolvimento atuais deveriam ser mudados para o interesse das gerações presentes e futuras (WCED, 1987).

Os princípios de Desenvolvimento Sustentável foram a base da Agenda 21, um documento que passou pela aprovação de mais de 180 países com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992, no Rio de Janeiro, a segunda “Cimeira da Terra”. Os princípios assimilados pelas organizações do sistema das Nações Unidas e outras diversas organizações internacionais foram também incorporadas às agendas de numerosos países (United Nations, 2021).

Muitos eventos, conferências, programas ao redor do mundo aconteceram após o Relatório de Brundtland, com propósito de buscar ou disseminar o Desenvolvimento Sustentável, tais como: Programa Ação Ambiente da União Europeia (1994); Conferência sobre as Cidades Europeias Sustentáveis na Dinamarca (1994); Segunda Conferência sobre Cidades Europeias Sustentáveis: Plano de Ação de Lisboa (1996); Terceira Conferência das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas – Protocolo de Quioto (1997); Cimeira do Milênio na sede das Nações Unidas em Assembleia Geral – Declaração do Milênio (2000); Terceira Conferência sobre Cidades Europeias Sustentáveis (2000); Conferência Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável em Joanesburgo, em que foi reafirmado o desenvolvimento sustentável como elemento central das agendas internacionais e impulsionou uma ação global de combate à pobreza e proteção ambiental (2002); Cimeira de Bali, sucessor do Protocolo de

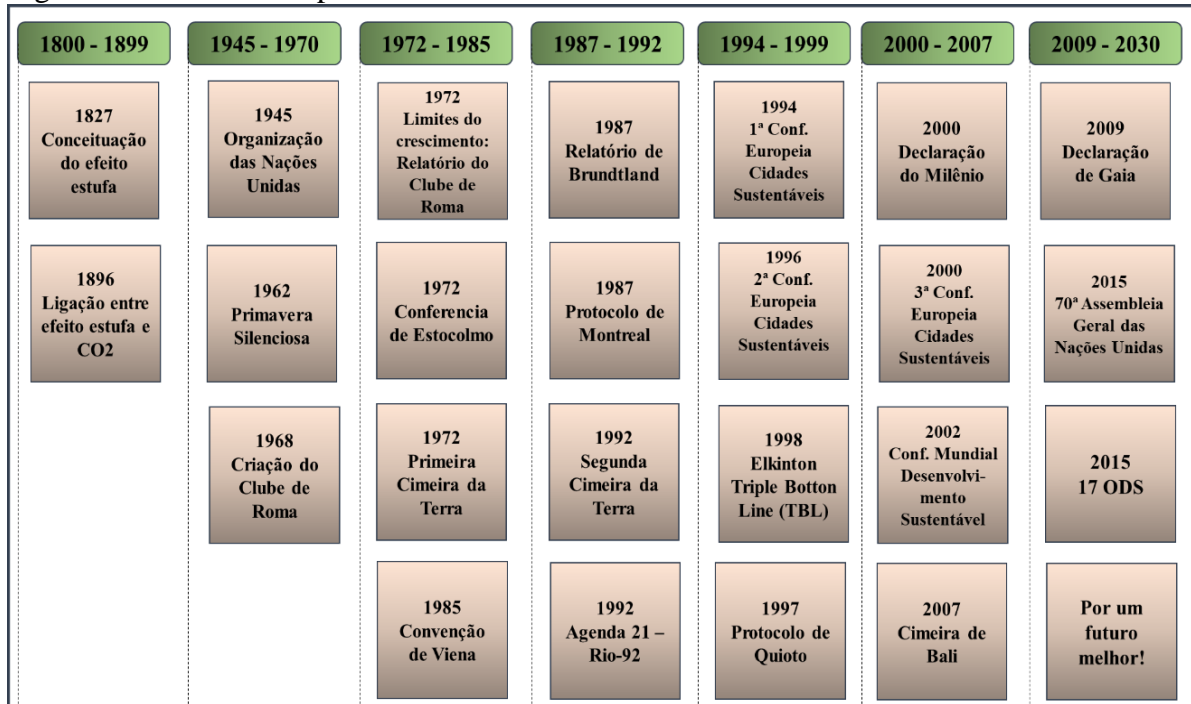
Quioto com metas mais ambiciosas (2007); e Declaração de Gaia – Fórum Internacional de Condomínio da Terra (2009) (United Nations, 2021; ONU, 2021, FAO, 2021; European Commission, 2021).

Em relação a esse tema foram inúmeras as conquistas políticas, mas cientistas encontram complexidade em medir e conceituar o termo DS (Anderies *et al.*, 2007; Olawumi *et al.*, 2018). O *National Research Council* (NRC) em 1999, publicou o relatório “Nossa Jornada Comum: Uma Transição para a Sustentabilidade” em que apresenta e explica a sustentabilidade como “ciência” (Fang *et al.*, 2018; Bing-Bing *et al.*, 2019). O relatório apontou que a sustentabilidade enquanto ciência tem como objetivo explicar a interação entre características sociais e naturais, e ainda melhorar tal capacidade em direção à interação de uma trajetória sustentável. A partir de então, o tema tornou-se um assunto científico que engloba questões de economia, ecologia, silvicultura, agricultura, entre outros (Kajikawa *et al.*, 2007; Wenyuan *et al.*, 2015).

Ao relatar os esforços internacionais para o Desenvolvimento Sustentável, é notório o papel dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos na 70ª Assembleia Geral das Nações Unidas, com a função de implementar a Agenda para Desenvolvimento Sustentável. Como plano de ação de abrangência mundial são 17 ODS que se subdividem em 169 metas a serem cumpridas até 2030, tendo como propósito orientar e manter a continuidade em ações globais relacionadas a: segurança alimentar, agricultura, saúde, redução de desigualdades, energia, água e saneamento, erradicação da pobreza, padrões sustentáveis de produção e de consumo, mudança do clima, cidades sustentáveis, proteção e uso sustentável dos oceanos e dos ecossistemas terrestres, crescimento econômico inclusivo, infraestrutura, industrialização, entre outros. São metas de grande escala e ambição que são interligadas e indivisíveis, com base nos pilares da sustentabilidade (United Nations, 2015).

A Figura 3 demonstra a linha do tempo no contexto histórico do tema em Desenvolvimento Sustentável.

Figura 3 – Linha do tempo do tema Desenvolvimento Sustentável



Fonte - Elaborada pela autora a partir de dados da revisão de literatura.

Ao ser apresentada a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, pela Assembleia Geral da ONU em 2015, com os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que visam estimular uma mudança no atual modelo de desenvolvimento nas dimensões ambientais, econômicas e sociais, este documento tornou-se um dos mais memoráveis acordos globais e um novo quadro de referência à comunidade científica internacional, que evidencia uma perspectiva integrada e multissetorial das dimensões da sustentabilidade.

Nesse sentido, representa uma referência relevante nas discussões em torno dos indicadores para mensurar o DS, ao abordar os riscos e mudanças inerentes à disponibilidade reduzida de água e alimentos, que estão no centro dos debates, principalmente em um contexto de crescente população mundial, com perspectiva de 8,6 bilhões em 2030 e 9,8 bilhões em 2050. Nesse sentido, evidencia os desafios que a agricultura enfrenta sem precedentes para encontrar um equilíbrio entre o aumento da produtividade e a proteção ambiental (United Nations, 2015, 2019; FAO, 2017).

Há de se destacar que o excessivo consumo de alimentos e produtos agrícolas não comestíveis contribui para as mudanças climáticas e riscos ambientais. Para 2050, projeta-se que a poluição e o uso de recursos pela agricultura piorem na grande maioria das regiões; a redução da pressão ambiental também é um dos cerne da Agenda 2030, sendo um fator importante para garantir a sustentabilidade agrícola e a segurança alimentar, e contribui automaticamente para a mitigação das mudanças do clima e seus impactos, preservação da

degradação do solo e perda da biodiversidade (OCDE, 2012; Popp *et al.*, 2014; Notarnicola *et al.*, 2017; FAO, 2018; Gava *et al.*, 2020).

Para contribuir com essa perspectiva, uma abordagem holística, a qual permite representar as inter-relações entre as dimensões do Desenvolvimento Sustentável torna-se uma prioridade, para assim estimular o uso eficiente e sustentável de recursos, reduzir riscos e definir políticas integradas eficazes. Andreoli *et al.* (1999) sinalizam que estudar um fenômeno sob o ponto de vista holístico, significa considerar todas as suas especificidades relevantes e alcançar uma compreensão plena dos fenômenos, e isso exige ferramentas capazes de lidar com problemas multidimensionais. Os autores afirmam ainda que, avaliar a sustentabilidade agrícola não é uma atividade fácil, especialmente ao considerar todos os efeitos relevantes das escolhas dos produtores.

A seleção de indicadores pode influenciar profundamente os resultados do monitoramento e da implantação, tanto dos ODS, como para alcançar o DS, exigindo análises qualitativas mais amplas, nesse sentido, um amplo debate encontra-se em andamento em relação à escolha de ferramentas de modelagem e indicadores para definir políticas, estratégias e medir progresso rumo ao DS (Miola; Schiltz, 2019; Fukuda-Parr; Mcneill, 2019; Merry, 2019; Tortorella, *et al.*, 2020).

O desenvolvimento sustentável, desde sua gênese, era compreendido sob as premissas das dimensões sociais, econômicas e ambientais, cujos teóricos acreditavam ser suficiente para gerar o desenvolvimento. O Desenvolvimento Sustentável de forma holística, deve ampliar suas lentes, assim sendo, as discussões não cabiam apenas em torno das questões econômica, social e ambiental, mas cultural, territorial, ecológica e política (nacional/internacional) (Sachs, 1993).

Sachs (2008) orienta o conceito de Desenvolvimento Sustentável para a via mais social da civilização, e de acordo com o autor, o desenvolvimento deve reparar as desigualdades passadas e criar mecanismo capaz de superar o abismo civilizatório das nações metropolitanas antigas e a periferia colonial. Sendo assim, o Desenvolvimento Sustentável deve reduzir ou mesmo eliminar as lacunas sociais existentes entre uma pequena parte pobre e/ou a maioria pobre. Sob o ponto de vista do autor, o modelo ideal de crescimento deve ampliar o emprego, reduzir a pobreza e atenuar as desigualdades. O crescimento que não gera tudo isto não pode ser considerado desenvolvimento, a lógica do crescimento econômico é insuficiente para atender a demanda do desenvolvimento necessário à sustentabilidade contemporânea.

3.2 DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE

Em 1992, no Rio de Janeiro, com a organização da WCED, formalmente nomeada *UN Conference on Environmental and Development* (UNCED), também conhecida como Rio-92, deu origem ao documento “Agenda 21” – Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Desde então, conforme relata Desai (2005), o desenvolvimento sustentável emergiu como um novo paradigma de desenvolvimento, integrando crescimento econômico, proteção ambiental e desenvolvimento social como elementos de desenvolvimento de longo prazo interdependentes e que se suportam mutuamente. O documento “*World Development Report 2003*”, elaborado pelo Banco Mundial afirma que “assegurar o desenvolvimento sustentável requer prestar atenção não só no crescimento econômico, mas também nos assuntos ambientais e sociais” (WDR, 2003, p.1). Os autores do WDR vão além na afirmação, onde argumentaram que: “a menos que se atenda integralmente a transformação da sociedade e ao uso do meio ambiente, em conjunto com o crescimento econômico, o próprio crescimento estará grandemente ameaçado no longo prazo” (WDR, 2003, p.1).

O *Global Reporting Initiative* (GRI) criou um departamento de projetos, formado em Boston, em 1997, para criar mecanismos de responsabilidade e transparência entre organizações para comunicar seu desempenho de sustentabilidade e construir confiança entre stakeholders e as organizações (GRI, 2011). Em princípio, se concentravam nos três pilares, econômico, social e ambiental, e foram várias as versões das diretrizes do GRI, porém, na versão da Diretriz G4 são fornecidas novas categorias de governança, ética e integridade, tonando cinco categorias incluídas nos relatórios de sustentabilidade (GRI, 2015).

Sachs (1993) apresenta que os resultados da sustentabilidade ambiental são incrementados pela intensificação do uso de recursos potenciais com um mínimo de dano aos sistemas de sustentação da vida; limitação do consumo de combustíveis fósseis e de outros recursos e produtos facilmente esgotáveis ou ambientalmente prejudiciais, substituindo-os por recursos ou produtos renováveis ou com abundância e ambientalmente inofensivos; redução de volume de resíduos e poluição, por meio de conservação e reciclagem de recursos e energia; auto-limitação de consumo material; intensificação de pesquisas tecnológicas limpas e que utilizem de modo eficiente os recursos a fim de promover o desenvolvimento urbano, rural e industrial, regras para proteção do meio ambiente. A sustentabilidade ambiental, na visão da OCDE (2001), tem foco na manutenção da integridade e produtividade dos ambientes biológicos e físicos, e preservação de meio ambiente saudável.

A sustentabilidade econômica, para Sachs (1993), é viabilizada por meio da gestão e alocação mais eficiente de recursos e fluxos regulares de investimentos tanto privados como públicos. Em 2009, o autor afirmou ainda que, devem ser critério de sustentabilidade econômica o desenvolvimento econômico intersetorial equilibrado, contínua modernização dos instrumentos de produção, a segurança alimentar, bom nível de autonomia em pesquisa e acesso a tecnologia, e a ciência e inserção soberana na economia internacional. De acordo com a OCDE (2001), a sustentabilidade econômica aborda expectativas por um crescimento econômico forte e durável, a preservação da estabilidade financeira, com ambiente de inflação baixa e estável, e oferte condições de investimento e inovação.

Para Sachs (1993), a dimensão social, entre outros fatores, envolve mudança nos padrões de desenvolvimento, uma sociedade em que exista maior equidade na distribuição de renda, melhoria dos direitos e que reduza a distância entre os padrões de vida. Na mesma perspectiva, Sachs (2000) salienta que a sustentabilidade social é o desenvolvimento, e o objetivo deve ser a melhoria da qualidade de vida da sociedade. Em 2009, o autor afirmou que a sustentabilidade social deve alcançar um patamar razoável de homogeneidade social, distribuição de renda justa, emprego pleno e/ou autônomo com qualidade de vida, igualdade do acesso aos recursos e serviços sociais. A OCDE (2001) enfatiza a significância de bons níveis de emprego, segurança, equidade e participação democrática nas tomadas de decisões como critérios da sustentabilidade social.

Jeffrey Sachs (2012) sugeriu três grandes categorias como os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS): o desenvolvimento econômico, a sustentabilidade ambiental e a inclusão social, com a condição de que o sucesso em qualquer uma dessas três categorias dependerá quase certamente do sucesso de todas as três. E um quarto determinante básico da capacidade mundial de alcançar os ODS será a qualidade da governança em todos os níveis, do local ao global, e no setor privado, bem como no governo.

3.3 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE³

Avaliar o desenvolvimento sustentável da produção e consumo de alimentos é inerentemente multidimensional, uma vez que combina os pilares fundamentais da

³ Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são conceitos complementares. Enquanto a sustentabilidade refere-se a um princípio ou condição de ser capaz de manter ou sustentar algo ao longo do tempo, o desenvolvimento sustentável é o processo de desenvolvimento que busca atingir a sustentabilidade, ou seja, a sustentabilidade é um objetivo, enquanto o desenvolvimento sustentável é o caminho para alcançar esse objetivo.

sustentabilidade, ou seja, integridade ambiental, bem-estar social, resiliência econômica e boa governança (FAO, 2014). No entanto, estudos que implementam o princípio da multidimensionalidade na avaliação da sustentabilidade ainda permanecem limitados.

Algumas pesquisas ganham notoriedade ao tratar de abordagens multidimensionais, Brunori *et al.* (2016), por exemplo, incluiu as dimensões: social, ambiental, econômica, saúde e ética; identificando atributos de desempenho da sustentabilidade que cobriam as cinco dimensões, e selecionaram indicadores, ou seja, métricas qualitativas e quantitativas para aplicar aos estudos de caso selecionados, evidenciando a importância da seleção de atributos que se adaptavam aos contextos locais e globais para relevância e viabilidade.

São inúmeros os desafios para avaliar o desenvolvimento sustentável baseado em indicadores. Mitigar a subjetividade na seleção e ponderação dos indicadores inclui a integração de métodos multidimensionais e participação de stakeholders, e considerar a incerteza nos pesos aplicados também se torna um desafio (Böhringer; Jochem, 2007; Gasparatos *et al.*, 2008; Munda; Nardo, 2009).

Schmitt *et al.* (2017), alertam para problemas ao agregar indicadores em avaliações multidimensionais, primeiro abordam a questão de indicadores que não são comparáveis, pois são medidos em escalas diferentes ou gerados qualitativamente e neste caso devem ser normalizados com regras diferentes e colocados em escala artificial de desempenho e, assim, permitir a média com outros critérios de desempenho.

Autores alertam também sobre a agregação de pesos, isso pode ter efeito de modo que pontuações baixas podem ser compensadas por pontuações altas em outra dimensão. As ponderações servem assim, apenas para definir quais as dimensões são mais facilmente compensadas (Böhringer; Jochem, 2007; Munda; Nardo, 2009; Schmitt *et al.*, 2017).

Avaliações de sustentabilidade tendem a adotar metodologias e ferramentas reducionistas, como por exemplo, adotar um único indicador, como o PIB per capita (Produto Interno Bruto) e em única dimensão, e ainda com propensão em quantificar as informações em respostas simplificadas (Gasparatos *et al.*, 2008; Gasparatos, 2010; Schader *et al.*, 2014). Tais premissas, de acordo com Kirwan *et al.* (2017) corroboram com a necessidade de se encontrar novos modelos e paradigmas pela comunidade científica e que novas abordagens devam ser

A designação de indicadores de sustentabilidade será utilizada nesta pesquisa com base nas contribuições de Elkington, direcionadas às organizações.

mais holísticas e incorporar conjuntos amplos de perspectivas, como bem-estar, saúde, gestão ambiental e justiça social.

Ao elaborar uma revisão, Singh *et al.* (2009) destacaram os inúmeros pesquisadores que se empenharam em fornecer métricas de sustentabilidade. E mesmo diante de esforços e do crescente volume de indicadores, a medição do desenvolvimento sustentável ainda está longe de alcançar um resultado positivo (Wilson *et al.*, 2007). Isso ocorre, entre outros fatores, pela insuficiência de conhecimento das realidades em observação e as limitações tornam ampla a necessidade de explorar múltiplos métodos de medição e indicadores com o propósito de identificar os limites das metodologias existentes e possíveis soluções futuras (Brunori; Galli, 2016).

Em 2016, Galli *et al.* apontaram que ainda é um desafio, o desenvolvimento de uma abordagem abrangente e transparente para analisar todas as dimensões da sustentabilidade de forma coerente, embora sejam vistos crescentes esforços tanto por parte da academia como de profissionais. Os autores afirmam ainda que, a definição e a prioridade entre as dimensões e atributos da sustentabilidade são um processo contínuo de mudança, uma vez que, o que pode ser considerado sustentável hoje, amanhã pode não ser mais. E ao lidar com a sustentabilidade requer a antecipação dos impactos de longo prazo do estado atual de ação e possíveis desenvolvimentos futuros.

Em 1998, John Elkington apresentou o conceito que se tornou conhecido mundialmente como o tripé da sustentabilidade, o *Triple Bottom Line* (TBL), o qual é composto pelas dimensões econômica, ambiental e social, sendo assim, ele sugere que os objetivos de negócios fossem inseparáveis das sociedades e ambientes em que operam. Estas três dimensões, denominadas três *Ps* (pessoas, planeta e lucros) foram adotadas como parte estratégica da sustentabilidade corporativa (Elkington, 1998).

A cobertura holística do TBL leva à ausência de um método padrão para o cálculo dos indicadores. Sendo assim, em consideração às especificidades da gestão e planejamento dos princípios cooperativos, uma vertente foi adicionada (*Internacional Cooperative Alliance*, 2016), dessa forma, o conjunto de indicadores orientadores conta com cinco dimensões: “econômica; social; ambiental; aspectos relacionados ao planejamento e gestão (governança)”, de acordo com os estudos de Aris *et al.* (2018) e Marcis *et al.* (2018, 2019).

Questões relacionadas aos direitos dos funcionários, desenvolvimento comunitário, qualidade ambiental e gestão da diversidade são fatores que chamam a atenção de um gestor de negócios contemporâneo, oportunizando as dimensões de governança no desenvolvimento sustentável (Husted, 2003). Mesmo que de maneira ainda tímida, indicadores relacionados à

governança podem ser observados nos estudos encontrados no banco de dados de pesquisas (Choobchian *et al.*, 2015; Bachev, 2016, 2017; Aris *et al.*, 2018; Rivera *et al.*, 2019).

Cada estudo normalmente analisa os efeitos de um padrão específico em um país, em uma empresa ou instituição, conseqüentemente, as comparações entre diferentes padrões no mesmo ambiente dificilmente são possíveis (Meemken *et al.*, 2017), assim, sendo importante considerar as especificidades de cada estudo na construção de um modelo ou adoção de indicadores de desenvolvimento sustentável.

Conforme argumentam Shcherbak *et al.* (2020), o desenvolvimento sustentável implica em integrar questões econômicas, sociais e ambientais com objetivos de resolver questões, como: desenvolvimento social, resolução eficaz dos problemas de proteção do meio ambiente, uso racional e propagação dos recursos naturais e, ainda, assegurando o crescimento econômico.

Na última década, uma atenção especial e mundial tem sido dedicada à absorção de questões econômicas, sociais e ambientais que enfoquem a mitigação de resíduos e emissões (Jin; Zailani, 2020; Jayaraman *et al.*, 2012), portanto, os indicadores para o desenvolvimento sustentável devem ser utilizados para resumir e esclarecer seus principais aspectos, e ainda caracterizar quantitativamente a execução das metas de sustentabilidade (Oerther, 2019; Nguyen *et al.*, 2019; Kiselitsa *et al.*, 2018). Com o auxílio dos indicadores, é possível avaliar o nível de desenvolvimento, tanto de países, regiões, municípios, empresas, indústrias, entre tantos outros, e ainda prever o estado futuro (Shcherbak *et al.* (2020).

Alguns exemplos de medição por indicadores de sustentabilidade foram mundialmente reconhecidos, tais como: *Global Reporting Initiative – GRI* (GRI, 2002), *Dow Jones Sustainability Index* (Jones, 2005) e as diretrizes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, para empresas multinacionais (OCDE, 2005).

O estudo de Brunori e Galli (2016, p. 765) conclui que “para ser capaz de gerar mudanças, a avaliação da sustentabilidade deve ser um processo aberto, difuso e inclusivo - implicando um intercâmbio contínuo entre ciência, sociedade civil, empresas e administrações públicas, e trazendo um conhecimento compartilhado e mais robusto”.

4 REVISÃO DE LITERATURA – INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM SISTEMAS AGROALIMENTARES COM FOCO NAS COOPERATIVAS

O capítulo 4 apresenta parte da revisão sistemática de literatura que aborda como tema principal a sustentabilidade em sistemas agroalimentares, com foco nas cooperativas. Analisa: a evolução dos estudos sobre indicadores; a distribuição geográfica desses estudos; os autores com as palavras-chaves; por meio de um gráfico quais indicadores de sustentabilidade são mais adotados pelos autores em suas pesquisas; e os indicadores aplicados às cooperativas.

4.1 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE APLICADOS A SISTEMAS AGROALIMENTARES

Embora, o número de pesquisas e documentos relacionados ao termo “sustentabilidade” tenha aumentado significativamente, a análise bibliométrica abrangente e sistemática da situação da pesquisa neste campo não é suficiente. Assim, esta pesquisa seleciona uma coleção central da *Scopus* e *Web of Science* como fontes de dados, usando o método bibliométrico para realizar análises estatísticas e mineração de dados, e uma revisão sistemática para explorar as dimensões da sustentabilidade e metodologias referentes aos indicadores adotados pelos autores, nos sistemas agroalimentares, incluindo as cooperativas. O detalhamento metodológico da revisão sistemática de literatura (RSL) é apresentado na seção 6.2.

Foram selecionados 75 artigos derivados da revisão sistemática de literatura, estes artigos tratam de sustentabilidade em sistemas agroalimentares em nível mundial. A Figura 4 apresenta um panorama desta pesquisa e alguns dados merecem destaque, como o número de autores relacionados nesse *corpus*, sendo 278 autores envolvidos em 75 pesquisas que consultaram 740 referências bibliográficas para construção das pesquisas. Isso evidencia o quanto a sustentabilidade é um desafio complexo e que requer uma abordagem multidisciplinar e holística, nesse sentido, a colaboração entre os autores é fundamental, pois abrange diferentes conhecimentos e experiências que colaboram para a construção de uma base sólida de conhecimento que poderá beneficiar a comunidade acadêmica, profissional e a sociedade. E ainda, esta colaboração envolve também partes interessadas externas, como governos, empresas, organizações não governamentais e comunidades locais.

Figura 4 – Panorama dos dados sobre sustentabilidade em sistemas agroalimentares

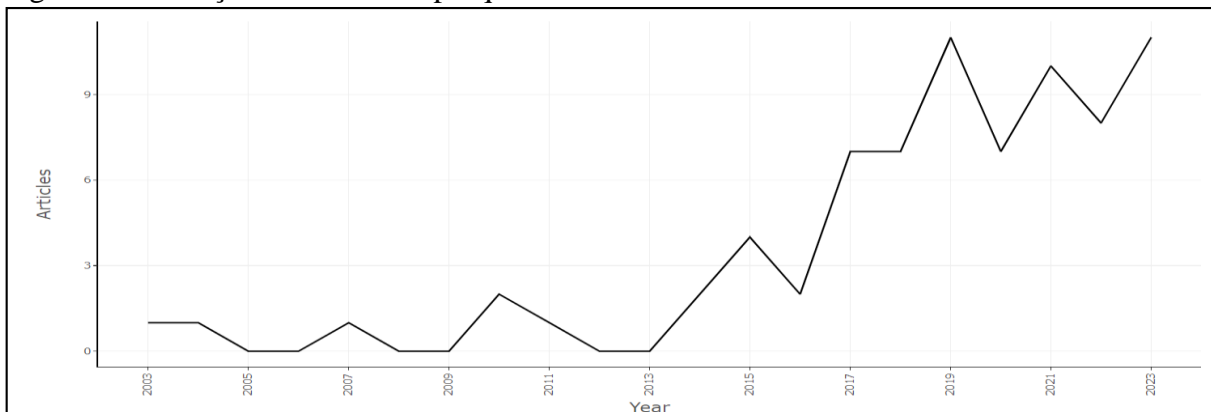


Fonte - Elaborada pela autora.

De maneira geral, os estudos apresentam tendência de crescimento em artigos científicos, conforme é apresentado na Figura 5. A evolução crescente dos estudos sobre sustentabilidade em sistemas agroalimentares reflete positivamente a crescente conscientização global sobre os desafios ambientais, sociais e econômicos que o planeta enfrenta. As pesquisas se concentram não apenas na mitigação, mas também na adaptação e resiliência, pois a compreensão de que algumas mudanças são inevitáveis, os estudos buscam maneiras de tornar os sistemas e comunidades mais resilientes a choques ambientais e sociais.

É perceptível a direção para uma abordagem mais participativa, envolvendo a comunidade e incorporando perspectivas locais. Isso inclui o conhecimento tradicional e considera as necessidades e preocupações das comunidades locais. A evolução das pesquisas sobre sustentabilidade é essencial para o enfrentamento aos desafios complexos e interconectados ao que o mundo enfrenta; isso corrobora para promover um futuro mais sustentável e equitativo.

Figura 5 - Evolução histórica das pesquisas



Fonte - Elaborada pela autora.

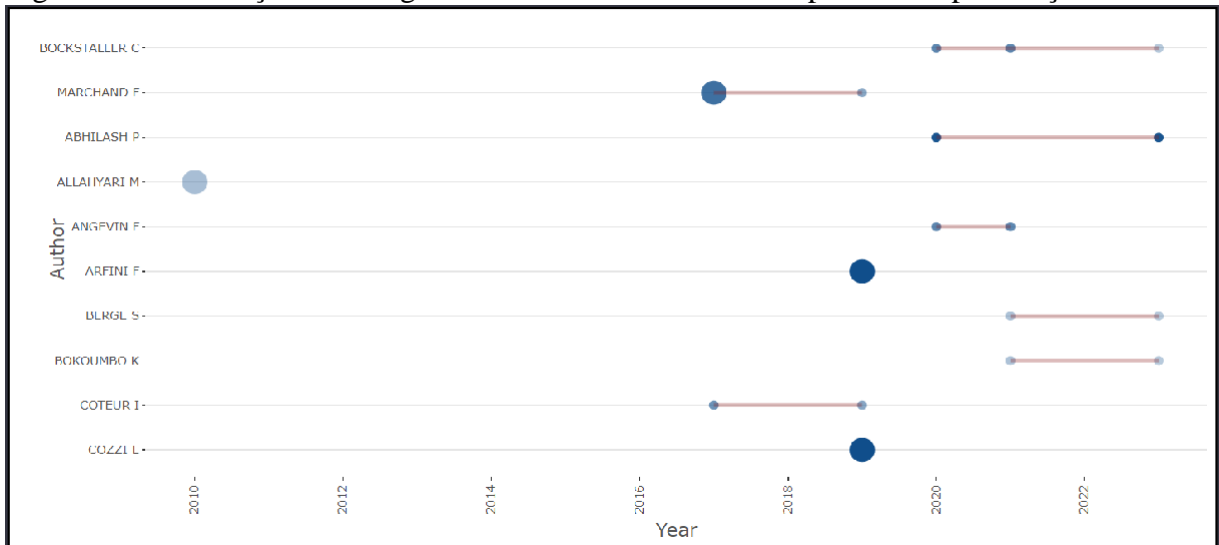
A colaboração das revistas científicas desempenha um importante papel no avanço da pesquisa sobre sustentabilidade, pois oferece uma plataforma para compartilhar conhecimentos, promover a disseminação de informações e fortalecer a qualidade e impacto das descobertas científicas. A revisão por pares é uma prática comum em revistas científicas, o que garante a qualidade e validade dos artigos publicados e, ainda, a colaboração entre revisores, pesquisadores e editores contribui para a rigidez metodológica e a precisão dos estudos sobre sustentabilidade em sistemas agroalimentares, permitindo que esta pesquisa esteja alinhada com agendas globais, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas.

Nesta RSL, a partir do tratamento dos dados, observou-se o destaque em publicações para o *Journal Sustainability (Switzerland)*, com 12 artigos, e o *Journal of Cleaner Production*, com quatro artigos sobre sistemas agroalimentares com foco em sustentabilidade.

Esses periódicos possuem relevância internacional na pesquisa. O *Journal Sustainability (Switzerland)* (ISSN 2071-1050) possui *H-Index* 169, ou índice h, que quantifica a produtividade e o impacto de cientistas com base nos seus artigos mais citados. Em 2024, o seu indicador SJR ou *SCImago Journal Rank* foi de 0.672, ou seja, uma medida da influência científica de periódicos acadêmicos. O *Journal of Cleaner Production* (ISSN 0959-6526) é um periódico conhecido internacionalmente por suas publicações transdisciplinares, com foco na produção limpa e sustentabilidade, possui *H-Index* 309 e indicador SJR, em 2024, de 2.058, o que demonstra sua relevância na pesquisa acadêmica.

A construção de uma rede de autores na pesquisa de indicadores de sustentabilidade em sistemas agroalimentares ainda é incipiente, mas apresenta um destaque para o pesquisador Bockstaller C., que participou como coautor em 3 artigos (2020, 2021 e 2023), como pode ser apreciado na Figura 6, que por meio da função *Author Prod Over Time*, desenvolvida no R, calcula e plota a produção dos autores e coautores ao longo do tempo. É importante relatar sobre formar e fortalecer redes de autores na pesquisa sobre sustentabilidade em sistemas agroalimentares, pois os cientistas contribuem significativamente para a construção de uma base de conhecimento robusta e para a criação de soluções mais eficazes para os desafios complexos que o mundo enfrenta, nesse sentido, a colaboração contínua é essencial para impulsionar a pesquisa e promover a sustentabilidade em escala global.

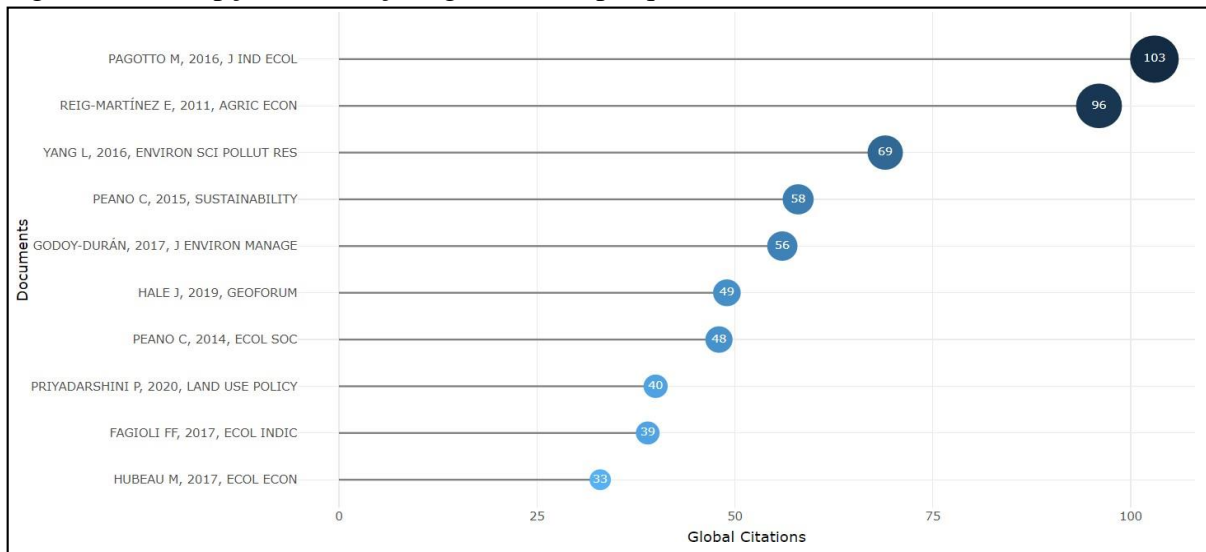
Figura 6 - Distribuição dos artigos de acordo com os autores e período de publicações.



Fonte - Elaborada pela autora.

As citações desempenham um papel importante para os autores envolvidos em pesquisas, e numa RSL, a partir do tratamento dos dados, é válido destacar os autores com maior número de citações, pois é um indicador de reconhecimento e impacto na comunidade acadêmica e científica, e além de estabelecer a credibilidade, contribui para enriquecimento das colaborações e redes mais amplas, e ao desenvolvimento contínuo de terminada área do conhecimento. A Figura 7 apresenta uma percepção das citações globais dos pesquisadores de acordo com os dados da Scopus e *Web of Science*, como o artigo “*Towards a Circular Economy in Australian Agri-food Industry: An Application of Input-Output Oriented Approaches for Analyzing Resource Efficiency and Competitiveness Potential*” dos autores Pagotto e Halog (2015), que recebeu 103 citações, e na sequência de destaque está o artigo “*Ranking farms with a composite indicator of Sustainability*” dos autores Reig-Martínez; Gómez-Limón; Picazo-Tadeo (2011), com 96 citações.

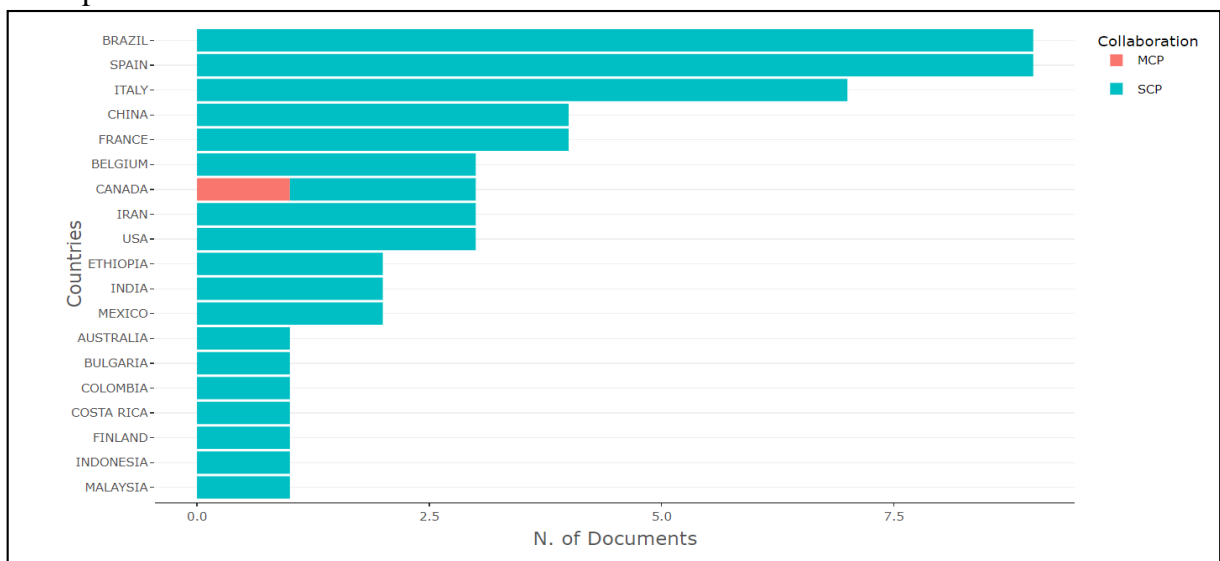
Figura 7 – Percepção das citações globais dos pesquisadores



Fonte - Elaborada pela autora.

A Figura 8 apresenta uma distribuição em relação aos países correspondentes dos autores das publicações. A biblioteca *Bibliometrix* do *R* fornece estes gráficos, que separa o país por publicações em único país, na legenda *Stingle Country Publications* (SCP), e publicações com múltiplos países, na legenda *Multiple Country publication* (MCP). Com maiores impactos de publicações está o Brasil e a Espanha, com 9 pesquisas SCP cada, em seguida a Itália, com 7 pesquisas SCP. Nesta revisão, somente o Canadá possui uma pesquisa MCP e outras duas SCP.

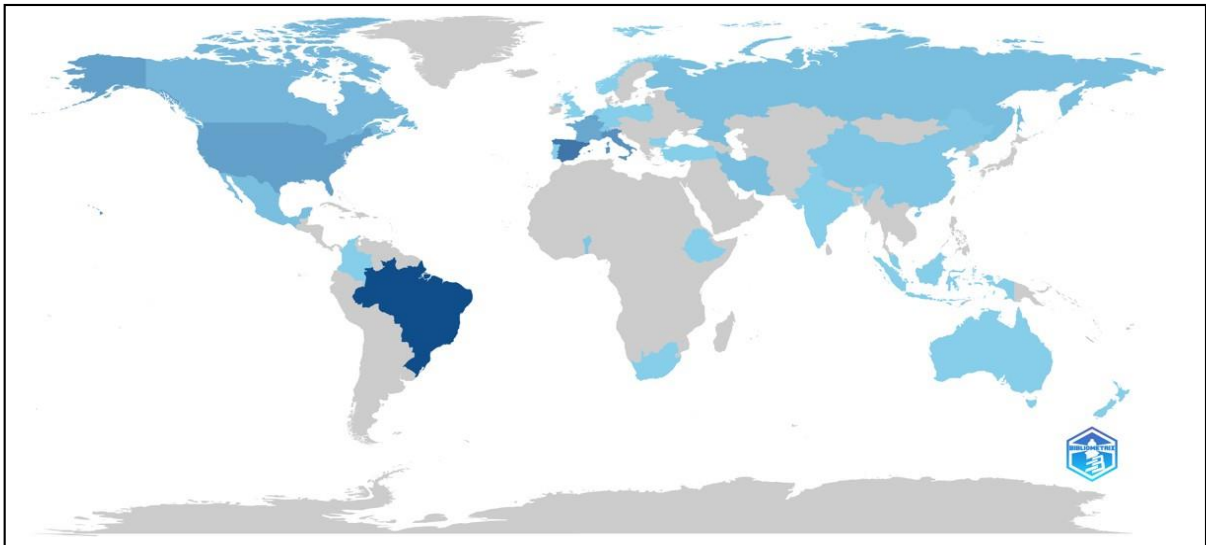
Figura 8 – Distribuição dos artigos revisados de acordo com os países dos autores correspondentes.



Fonte - Elaborada pela autora.

Em relação aos países de origem dos estudos, Brasil se destaca com 12 pesquisas e Espanha com 8 pesquisas. Os artigos sobre sustentabilidade em sistemas agroalimentares também foram tema de publicações no México, Itália, Bélgica entre outros. Em relação às publicações em cooperativas, o Brasil é o destaque com seis artigos, conforme demonstra a Figura 9.

Figura 9 - Distribuição geográfica da produção científica sobre indicadores de sustentabilidade em sistemas agroalimentares e em cooperativas agrícolas⁴

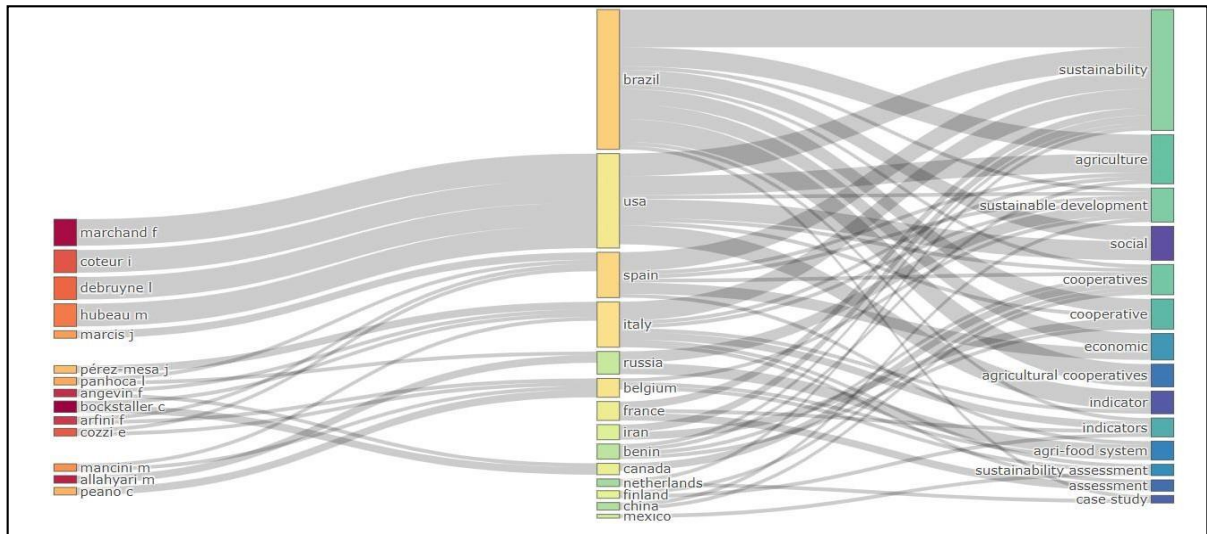


Fonte - Elaborada pela autora.

A pesquisa faz uma relação da evolução do tema de indicadores de sustentabilidade em sistemas agroalimentares por meio de um Diagrama de *Sankey*. Este diagrama é uma representação visual de um fluxo, como tal, possui sentido de leitura para gerar senso de interpretação, que envolve a transparência de uma etapa para outra. Essa transparência está representada por setas (linhas), cujas espessuras são proporcionais à quantidade de pesquisas desenvolvidas. Quanto mais espessa for a linha, maior sua indicação de relevância (Soundararajan *et al.*, 2014; Xie *et al.*, 2020). O *Three-Fields Plot* (gráfico de três campos) está demonstrando com a Figura 10, a relação entre os autores, países de origem e palavras-chaves dos estudos, corroborando a representatividade do Brasil e Espanha como principais países deste banco de dados sobre estudos de indicadores de sustentabilidade (Godoy-Durán *et al.*, 2017; Giagnocavo, Galdeano-Gómez; Pérez-Mesa, 2018; Azevedo *et al.*, 2018; Anzilago *et al.*, 2018; Marcis; Pinheiro; Gouvêa, 2019; Macagnan; Seibert, 2021; Silva; Baggio; Santos, 2022; Manera; Serrano, 2022; Ferrer *et al.*, 2023).

⁴ A maior intensidade das cores representa maior número de publicações sobre sustentabilidade em sistemas agroalimentares e cooperativas agrícolas.

Figura 10 - Diagrama de Sankey – autores, países e palavras-chaves

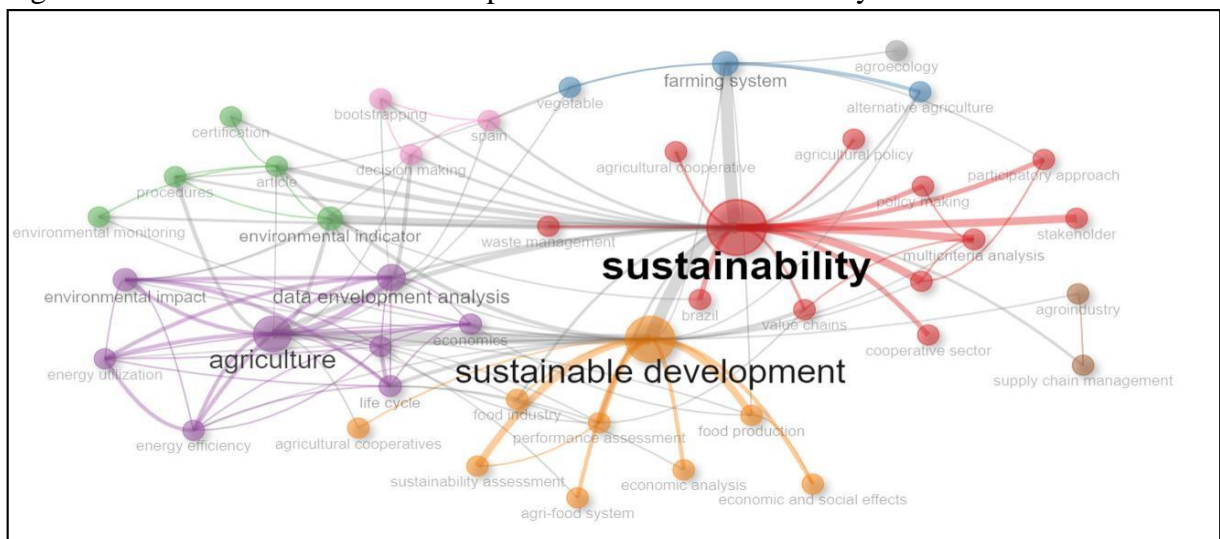


Fonte - Elaborada pela autora.

O objetivo da análise de co-palavras é traçar a estrutura conceitual de um quadro usando uma rede de co-ocorrência de palavras para mapear e agrupar termos extraídos de palavras-chave utilizadas nos artigos em um determinado tema (Aria; Cuccurullo, 2017).

A Figura 11 fornece informação sobre a maior centralidade e maior frequência de uma palavra-chave na rede de co-ocorrência, utilizando-se o layout Kamada-Kawai (1989). Deste modo, observa-se a centralidade do termo “desenvolvimento sustentável”, se relacionando com maior frequência com sustentabilidade e agricultura.

Figura 11 - Rede de co-ocorrência de palavras-chaves usando o Layout Kamada-Kawai

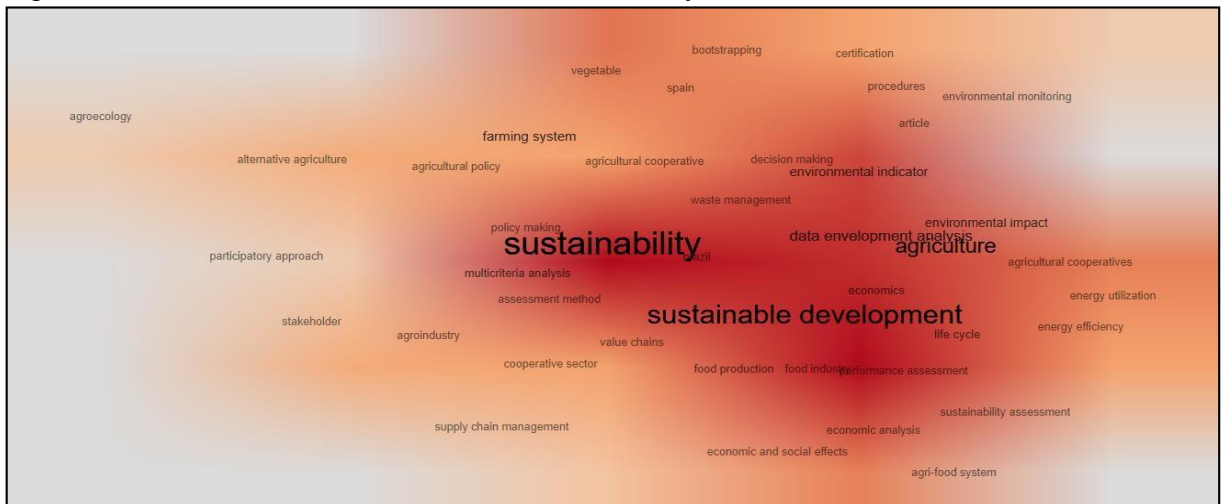


Fonte - Elaborada pela autora.

Em uma RSL é importante apresentar a análise de co-ocorrência de palavras, ou como também é conhecida a análise de copalavras, pois é uma técnica que busca mapear padrões e relações entre palavras em um conjunto de textos bibliográficos. Essa abordagem é especialmente útil para revelar associações semânticas e contextualizações de termos em um *corpus* textual.

O software R, com o pacote Bibliometrix e usando a função *Conceptual Structure* apresenta na Figura 12 uma abordagem de rede no modelo *Overlay*, que demonstra a relação entre sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e agricultura; apresenta uma relação com metodologia Análise de Ciclo de Vida (ACV), que é umas das abordagens mais utilizadas nos estudos, destaca o Brasil, por sua representatividade nas pesquisas, a agricultura alternativa e cooperativa, a agroindústria e a eficiência energética, pois é uma preocupação global entre as pesquisas envolvendo sustentabilidade.

Figura 12 – Rede de co-ocorrência no modelo Overlay



Fonte - Elaborada pela autora.

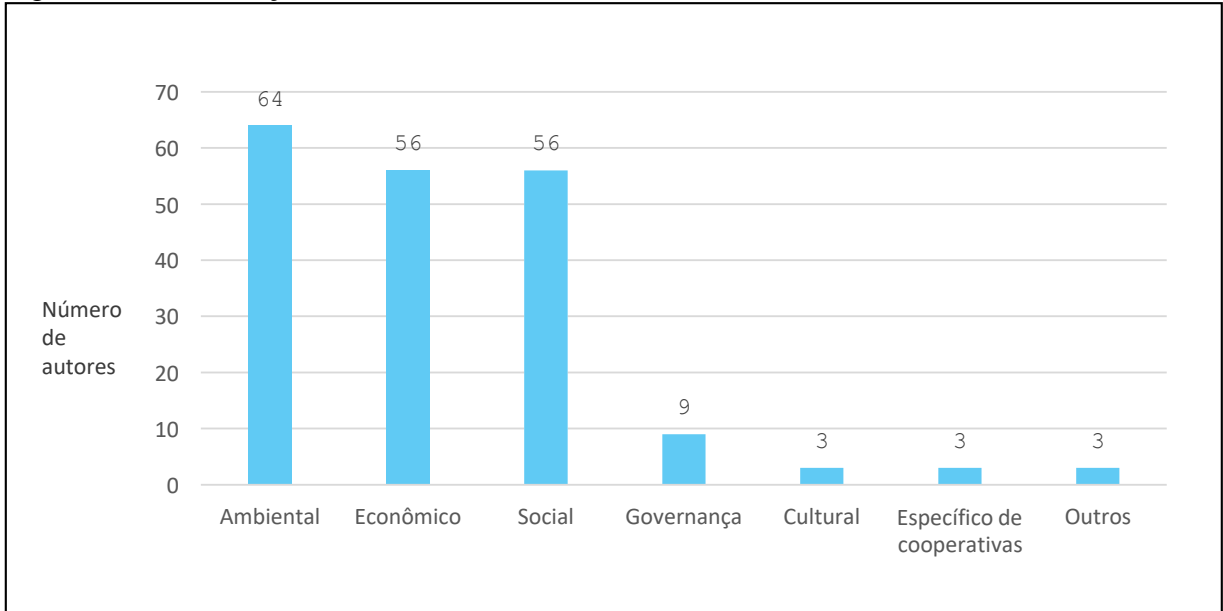
4.2 DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE E A RELAÇÃO COM OS SISTEMAS AGROALIMENTARES COM FOCO NAS COOPERATIVAS - IDENTIFICANDO-SE AS VARIÁVEIS

Para a análise dos artigos selecionados (n = 75), foi elaborado um gráfico para melhor visualização da relação entre os artigos e a distribuição das dimensões, identificadas como: econômico, social, ambiental, governança e indicadores específicos do objeto de estudo.

Ao analisar a Figura 13 é possível reconhecer o quanto a pesquisa sobre desenvolvimento sustentável adota os critérios do “*Triple Botton Line*” introduzidos por Elkington (1998), e aderem às dimensões tradicionais, como econômicas, ambientais e sociais. E observa-se também o quanto é incipiente as pesquisas que abordam as dimensões governança

e cultural e, que tratam das especificidades de cada sistema agroalimentar, principalmente das cooperativas.

Figura 13 - Distribuição dos estudos entre as dimensões da sustentabilidade



Fonte - Elaborada pela autora

Para a elaboração de um modelo baseado em Inteligência Artificial de indicadores de sustentabilidade por meio da lógica *fuzzy*, que contribua como uma ferramenta de gestão para cooperativas brasileiras faz-se necessário a identificação de variáveis que já existem na literatura e como são elaboradas essas pesquisas em relação às metodologias adotadas.

De acordo com instituições internacionais como *Food and Agricultural Organization* (FAO) e *European Community*, dentre as características da sustentabilidade agrícola, essencialmente deve-se conter a multidimensionalidade e multifuncionalidade, considerando questões chave, como conservação da biodiversidade, manutenção da paisagem e segurança alimentar (FAO 2005).

Existe um consenso entre academia, governos e instituições sobre a importância da sustentabilidade, contudo, ainda falta concordância tanto em relação à definição, quanto em sua avaliação (Binder *et al.*, 2010). As pesquisas que contemplam indicadores são desenvolvidas em sua maioria nas dimensões econômico, ambiental e social, embora sem uma estrutura conceitual subjacente (Van Passel; Meul, 2012) e algumas pesquisas ignoram uma ou duas dimensões da sustentabilidade por completo (Von Wirén-Lehr, 2001; Binder; Feola, 2010).

O Quadro 3, configura resumidamente, todos os artigos que passaram pela triagem da RSL e que foram incluídos na pesquisa por tratarem de indicadores de sustentabilidade em

sistemas agroalimentares, contudo, um apanhado de considerações é necessário para melhor entendimento e aproveitamento das valiosas contribuições destes autores.

O primeiro registro no banco de dados sobre indicadores de sustentabilidade apresenta o artigo dos pesquisadores Rodrigues, G.S., Buschinelli, C.C.D.A., Rodrigues, I.A. e Medeiros, C.B., intitulado “*A collaborative research initiative for the environmental management of ostrich production*”, de 2007, em uma pesquisa colaborativa entre Federação das Cooperativas de Produtores de Avestruzes do Sudeste do Brasil (Fecoavestruz-Sudeste) e Embrapa Meio Ambiente (Unidade de Meio Ambiente da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) para formação de técnicos para aplicação de sistemas de indicadores ambientais a fim de estabelecer critérios de definição de termos de referência na produção sustentável de avestruz. Utilizando estudos de casos em oito fazendas produtoras no Estado de São Paulo (Brasil), forneceram uma perspectiva da contribuição da produção de avestruzes para a sustentabilidade das propriedades, verificaram a aplicabilidade do conjunto de indicadores e avaliaram a adequação dos sistemas integrados de indicadores ambientais proposto por Barnthouse *et al.* (1998) e eco-certificação para a produção no Brasil. Este foi o único estudo de sistemas agroalimentares que tratou somente a dimensão ambiental da sustentabilidade.

No Reino Unido, Sharpe; Barling (2019) adotaram a vertente social para pesquisar o papel da ética e da responsabilidade como motivadores de uma transição para um sistema agroalimentar sustentável. Investigaram como e por que alguns atores não estatais no fornecimento de alimentos interpretam algumas obrigações sociais como sendo parte da responsabilidade do fornecimento de alimentos, se a ética desempenha um papel motivador e até que ponto suas atividades estão vinculadas à sustentabilidade. Os dados foram coletados em sites de empresas que pertencem ao sistema agroalimentar do Reino Unido, como produtores, processadores primários, provedores de logística, fabricantes, varejistas, operadores de serviços, associações comerciais, consultorias, auditorias entre outras, e utilizou entrevistas semiestruturadas com especialistas em sustentabilidade. Concluíram que os atores veem uma variedade de atividades socialmente focadas ou socialmente benéficas, como preocupações legítimas de governança para o fornecimento de alimentos e que a ética desempenha um papel na motivação dessas atividades, mas que estas atividades estão inconsistentemente associadas à sustentabilidade.

A associação de desempenho ambiental e econômico nas atividades produtivas faz a ecoeficiência receber atenção como indicador de sustentabilidade. Os laços estreitos na agricultura entre o uso de recursos naturais limitados e o fornecimento de bens básicos para a sociedade chamou a atenção de Godoy-Durán *et al.* (2017), os quais pesquisaram as vertentes

econômico e ambiental, na Espanha. Analisaram a ecoeficiência em nível micro, com enfoque na agricultura familiar de pequena escala como as principais unidades de decisão da horticultura. Adotaram a Análise Envoltória de Dados (DEA) como metodologia principal, computando as combinações de pressões ambientais, como: uso de água, contaminação fitossanitária, gestão de resíduos, entre outros, e o valor econômico. Em seguida verificaram a influência das características socioeconômicas e ambientais da agricultura familiar nos indicadores de ecoeficiência, concluindo que existe ineficiência em aspectos como gestão de resíduos, entre outros, enquanto relativa menor ineficiência no uso da água e balanço de nitrogênio. Outro fator de contribuição da pesquisa é sobre a especialização dos produtos, pertencimento a uma cooperativa e adoção de certificações que influenciam positivamente a ecoeficiência.

Como já exposto, os sistemas agroalimentares são essenciais para alcançar a segurança alimentar e, ao mesmo tempo, a sustentabilidade ambiental e social, além do mais, o alinhamento de políticas agrícolas existentes com os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável da ONU é fundamental para a transição de uma produção de alimentos mais limpa e ecológica. Nesse sentido, Ruiz-Almeida; Rivera-Ferre (2019), da Espanha, Priyadarshini; Abhilash (2020), da Índia Castañeda-Ccori *et al.* (2020), do Equador, abordaram as dimensões ambiental e social em suas pesquisas. Os pesquisadores salientaram a perspectiva política em relação à alimentação, o potencial de uma reestruturação política para impulsionar o setor agrícola no caso da Índia e, no Equador, o contexto político em relação às políticas públicas e mercados externos que influenciam o crescimento do cultivo do cacau na América Latina.

Ruiz-Almeida; Rivera-Ferre (2019), sob a ótica da soberania alimentar objetivaram divulgar um conjunto de indicadores que servisse de referência para avaliar, de forma padronizada, a sustentabilidade de sistemas agroalimentares. Identificaram os indicadores compilados por organizações internacionais de referência, como Organização das Nações Unidas (FAO, UNDP e UNEP), Instituições Financeiras Internacionais (Banco Mundial) e Organizações Econômicas Internacionais (OCDE e OMC), resultando em um banco de dados de 97 indicadores distribuídos em 6 categorias: 1) acesso a recursos; 2) modelos produtivos; 3) comercialização; 4) consumo alimentar e direito à alimentação; 5) políticas agrárias e organização da sociedade civil e 6) gênero. Evidenciaram como resultados as dificuldades de acesso às informações (com acesso restrito por se tratar de dados de entidades privadas), ou por não existirem. Tais dificuldades mostram como a mensuração de um sistema socioecológico complexo por meio de indicadores não é tarefa fácil e os indicadores estão em constante evolução e respondem às necessidades de políticas específicas e interesses do mercado.

Os ODS estabelecidos pela ONU, em 2015, incluem dois objetivos relacionados à redução da pobreza, da fome e da desnutrição, bem como ao aumento da produtividade agrícola sem causar danos significativos ao meio ambiente. Existem duas abordagens principais para integrar os princípios da sustentabilidade na agricultura. Uma delas visa aumentar a produtividade enquanto reduz os impactos ambientais negativos. No entanto, há um debate em torno disso, pois os métodos orgânicos, embora mais favoráveis ao meio ambiente, geralmente resultam em rendimentos menores. Por outro lado, a intensificação e a mecanização agrícolas podem aumentar a produtividade, mas também podem causar danos ao solo e à biodiversidade, como observado por Eyhorn *et al.* (2019).

Nesse contexto, Priyadarshini; Abhilash (2020) objetivaram avaliar o estado atual da agricultura indiana em relação às questões que dificultam a produtividade e a formulação de políticas, alinhar o *National Indicator Framework* (NIF, 2018) com os ODSs e o conjunto de dados do governo, e ainda rever as políticas funcionais e propostas relacionadas à agricultura em termos de coerência com os ODSs e, desta maneira, oferecer recomendações para impulsionar a sustentabilidade. Desenvolveram uma análise de correlação e análise de dados considerando 12 parâmetros relacionados à pobreza, saúde, nutrição e agricultura, em termos de área agrícola, para compreender o tipo e grau de relação entre os indicadores-chaves que moldam a segurança alimentar, pobreza, saúde e produtividade agrícola, da mesma forma, a relação entre a terra irrigada e os níveis de água subterrânea junto com as tendências na aplicação de fertilizantes para compreender os desafios ambientais. Descobriram que, apesar do alcance da suficiência em termos de produção de alimentos, o acesso para todos continua sendo um grande desafio, e que existe incoerência entre alguns indicadores dos ODSs e seus valores de dados correspondentes. Foi proposta pelos autores uma política nacional de sistemas eco-alimentares para uma gestão sustentável de toda a cadeia agrícola da Índia.

No estudo de Castañeda-Ccori *et al.* (2020) que perpassa o Equador, o foco principal foram os indicadores sociais e ambientais na cultura do cacau, mesmo assim, não deixaram de analisar questões políticas, de governança e econômicas. Para atingir os objetivos do estudo, que foi de investigar a sustentabilidade sócioecológica de sistemas agroflorestais baseados em cacau, utilizaram a estrutura de Análise e Desenvolvimento Institucional (IAD) desenvolvida por Elinor Ostrom. Com um conjunto de variáveis identificaram as principais interações e resultados para entender a fragilidade e a sustentabilidade das comunidades.

Dentre os estudos que formam o banco de dados desta RSL (n=75) - com exceção aos que abordaram pesquisas em cooperativas -, dez artigos serão analisados que tratam da sustentabilidade considerando-se as dimensões elaboradas por Elkington, sejam elas:

econômico, ambiental e social. Foram pesquisas desenvolvidas na Espanha, Itália, China, Etiópia e França, num período que corresponde entre 2011 e 2021.

Reig-Martínez *et al.* (2011), fizeram uma demonstração da metodologia Análise Envoltória de Dados (DEA) e Tomada de Decisão Multicritério (MCDM), com isso avaliaram a sustentabilidade de 163 propriedades agrícolas na Espanha utilizando-se de 12 indicadores econômicos, ambientais e sociais. Peano *et al.* (2015) propuseram uma estrutura interpretativa de “Metodologia de Avaliação Agroalimentar Sustentável” (SAEMETH), capaz de orientar a avaliação da sustentabilidade das diversas formas organizacionais da cadeia de abastecimento agroalimentar, de pequena escala, na Itália.

Iocola *et al.* (2020) desenvolveram a pesquisa na França, Alemanha e Itália para avaliar a sustentabilidade das estratégias de diversificação de culturas, avaliando os custos e benefícios potenciais, com o auxílio do conjunto de indicadores DiverImpacts. Luzzani *et al.* (2021), na Itália, desenvolveram, testaram e validaram um quadro de indicadores “Territory”, que traduz conclusões a respeito da sustentabilidade do vinho, uma avaliação quantitativa dos impactos da produção de vinho nas mudanças climáticas, recursos hídricos e manejo do solo.

Yang *et al.* (2016) avaliaram a sustentabilidade das práticas de cultivo de hortaliças em estufa, nas perspectivas ambientais, econômicas e socioinstitucionais na China, coletando dados por meio de uma pesquisa com 91 famílias de agricultores de seis bases de produção de vegetais em estufas típicas e analisaram amostras de materiais ambientais. Arfini *et al.* (2019) desenvolveram um quadro holístico que permite a avaliação da sustentabilidade dos esquemas de qualidade alimentar, incluindo o papel dos atores na cadeia de valor e a dimensão territorial, discutiram o uso de indicadores dimensionais e propuseram índices sintéticos para fornecer uma visão geral da evolução da sustentabilidade de um sistema de produção específico. Chaparro-Africano (2019) construiu um quadro de indicadores de sustentabilidade para mercados agroecológicos e suas medições, bem como de resultados de indicadores para quatro mercados agroecológicos.

Sembada *et al.* (2019) identificaram os principais fatores que afetam a sustentabilidade das pequenas propriedades leiteiras na Indonésia, e propuseram algumas recomendações de políticas para promover o desenvolvimento sustentável do leite, na Indonésia. Gebre *et al.* (2020) investigaram a situação da cadeia de valor existente, produtividade e restrições de comercialização da banana no distrito de Arba Minch, Etiópia e, também, examinaram as possibilidades de transformar a cadeia da banana em uma cadeia de valor mais sustentável.

Peano *et al.* (2014) desenvolveram uma metodologia multicritério inspirada na abordagem Slow Food (SF) e avaliaram se o Projeto “Slow Food Presidia” conseguiu criar um sistema agroalimentar sustentável. O conceito de *Slow Food* (SD) adveio de um movimento internacional fundado na Itália, iniciado em 1989 com o lançamento da campanha alimentos - “bons, limpos e justos” (Petrini, 2005: 91). A Fundação *Slow Food* tem objetivo de preservar antigas tradições ligadas à alimentação, preservar a diversidade das culturas cultivadas localmente e dos sistemas tradicionais de gestão de culturas.

Tendo em vista que a visão holística que caracteriza a abordagem do *Slow Food* não se limita aos aspectos econômicos, ambientais e sociais, a metodologia desenvolvida por Peano *et al.* (2014) aborda além desses, os indicadores em relação aos efeitos na qualidade dos alimentos e o indicador cultural. A metodologia foi aplicada em três estudos de casos de SF de diferentes regiões. E ficou comprovada a funcionalidade da metodologia para avaliação ampla da sustentabilidade, e que o projeto “*Slow Food Presidia*” aumenta todas as dimensões da sustentabilidade e, em particular, do capital socioeconômico e cultural, preservando os aspectos ambientais e de qualidade dos produtos alimentícios.

Para aprimorar a avaliação da sustentabilidade em propriedades agrícolas, Bachev (2017) sugere uma estrutura holística para avaliar a sustentabilidade das propriedades, em geral, e de diferentes tipos jurídicos, tamanho, especialização e localização. Apresenta uma estrutura hierárquica para avaliar as fazendas, incluindo um sistema de princípios, critérios, indicadores e valores de referência, num segundo momento a avaliação é feita sobre a sustentabilidade integral, econômica, ambiental, social e de governança. A pesquisa foi feita com 190 gerentes de fazendas da Bulgária. Descobriu que a sustentabilidade dessas propriedades é adequada, com níveis superiores em questões ambientais e sociais, e inferiores em governança e econômica. Fica evidente no estudo o quanto as avaliações de sustentabilidade devem ser aprimoradas e com mais precisão, e que, além das estimativas dos gestores devem incorporar informações de testes de campo, dados estatísticos e experiência de especialistas na área.

Ajija (2017), com o objetivo de avaliar a sustentabilidade no aspecto econômico da cooperativa para mulheres em Java (Indonésia), percebeu que as cooperativas públicas não são eficientes e, ainda, sugere que o avanço tecnológico teve uma influência significativa nas mudanças de produtividades, ao invés de uma mudança na eficiência. O estudo enfatiza a importância de programas de treinamento para que os conselhos desenvolvam novos produtos de financiamento e estratégias para atrair novos membros. As cooperativas para mulheres em Java foram eficazes na melhoria de qualidade de vida de seus membros e o programa poderá servir de referência para outras províncias nos esforços de redução da pobreza.

A partir do resultado da RSL desenvolvida para identificar os indicadores e subindicadores que subsidiarão o modelo de Indicadores de Sustentabilidade, foi possível elaborar o Quadro 3. Este quadro mapeia os estudos em sistemas agroalimentares, detalhando os autores, os países de análise e as metodologias adotadas em cada pesquisa. A análise dos dados revela que há uma significativa diversidade nas abordagens utilizadas, sem um padrão claro que diferencie entre pesquisas qualitativas e quantitativas. Essa variação é observada tanto na seleção dos indicadores quanto nas metodologias aplicadas, refletindo a multiplicidade de perspectivas e contextos nos quais esses estudos são conduzidos.

Diante dessa diversidade metodológica, torna-se claro a necessidade de desenvolver e consolidar uma metodologia mais robusta e padronizada para a criação de indicadores de sustentabilidade em sistemas agroalimentares. Uma abordagem metodológica mais consistente e bem-estruturada permitiria não apenas uma comparação mais precisa entre diferentes estudos, mas também garantiria uma maior confiabilidade dos indicadores de sustentabilidade propostos. Portanto, a construção de uma metodologia aprimorada é importante para avançar na compreensão e na aplicação dos indicadores de sustentabilidade, promovendo uma avaliação mais eficaz e abrangente dos sistemas agroalimentares em diferentes contextos e escalas.

Quadro 3 - Configuração dos estudos sobre indicadores de sustentabilidade em sistemas agroalimentares em relação aos enfoques, autores, países de análise e metodologias

Sistema Agroalimentar	Dimensão	Autores	Metodologia
Cooperativas	Econômico, Ambiental e Social	Giagnocavo; Galdeano-Gómez; Pérez-Mesa (2018) - Espanha	Estudo de caso
	Econômico, Ambiental e Social	Azevedo <i>et al.</i> (2018) - Brasil	Estudo de caso; Revisão de literatura; Survey; Estatística Descritiva e Teste de Kruskal-Wallis.
	Econômico e Ambiental	Germain <i>et al.</i> (2015) - México	Questionários; Entrevistas; Estatística Descritiva; Estudo de Caso e Análise SWOT
	Social	Hale <i>et al.</i> (2019) - Estados Unidos	Pesquisa bibliométrica; Entrevistas; Grupo Focal; Elaboração de Relatórios
	Econômico, Ambiental, Social e Cultural	Macagnan; Seibert (2021) - Brasil	Formação de indicadores; Análises de Especialistas; Técnica Delphi; Alfa de Cronbach; Medida de adequação amostral de Kaiser
	Econômico, Ambiental e Social	Yakar Pritchard; Çaliyrt (2021) - Turquia	Análise de conteúdo de relatórios de sustentabilidade
	Econômico, Ambiental e Social	Folorunso <i>et al.</i> (2021) - Nigéria	Questionários semiestruturados; Consulta com especialistas; Análise estatística (SPSS)
	Ambiental	Bravo-Olivas; Chávez-Dagostino (2020) - México	Entrevistas; relatórios; Cálculos de Equivalência e Rendimento
	Econômico, Ambiental, Social e Específicos de Cooperativas	Marcis, Lima; Costa (2019) - Brasil	Revisão de Literatura; Entrevista com Especialistas; Múltiplos Estudos de Caso (cinco cooperativas)
	Econômico, Ambiental, Social e Específicos de Cooperativas	Marcis, Lima; Costa (2018) - Brasil	Entrevista com Especialistas
	Econômico, Ambiental e Social	Anzilago <i>et al.</i> (2018) - Brasil	Análise de Conteúdo; Análise de Correspondência Múltipla; Qui-quadrado; Coeficiente de Correlação de Pearson
	Econômico, Ambiental, Social e Governança	Aris <i>et al.</i> (2018) - Malásia	Análise comparativa dos materiais selecionados que são decodificados em indicadores comuns com base nos elementos de sustentabilidade; Análise de Conteúdo utilizando-se do Atlas T.I.
	Econômico, Ambiental, Social, Governança e Específicos	Choobchian <i>et al.</i> (2015) - Irã	Pesquisa descritiva; Questionários; Análise fatorial com aplicabilidade verificada por teste de esfericidade de Bartlett e medida de adequabilidade da amostra Kaiser-Meyer-Olkin (KMO); Análise de Multicritérios (MCA).
	Econômico, Ecológico, Social, Tecnológico e Ético	Allahyari (2010) - Irã	Observação direta; Entrevistas; Técnica RAPFISH; Índice de desigualdade de Morris
	Social	Allahyari (2010) - Irã	Pesquisa descritiva do tipo levantamento; Técnica RAPFISH; Índice de desigualdade de Morris
Ambiental	Stoll; Poon; Hamilton (2015) - Canadá	Questionários; Entrevistas; Análise de variância; Estudo de caso	

	Econômico	Ajija (2017) - Indonésia	Análise envoltória de dados (DEA), método do Índice Dinâmico de Produtividade de Malmquist (MPI)
	Social	Perry (2020) - Marrocos	Investigação participativa e a aleatorização para evitar preconceitos de seleção; Análises quantitativas e qualitativas
	Governança	Silva; Baggio; Santos (2022) - Brasil	Questionário, Análise fatorial exploratória; Análise discriminante
	Social	Novkovic (2022) - Canadá	Quadro de indicadores
	Econômico, Ambiental e Social	Manera; Serrano (2022) - Espanha	Planejamento estratégico (PESTEL); Modelo teórico de indicadores
	Econômico, Ambiental e Social	Rincon-Roldan; Lopez-Cabrales (2022) - Espanha	Questionário; Modelagem de Equações Estruturais (SEM); Técnica de Quadrados (PLS-SEM)
	Econômico, Ambiental e Social	Bokoumbo <i>et al.</i> (2023) - África	Abordagem Deep Participatory Indicator-Based (DPIB); Entrevista; Grupo focal
	Financeira	Barbosa <i>et al.</i> (2023) - Brasil	Análise descritiva; Regressão linear
	Econômico, Ambiental e Social	Ferrer <i>et al.</i> (2023) - Espanha	Estatística descritiva; Teste U de Mann-Whitney
Cooperativas/pr odutores de maça	Econômico e Ambiental	Cheng <i>et al.</i> (2022) - China	Avaliação do Ciclo de Vida (ACV); Custo do Ciclo de Vida (LCC)
Banana	Econômico, Ambiental e Social	Gebre; Rik; Kijne (2020) - Etiópia	Revisão de literatura; Entrevistas; Grupo focal; Análise Estatística (SPSS)
	Econômico, Ambiental e Social	Gebre; Fikadu; Gebeyehu (2022) - Etiópia	Entrevistas; Análise temática/narrada; estatística descritiva
	Econômico, Ambiental e Social	Ronner <i>et al.</i> (2023) - Uganda	Análise participativa do cenário; Análise de sensibilidade
Laticínios	Financeira	Bonazzi e Iotti (2014) - Itália	EBITDA/EBIT; Abordagem baseada em FC
Hortaliças	Econômico, Ambiental e Socioinstitucionais	Yang <i>et al.</i> (2016) - China	Questionários; Entrevistas; Análise Estatística - SPSS; Teste ANOVA
Horticultura	Econômico e Ambiental	Godoy-Durán <i>et al.</i> (2017) - Espanha	Questionário; Análise Envoltória da Dados (DEA); mínimos quadrados ordinários ou regressão Tobit
Hortícolas	Econômico, Ambiental e Sociopolíticas	Puech <i>et al.</i> (2021) - França	Avaliação do Ciclo de Vida (ACV); Workshop; DEXiPM-FV; Modelo qualitativo hierárquico e multicritério
Mercado agroecológico	Econômico, Ambiental e Social	Chaparro-Africano (2019) - Colômbia	Estudos de caso; Revisão de Informações; Entrevistas
Propriedade agrícola	Econômico, Ambiental, Social e Governança	Bachev (2017) - Bulgária	Pesquisa em propriedades agrícolas; Entrevista com administradores
	Econômico, Ambiental e Social	Reig-Martínez; Gómez-Limón; Picazo-Tadeo (2011) - Espanha	Análise Envoltória de Dados (DEA); tomada de Decisão Multicritério (MCDM)

	Ambiental	Rodrigues <i>et al.</i> (2007) - Brasil	Estudo de caso; Avaliação de especialistas
	Econômico, Ambiental e Social	Sembada; Duteurtre; Moulin (2019) - Indonésia	Revisão de literatura; Visitas preliminares; Entrevistas; Análise Multivariada (PCA); Análise de cluster; Teste ANOVA; Teste de Tukey
	Econômico, Ambiental e Social	Dalcerro; Domenico; Ferreira (2019) - Brasil	Estudo de caso; Entrevista; Checklist de indicadores
	Econômico, Ambiental e Social	Berge <i>et al.</i> (2021) - África	Aplicação do projeto IDEA-Run
	Econômico, Ambiental e Social	Wohlenberg <i>et al.</i> (2022) - Brasil	Questionário; Regressão de Mínimos Quadrados Ordinários
	Econômico e Ambiental	Soulé <i>et al.</i> (2023) - França	Análise estatística; Distribuição do indicador com Boxplots; Coeficiente de Correlação; Análise de Componentes Principais (PCA)
	Ambiental	Houshyar; Chen; Chen (2019) - Irã	Análise de Ciclo de Vida (ACV); Análise Envoltória de Dados (DEA)
Sistemas agrícolas	Social	Sharpe; Barling (2019) - Reino Unido	Levantamento em sites públicos; Entrevistas
	Econômico, Ambiental e Social	Iocola <i>et al.</i> (2020) - França, Alemanha e Itália	Estudo de caso; Aplicação do conjunto de indicadores DiverIMPACTS
	Ambiental e Social	Priyadarshini; Abhilash (2020) - Índia	Análise de correlação usando o pacote Paleontological Statistics Software (PAST)
	Ambiental e Social	Ruiz-Almeida; Rivera-Ferre (2019) - Espanha	Revisão de literatura; Identificação de indicadores; Análise de Correlação
	Econômico, Ambiental e Social	Peano <i>et al.</i> (2015) - Itália	Estudo de caso; Entrevistas; Grupo com Especialistas
	Econômico, Ambiental, Social e Cultural	Peano; Migliorini; Sottile (2014) - Itália	Estudo de caso; Consulta com Especialistas
	Econômica e Ambiental	Stonehouse (2004) - Canadá	Questionários; Visitas ao local para coletar dados
	Econômico, Ambiental e Social	Ludden <i>et al.</i> (2018) - EUA	Utilização de sistema de classificação para avaliar a progressividade da agricultura em diferentes condados; Classificação em categorias urbanas, rurais estáveis ou urbanizadoras; Cálculo de classificações com base em variáveis específicas
Sistemas agroflorestais - cacau	Ambiental e Social	Castañeda-Ccori <i>et al.</i> (2020) - Equador	Estrutura de Análise e Desenvolvimento Institucional (IAD) desenvolvida por Elinor Ostrom; Entrevistas
Castanha Amazônica	Ambiental e Social	Maldonado; Allievi; Panhoca (2021) - Brasil	Análise integrada multi escala da abordagem do metabolismo social e ecossistêmico (MuSIASEM); Caracterização da sustentabilidade em termos de metabolismo econômico e biofísico, social e ecológico em diferentes escalas; Estudo de caso; Análise de Ciclo de Vida (ACV)
Sistemas de cultivos convencionais	Econômico, Ambiental e Social	Viguié <i>et al.</i> (2021) - França	Avaliação de especialistas; Análise Multicritério - DEXiPM®

Sistemas de produção	Econômico, Ambiental e Social	Arfini <i>et al.</i> (2019) - Itália	Revisão de literatura; Grupo focal
Vinícola	Econômico, Ambiental e Social	Luzzani <i>et al.</i> (2021) - Itália	Definição dos objetivos da estrutura e limites da aplicação; Identificação de pontos críticos e potencial de desenvolvimento de práticas sustentáveis; Identificação de Subtemas; Identificação das estratégias de gestão; Teste e Validação
	Econômico, Ambiental e Social	Sardone <i>et al.</i> (2023) - Itália	Análise de dados com base na amostra da Farm Accountancy Data Network (FADN); Cálculo do índice de Sustentabilidade com a abordagem Multicritério; Normalização e ponderação de indicadores para agregação; Análise de Sensibilidade
Café	Ambiental	Danse; Wolters (2003) - Costa Rica	Aplicação da ISO 14001
	Econômico, Ambiental e Social	Jiménez-Ortega <i>et al.</i> (2022) - México	Estrutura MESMIS: (1) caracterização conceitual, (2) classificação dos produtores, (3) avaliação de pontos críticos, indicadores e ponderações e (4) medição de sustentabilidade e análise de diferenças; Teste de Kruskal-Wallis
	Econômico, Ambiental, Social e Técnico	Santos; Ribeiro; Rodrigues (2023) - Brasil	Revisão de literatura; Entrevistas; Análise Descritiva
Agroindústria	Econômico e Ambiental	Pagotto; Halog (2016) - Austrália	Análise dos insumos e produtos necessários utilizando a análise de fluxo de materiais (MFA); Análise Envoltória de Dados (DEA)
	Econômico, Ambiental, Social e governança	Priyadarshini; Abhilash (2023) - Índia	Análise de Dissociação; Análise Envoltória de Dados (DEA)
Sistema agroalimentar	Econômico, Ambiental e Social	Hubeau <i>et al.</i> (2017) - Bélgica	Quadro multinível (AFSSA); Estudo de caso
	Econômico, Ambiental, Social e governança	Hubeau; Marchand; Van Huylenbroeck (2017) - Bélgica	Sistema experimental de sustentabilidade de estrutura analítica multinível e dimensional (SESA); Estudos de caso múltiplos
	Econômico, Ambiental e Social	Coteur <i>et al.</i> (2019) Bélgica	Entrevista; Grupo focal; Triangulação de dados
	Econômico, Ambiental e Social	Derunova; Kireeva; Pruschak (2020) - Rússia	Formulação de indicadores-chave
	Governança	Chen <i>et al.</i> (2021) - África	Revisão de literatura; Reuniões; Grupos focal
	Econômico, Ambiental, Social, Governança e Cultural	Fei <i>et al.</i> (2023) - China	Entrevista; Abordagem dos Sistemas Alimentares da Região da Cidade (CRFS)
Cadeia da carne suína	Econômico, Ambiental e Social	Castillo-Díaz <i>et al.</i> (2023) - União Europeia	Revisão de literatura; Avaliação do Ciclo de Vida (ACV); Modelo Pressão-Estado-Resposta (PSR).
	Ambiental e Social	Petit <i>et al.</i> (2017) - França	Análise do Ciclo de Vida (ACV) com o software Simapro 8.0.5; Software Methasim para dimensionar a planta de metanação e avaliar sua eficiência
Cadeia do azeite	Econômico, Ambiental e Social	Fagioli <i>et al.</i> (2017) - Europa	Multiple Criteria Decision Aiding (MCDA); ELECTRE III
Pecuária	Ambiental	Bele; Norderhaug; Sickel (2018) - Noruega e Suécia	Revisões de literatura; Bancos de dados e arquivos históricos

	Econômico, Ambiental e Social	Bahta e Myeki (2021) - África	Questionário; Entrevistas; Amostra Aleatória Simples; índices de resiliência agrícola à seca (ADRI); Análise de Componentes Principais (PCA); Modelagem de Equações Estruturais (SEM)
Queijo	Econômico, Ambiental e Social	Arfini <i>et al.</i> (2019) - Itália	Estudos de caso empíricos; analisados no projeto Strength2Food; Informação qualitativa e quantitativa
Pesca Artesanal	Institucional, Econômico, ecológico e Ético	Ainsworth <i>et al.</i> (2023) - Espanha	Workshop; Grupos de diálogos colaborativos; Análise de Rapfish

Fonte: Elaborado pela autora

4.2.1 Indicadores de Sustentabilidade em estudos aplicados às Cooperativas

O estudo de Hale *et al.* (2019), com foco em enraizar o desempenho dos indicadores de sustentabilidade social, baseia-se em dois projetos de pesquisas, sendo o primeiro, com enfoque nos aspectos socioculturais de uma organização cooperativa de alimentos e agricultura nos Estados Unidos. Para esse caso, foram feitas 59 entrevistas, 06 grupos focais e passaram mais de 200 horas como observadores participantes durante um período de 18 meses. O segundo projeto dos autores teve como foco desenvolver ferramentas que possibilitassem a transição para práticas sustentáveis na agricultura e na indústria. Os autores elaboraram uma revisão de literatura relevante, para antecipar determinantes reais de desigualdade e, assim, obter feedbacks sobre os indicadores.

Para avaliar o nível de conformidade dos dados repostados por cooperativas com as diretrizes da *Global Reporting Initiative (GRI)*, Anzilago *et al.* (2018) analisaram 66 sites oficiais de cooperativas agrícolas do Paraná. Por meio de Análise de Conteúdo com auxílio do software Atlas Ti., criaram uma matriz de indicadores. As associações entre as variáveis de qualidade foram investigadas com Análise de Correspondência Múltipla (MCA), que permite identificar relações existentes no mapa perceptivo, interpretar associações entre as variáveis e conclusões explicativas, com o auxílio do software SPSS. O qui-quadrado foi utilizado para determinar o grau de associação entre as variáveis.

No estudo de Aris *et al.* (2018), para elaborar um conjunto de indicadores de sustentabilidade pertinentes à longevidade das cooperativas, examinou-se documentos de orientação empresarial relacionados ao desenvolvimento sustentável e à sustentabilidade, principalmente de empresas públicas. O estudo reuniu itens e comparou a identidade e os princípios cooperativistas usando-se o software científico Atlas.Ti; os documentos foram analisados no contexto da Malásia. Por meio da Análise de Conteúdo os materiais selecionados foram decodificados em indicadores com base nos elementos da sustentabilidade. Os autores obtiveram como resultado, um conjunto de indicadores de sustentabilidade de cooperativas que podem servir de estratégias e medida de desempenho.

Para alcançar o objetivo de revisar o papel das cooperativas como mecanismo de coordenação no setor hortícola de Almeria (Espanha) e ilustrar o equilíbrio de diversas

lógicas para as justificativas e objetivos da cooperativa, considerando as metas socioeconômicas e eco-sociais, Giagnocavo *et al.* (2018), por meio de um estudo de caso, vincularam os dados a serem compilados com as questões teóricas. A análise identificou os componentes propostos de acordo com diversos estudos focados no sistema cooperativo e elaboraram indicadores adicionais.

Germain *et al.* (2015) se basearam no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) para descrever uma nova metodologia. Transformaram o IDH para adaptá-lo a finalidades locais e específicas, criando um conjunto de indicadores para avaliar a sustentabilidade da pesca e o desenvolvimento humano a nível comunitário para os habitantes vinculados à atividade. Aplicaram questionários e entrevistas, com análise de estatística descritiva, estudo de caso e Análise SWOT (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças).

Choobchian *et al.* (2015) investigaram diferentes critérios de gestão sustentável da pesca costeira em *Beach Seine Cooperatives* (BSC), na província de Guilan, no Irã. Para alcançar o objetivo proposto, os autores elaboraram indicadores para avaliar o desenvolvimento sustentável; tais indicadores tomaram como base os estudos desenvolvidos anteriormente por Pitcher; Preikshot (2001), Charles (2001), Adrianto *et al.* (2005) e Prasetiamartati *et al.* (2006).

No pilar econômico foram avaliados os indicadores: preço de mercado do peixe; contribuição da pesca; rendimento da pesca; volume de capturas; parte das capturas e pesca por pessoa. Na vertente social, analisaram os indicadores conhecimento ambiental; status de conflito dentro das cooperativas; entre as cooperativas; e de conflito com outros setores; participação dos pescadores na aplicação da lei da pesca; se os pescadores influenciam as leis e regulamentos da pesca; seguro total do pessoal dos pescadores; seguro total dos cooperados; seguro total de pescadores empregados; nível de educação; crescimento da comunidade pesqueira; e participação de parentes.

Para investigar a sustentabilidade ambiental da cooperativa de pesca utilizou os seguintes indicadores: número de frota de pesca; diversidade; pesca prematura; número de espécies migratórias; perda de área de pesca; descarte por captura; tamanho da rede de pesca; e biomassa. Para analisar a governança, investigaram os indicadores: política de ferramentas de pesca; consulta com o pescador para elaboração de políticas; política do local de pesca; regulamentos formais e informais de pesca, prestando atenção aos interesses das partes interessadas; e política do tempo de pesca.

Choobchian *et al.* (2015) aprimoraram os indicadores e criaram outros específicos para avaliar a Cooperativa, tais como: a) Gestão costeira; b) Reabastecimento das reservas; e c) Conservação de recursos. Cada um destes índices contém vários sub-índices, como alguns exemplos: papel das cooperativas na disposição de resíduos, atração turística fora de época. Adotaram uma pesquisa descritiva com a aplicação de questionário, análise fatorial e aplicabilidade verificada por teste de esfericidade de Bartlett, e medida de adequabilidade da amostra Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), com a técnica Análise de Multicritérios (MCA).

Marcis *et al.* (2018; 2019) tinham como objetivo elaborar um conjunto de indicadores para aplicar em cooperativas agrícolas, e por meio de uma revisão de literatura realizada anteriormente pelos autores, organizaram um conjunto de indicadores iniciais. Em seguida este conjunto de indicadores foi avaliado, refinado e confirmado por meio de abordagem empírica e, ainda, usou-se do conhecimento e experiência de especialistas para validação do conjunto de indicadores. No estudo de 2019, os autores aplicaram o conjunto de indicadores em cooperativas, por meio de estudos de caso, deste modo, reconhecendo a aplicabilidade do modelo de indicadores de sustentabilidade em cooperativas agropecuárias.

Dentre os artigos selecionados na pesquisa, o artigo das autoras Macagnan; Seibert (2021) se destaca pela junção das dimensões econômica, ambiental, social e cultural da sustentabilidade. Em função da participação essencial na economia brasileira, o artigo foi desenvolvido em cooperativas do Brasil, com o propósito de identificar indicadores de sustentabilidade como mitigadores de assimetria de informação entre cooperativas e seus principais stakeholders. Selecionaram os principais stakeholders, que estão entre os cooperados e colaboradores, e enviaram formulários de pesquisa, e após cinco etapas da pesquisa resultaram em 61 indicadores de sustentabilidade que foram mitigadores de assimetria de informação na sustentabilidade das organizações cooperativas. Em seus resultados, constataram que as políticas de divulgação focam em mitigar a assimetria informacional nos pilares culturais e sociais, sendo negligenciados os aspectos ambientais e econômicos.

A Figura 14 traz uma síntese dos estudos que relacionam o cooperativismo com o desenvolvimento da sociedade local.

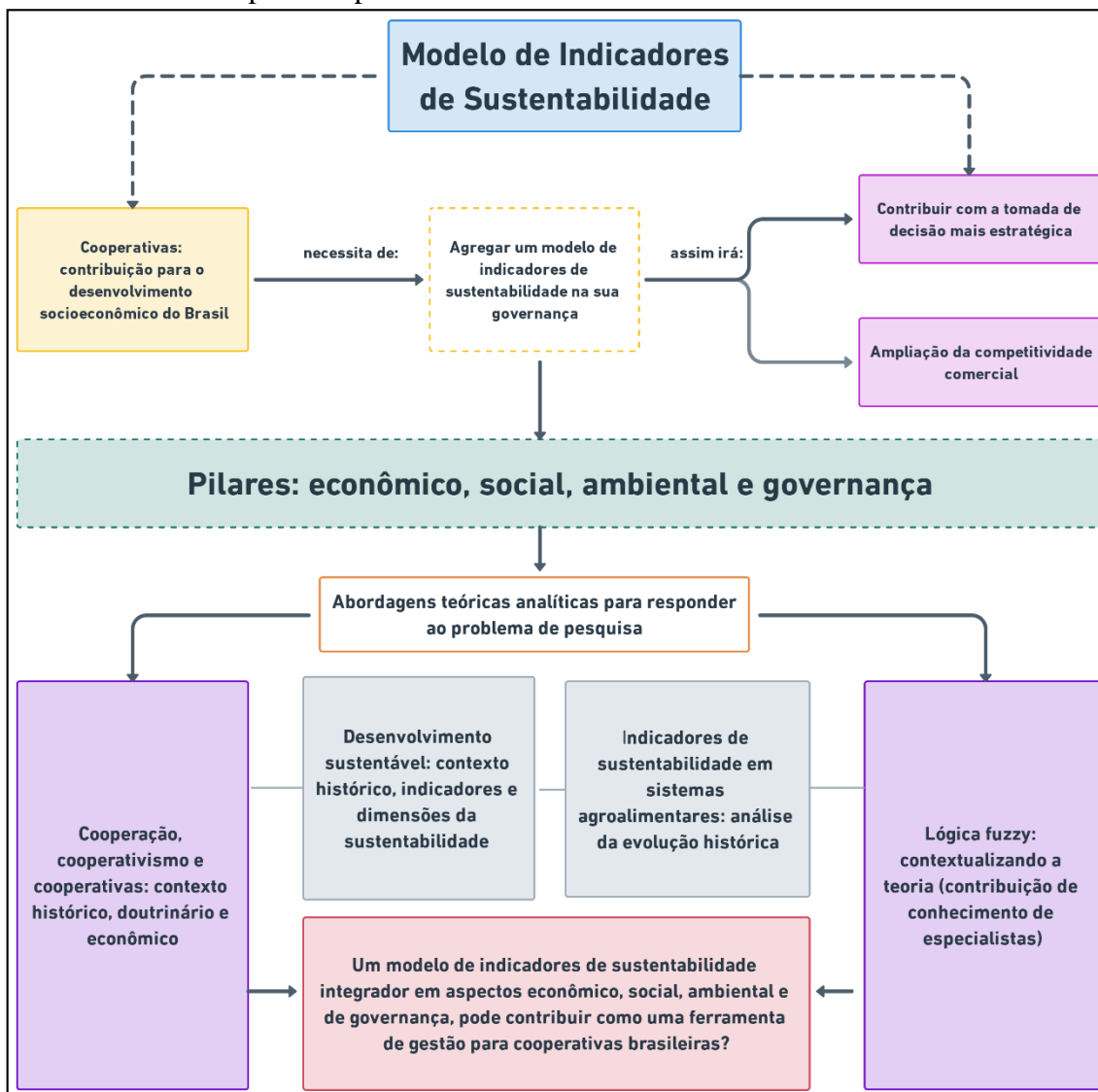
Figura 14 – Síntese de estudos: relação entre cooperativas e desenvolvimento



Fonte - Elaborada pela autora com base na revisão sistemática de literatura.

Após desenvolver as revisões de literatura sobre cooperação, cooperativas e cooperativismo em aspectos doutrinários e econômicos, bem como sobre a sustentabilidade num contexto histórico, as dimensões da sustentabilidade e indicadores, foi construída uma estrutura analítica para melhor representar hierarquicamente a pesquisa e refina a compreensão como um todo.

Figura 15 – Estrutura analítica proposta para construção de um modelo de indicadores de sustentabilidade para cooperativas brasileiras



Fonte - Elaborada pela autora com base na revisão de literatura.

5 REVISÃO DE LITERATURA – LÓGICA FUZZY

Zadeh (1975) enfatizou o uso da lógica *fuzzy*, primeiro por ser um conceito matemático simples; segundo por ser flexível, a lógica *fuzzy* tolera dados imprecisos e pode incorporar nas decisões a experiência dos tomadores de decisão que conhece e entende o problema (especialistas). A teoria da lógica *fuzzy* tem sido comprovada como útil quando é necessário decidir com base na experiência, intuição e avaliações subjetivas de parâmetros individuais de tomadores de decisão, e demonstra o desenvolvimento de áreas da matemática, como a lógica *fuzzy*, que permite resolver problemas complexos, em que as incertezas sejam representadas quantitativamente de maneira bastante adequada (Dubois, 1980; Zimmermann, 2010). Razões estas que, subsidiam a escolha da lógica *fuzzy* para este estudo. E este capítulo se dedica a compreender sobre a teoria de conjuntos *fuzzy* e lógica *fuzzy*, bem como o sistema de inferência *fuzzy* pelo método Mamdani.

5.1 FUNDAMENTOS DA TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY

Os seres humanos têm uma capacidade particular de lidar com situações de difícil compreensão, muitas vezes, baseando-se em informações imprecisas ou, até mesmo, aproximadas. A teoria de conjuntos *fuzzy* e os conceitos de lógica *fuzzy* podem ser adotados para traduzir em termos matemáticos as informações imprecisas expressas por um conjunto de regras linguísticas. Quando um operador humano é capaz de articular uma estratégia de ação como um conjunto de regras, de forma “se... então...”, um algoritmo passível de ser implementado em computador pode ser construído. O resultado será um sistema de inferência baseado em regras, na qual a teoria de conjuntos *fuzzy* e lógica *fuzzy* fornecem o ferramental matemático para lidar com as regras linguísticas (Tanscheit, 2004).

As aplicações de técnicas de inteligência artificial (IA) vêm ganhando notoriedade ao converter experiências humanas em uma forma compreensível por computadores. O controle avançado baseado em técnicas de IA é chamado controle inteligente. A lógica *fuzzy* é uma técnica para incorporar o pensamento humano em um sistema de controle (Simões, 2021).

Nota-se uma crescente utilização de sistemas *fuzzy* em diversos campos, como: classificação, previsão de séries, mineração de dados, planejamento e controle. O uso da lógica *fuzzy* e de outros sistemas classificados como inteligentes – redes neurais e

programação evolutiva, por exemplo –, proporcionam a construção de sistemas híbridos, deste modo, a capacidade de aprendizado permite ampliar o campo de aplicações (Tanscheit, 2004).

O termo *fuzzy*, uma palavra de origem inglesa, em tradução direta revela um sinônimo de algo impreciso, vago, difuso, obscuro ou nebuloso. Tais conceitos expressam insegurança e a dificuldade do ser humano em compreender determinados fatos. Tal imprecisão em compreender momentos do cotidiano de pessoas e organizações despertava a curiosidade de filósofos e cientistas, porém, só recebeu o devido reconhecimento a partir das ideias de *Lotfali Askar-Zadeh*.

A teoria dos conjuntos *fuzzy* foi formalizada pelas contribuições do professor Lotfali Askar-Zadeh, da Universidade da Califórnia (EUA), a partir da publicação do trabalho intitulado *Fuzzy Sets*, no *Journal Information and Control*, e em 1965 iniciaram-se as discussões acerca da teoria dos conjuntos *fuzzy*. A lógica *fuzzy* foi inicialmente construída a partir de conceitos já tradicionalmente utilizados e outros foram introduzidos no decorrer do tempo, devido a necessidades práticas.

A lógica *fuzzy* baseia-se na teoria dos conjuntos *fuzzy*, o qual difere dos sistemas lógicos tradicionais em suas particularidades e características. Na lógica *fuzzy* o valor verdade de uma proposição pode ser um subconjunto *fuzzy* de qualquer conjunto parcialmente ordenado, onde acontece o contrário nos sistemas lógicos binários, no qual o valor verdade assume dois valores: verdadeiro (1) ou falso (0). Nos sistemas lógicos multi-valores, o valor verdade de uma proposição pode ser um elemento de um conjunto finito, num intervalo, ou uma álgebra booleana. Na lógica *fuzzy*, os valores verdades são expressos linguisticamente, por exemplo (*verdade, muito verdade, não verdade, falso, muito falso, ...*), onde cada termo linguístico é interpretado como um subconjunto *fuzzy* do intervalo unitário (Gomide; Gudwin, 1994).

De acordo com Lee (1990), a modelagem e o controle *fuzzy* são técnicas para se manusear informações qualitativas de uma maneira mais rigorosa. Tais técnicas consideram o modo como a falta de exatidão e a incerteza são descritas, assim, exercem influência para manipular de maneira conveniente o conhecimento. A teoria de modelagem e controle *fuzzy* tratam do relacionamento entre entradas e saídas, agregando vários parâmetros de processo e de controle. Isso permite a consideração de processos complexos, de modo que os sistemas de controle resultantes proporcionem um resultado mais acurado, além de um desempenho estável e robusto.

Na teoria clássica dos conjuntos, o conceito de pertinência de um elemento a um conjunto fica bem definido. Dado um conjunto A em um universo X , os elementos deste universo simplesmente pertencem ou não pertencem àquele conjunto. Isto pode ser expresso pela função característica f_A :

$$f_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se e somente se } x \in A \\ 0 & \text{se e somente se } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

Zadeh, na tentativa de compatibilizar o raciocínio humano, define que os conjuntos *fuzzy* podem ser assemelhados a um “tipo de classe, que possui um grau contínuo de adesão” (Zadeh, 1965, p. 339). Então, propôs uma caracterização mais ampla, na medida em que sugere que alguns elementos são mais membros de um conjunto do que outros, generalizando a função característica de modo que ela pudesse assumir um número infinito de valores no intervalo $[0,1]$. Um conjunto *fuzzy* A em um universo X é definido por uma função de pertinência $(x) _ A: X \text{ @ } [0,1]$, e representado por um conjunto de pares ordenados.

$$A = \{ \mu_A(x)/x \mid x \in X \} \quad (2)$$

Onde $\mu_A(x)$ indica o quanto x é compatível com o conjunto A .

A constatação de Zadeh (1965, 1973, 1976) refere-se ao contrário da exatidão e da formalização matemática o autor descreve que os conjuntos *fuzzy* estão dispostos em um universo de discurso, e que pode ocorrer um grau de adesão contínuo. Os conjuntos *fuzzy* possuem fronteiras sem contornos definidos; a transição de pertencimento de um item do conjunto A para o conjunto B não é abrupta, mas sim, parcial, de maneira mais suave. De acordo com Simões Shaw (2007, p. 22), conjunto “[...] é completamente definido por seu vetor de pertinência”.

Zadeh introduziu a teoria dos conjuntos *fuzzy* para lidar com a imprecisão e incerteza inerentes aos julgamentos humanos nos processos de tomada de decisão por meio do uso de termos linguísticos e graus de pertinência. Um conjunto *fuzzy* é uma classe de objetivos com graus de pertinência. Uma função de pertinência normalizadas está entre zero e um (0 e 1) (Zadeh, 1965). Esses graus apresentam o grau de estabilidade com que

um elemento especial pertence a um conjunto *fuzzy*. Para melhor expressar os conjuntos *fuzzy* sob o ponto de vista matemático, considera-se um conjunto de objetos X . O conjunto pode ser explicado da seguinte maneira:

$$X = x_1, x_2, \dots, x_n \quad (3)$$

Onde x_1 é um elemento do conjunto X . Um valor de pertinência (μ) expressa o grau de pertinência relacionado a cada elemento x_i em um conjunto *fuzzy* A , em que mostra uma combinação, como segue:

$$A = \mu_1(x_1), \mu_2(x_2), \dots, \mu_n(x_n) \quad (4)$$

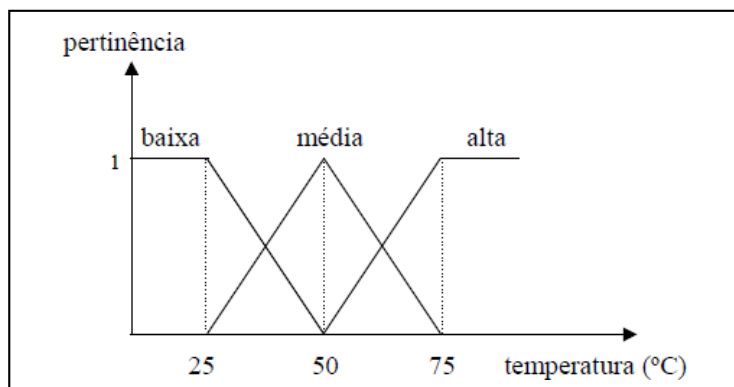
A lógica *fuzzy* fornece modelos matemáticos apropriados para acessar o estado dos sistemas utilizando os conhecimentos especialistas, que pode ser representado, dentre maneiras matemáticas, regras linguísticas, valores numéricos ou expressões linguísticas.

5.1.1 Variáveis linguísticas

A teoria dos conjuntos *fuzzy* integra ao seu escopo de análise as variáveis qualitativas à sua formalização, denominadas de variáveis linguísticas. Variáveis linguísticas não são números, podem ser palavras descritas em frases ou orações, conforme descreve Zadeh (1975, p. 201). Os valores de uma *variável linguística* podem ser sentenças em uma linguagem especificada, construídas a partir de *termos primários* (*alto, baixo, pequeno, médio, grande, zero*, por exemplo), de *conectivos lógicos* (negação *não*, conectivos *e* e *ou*), de *modificadores* (*muito, pouco, levemente, extremamente*) e de *delimitadores* (como parênteses). São ditas como rótulo que um conjunto possui ou recebe a nomeação ou identificação da variável linguística é de caráter arbitrário do indivíduo que a emprega (Simões; Shaw, 2007).

Os valores são descritos por intermédio de conjuntos *fuzzy*, representados por funções de pertinência, conforme mostrado na figura a seguir:

Figura 16 – Funções de pertinência para a variável *temperatura* (exemplo)



Fonte: Adaptada de Klir; Yuan (1995), Pedrycz; Gomide (1998) e Nicoletti; Camargo (2004).

5.1.2 Funções de pertinência

A função de pertinência de um conjunto *fuzzy* é uma característica fundamental para as ações práticas dos sistemas *fuzzy*, conforme relatam Simões; Shaw (2007). A função característica de um conjunto clássico define a pertinência (1 se pertence ou 0 se não pertence) de um elemento do conjunto universo a um determinado conjunto, da mesma forma, a função de pertinência de um conjunto *fuzzy* pode ser considerada como uma função característica generalizada. Essa função mapeia cada elemento do universo definido para um valor específico dentro de um intervalo, normalmente o intervalo $[0,1]$. Esse valor atribuído reflete o grau de pertinência (grau de compatibilidade) do elemento ao conjunto *fuzzy*. Simões; Shaw (2007) afirmam ainda que, é uma função gráfica ou tabulada, que confere valores de pertinência *fuzzy* para os valores não *fuzzy*, em seu universo de discurso.

5.1.3 Representação de funções de pertinência

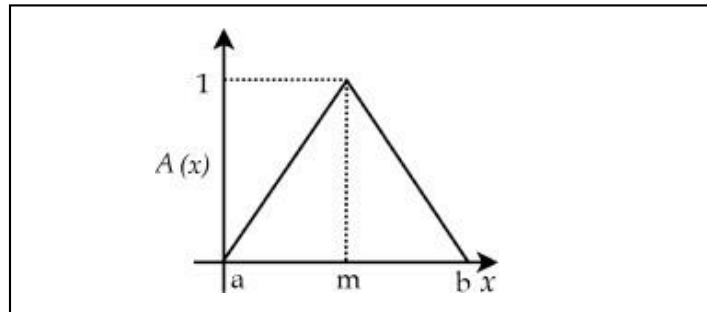
É comumente indicado na literatura que as funções mais populares são a função trapezoidal e função triangular, além da função gaussiana e sigmóide. As funções triangular e trapezoidal são amplamente utilizadas, pelo fato de não requererem cálculos complexos; deve-se enfatizar que os domínios *fuzzy* são definidos em uma linha real com relação à natureza das expressões linguísticas e estimativas dos tomadores de decisões (Paksoy *et al.*, 2012).

As famílias de funções parametrizáveis mais comumente utilizadas para representar conjuntos *fuzzy* são:

Funções Triangulares: definida pelos parâmetros a , m e b , sendo $a \leq m \leq b$, como descrito a seguir e representado na Figura 17:

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{se } x \in (a, m) \\ 1 & \text{se } x = m \\ \frac{b-x}{b-m} & \text{se } x \in (m, b) \\ 0 & \text{se } x \geq b \end{cases} \quad (5)$$

Figura 17 - Representação de uma função de pertinência triangular.

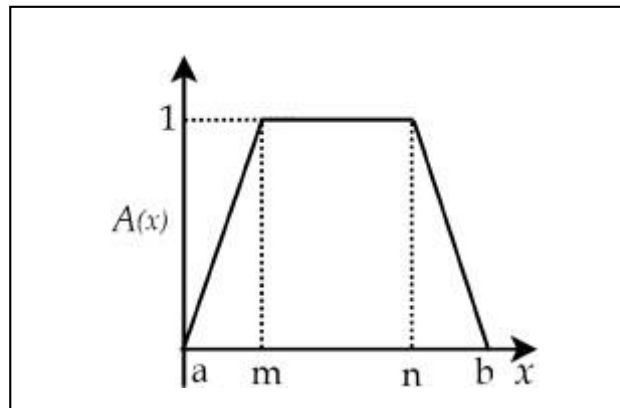


Fonte: Adaptada de Klir; Yuan (1995), Pedrycz; Gomide (1998) e Nicoletti; Camargo (2004).

Funções Trapezoidais: definida pelos parâmetros a , m , n e b , sendo $a \leq m \leq n \leq b$, como descrito a seguir e representado na Figura 18:

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{se } x \in (a, m) \\ 1 & \text{se } x \in (m, n) \\ \frac{b-x}{b-n} & \text{se } x \in (n, b) \\ 0 & \text{se } x \geq b \end{cases} \quad (6)$$

Figura 18 - Representação de uma função de pertinência trapezoidal.

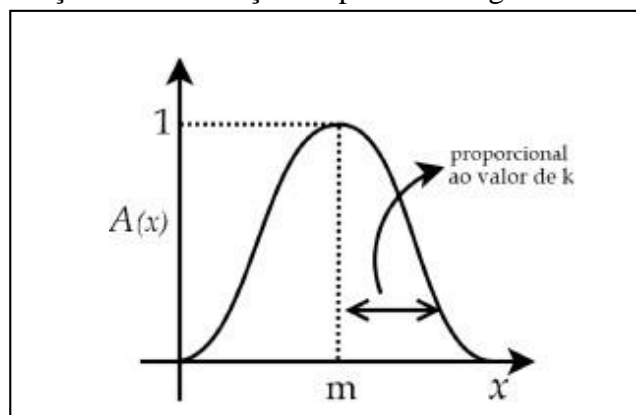


Fonte: Adaptada de Klir; Yuan (1995), Pedrycz; Gomide (1998) e Nicoletti; Camargo (2004).

Funções Gaussianas: definida pelos parâmetros m e k , sendo $k > 0$, como descrito a seguir e representado na Figura 19:

$$A(x) = e^{-k(x-m)^2} \quad (7)$$

Figura 19 - Representação de uma função de pertinência gaussiana.

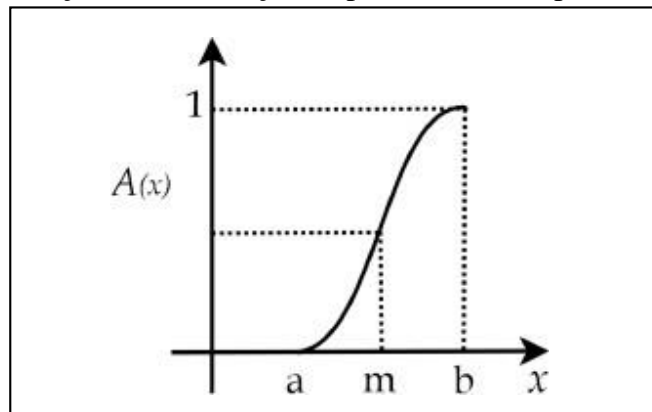


Fonte: Adaptada de Klir; Yuan (1995), Pedrycz; Gomide (1998) e Nicoletti; Camargo (2004).

Funções do tipo S: definida pelos parâmetros a , m e b , como descrito a seguir e representado na Figura 20. O ponto $m = \frac{(a+b)}{2}$ é conhecido como cruzamento da função S.

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq a \\ 2 \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2 & \text{se } x \in (a, m) \\ 1 - 2 \left(\frac{x-b}{b-a} \right)^2 & \text{se } x \in (m, b) \\ 1 & \text{se } x \in (b, n) \end{cases} \quad (8)$$

Figura 20 - Representação de uma função de pertinência do tipo S.



Fonte: Adaptada de Klir; Yuan (1995), Pedrycz; Gomide (1998) e Nicoletti; Camargo (2004).

A escolha pelos diferentes tipos de função de pertinência é uma prerrogativa do pesquisador, conforme salienta Reznik (1997). Contudo, Simões e Shaw (2007) afirmam que os formatos mais frequentes na literatura especializada são as funções triangulares e trapezoidais, devido à facilidade na construção.

Simões e Shaw (2007) dissertam algumas práticas importantes quanto à construção da função de pertinência, sejam elas:

- O número de conjuntos *fuzzy* adequado está entre 2 e 7 conjuntos, quanto maior os conjuntos, maior será a precisão, mas a demanda computacional também é mais significativa;
- O grau de superposição entre as funções de pertinência afeta a precisão, devem ser no mínimo 25% e um máximo de 75%, tendo 50% o ideal para a superposição de uma para outra.

A teoria dos conjuntos *fuzzy* de Zadeh contempla conjuntos com fronteiras bem definidas; tais conjuntos são nomeados por variáveis linguísticas, que realizam a relação *fuzzy* por meio das funções de pertinência. Além disso, para a construção de sistemas *fuzzy*, opera-se com as variáveis linguísticas e as funções de pertinência, e

também, com uma base de conhecimento denominadas regras *fuzzy* (Simões; Shaw, 2007).

5.2 A LÓGICA FUZZY

Um sistema *fuzzy* pode ser considerado como qualquer sistema que utiliza a teoria dos conjuntos *fuzzy* para expressar suas variáveis ou suas interações. As variáveis dentro de um sistema *fuzzy* são denominadas variáveis linguísticas, pois seus valores assumem a forma de sentenças em linguagem natural, como: temperatura, altura, velocidade, distância e, assim por diante. Essas variáveis são definidas por termos linguísticos, que são rótulos ou valores atribuídos a uma variável linguística associada a conjuntos *fuzzy*, como: frio, alto, rápido, distante e, assim por diante (Klir; Yuan, 1995; Pedrycz; Gomide, 1998; Nicoletti; Camargo, 2004).

A lógica *fuzzy* proporciona o desenvolvimento de algoritmos, que são capazes de imitar parte do raciocínio humano. Esses métodos são sintetizados criando-se um programa de computador baseado em regras criadas a partir dessa lógica; é o chamado sistema baseado em regras *fuzzy* (Amendola *et al.*, 2004; Arabacioglu, 2010; Gabriel Filho *et al.*, 2011).

As regras *fuzzy* foram definidas por Ortega (2001, p. 29) como uma “[...] unidade capaz de capturar algum conhecimento específico, e um conjunto de regras é capaz de descrever um sistema em suas várias possibilidades”. Cada regra *fuzzy* é constituída por um termo antecedente e um termo consequente.

Ortega (2001) descreve que o termo antecedente é uma condição inicial à premissa da função, e a parte consequente descreve a conclusão que a regra proporciona. A literatura especializada nomeia a premissa antecedente de “SE” e a razão consequente de “ENTÃO”.

SE <condição> ENTÃO <conclusão>

Ou:

SE <antecedente> ENTÃO <consequente>

Na parte da premissa antecedente das regras *fuzzy* define-se uma região no espaço das variáveis de entrada do sistema, ou seja, a região no espaço das variáveis de entrada do conjunto *fuzzy*. As premissas consequentes compreendem uma região no

espaço das variáveis de saída do conjunto *fuzzy*, ou conclusão da ação, ou relação *fuzzy*. O principal objetivo da base de conhecimento formada pelas regras *fuzzy* é realizar a combinação entre todas as variáveis linguísticas presentes no conjunto *fuzzy*, pois por meia dessa combinação será possível obter um resultado favorável dessa relação difusa (Ortega, 2001; Simões; Shaw, 2007).

A lógica *fuzzy*, introduzida por Zadeh, tem conquistado espaço em diversos ramos do conhecimento, incluindo sustentabilidade social (Rajak; Vinodh, 2015), sustentabilidade no sistema de transportes (Rajak *et al.*, 2016), modelos de tomada de decisão (Mahmoudi *et al.*, 2018), gerenciamento de projetos (Feylizadeh *et al.*, 2018), sistemas de gestão de manutenção (Zare *et al.*, 2018), engenharia (Liu *et al.*, 2019), construções (Tabei *et al.*, 2019), planejamento de produção (Zarte *et al.*, 2021), entre outros.

5.4 SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY (FIS)

O sistema de inferência *fuzzy* (FIS), também conhecido como “sistema baseado em regras *fuzzy*”, “sistema especialista *fuzzy*” ou “modelo *fuzzy*” é uma metodologia para implementação de lógica *fuzzy*.

De acordo com Ortega (2001), os sistemas baseados em conjuntos *fuzzy* podem ser retratados como a representação aproximada do raciocínio humano, considerando os conhecimentos heurísticos e conectando informações dispersas.

Existem dois modelos principais de sistemas *fuzzy* (base em regras) que recebem mais destaque na literatura devido ao seu sucesso em aplicações práticas. Em ambos, o antecedente das regras é formado por variáveis linguísticas; e seus respectivos termos linguísticos definidos na base de dados, residindo no consequente das regras, sua principal diferença, a saber:

- **Linguístico ou de Mamdani:** os consequentes das regras também são formados por termos linguísticos da base de dados. A saída é formada a partir da união dos conjuntos *fuzzy* inferidos de cada regra ativada na base de regras, gerando um conjunto *fuzzy* agregado, ao qual então é aplicado um processo para transformá-lo em um valor numérico de saída (Mamdani; Assilian, 1975; Mamdani, 1977);

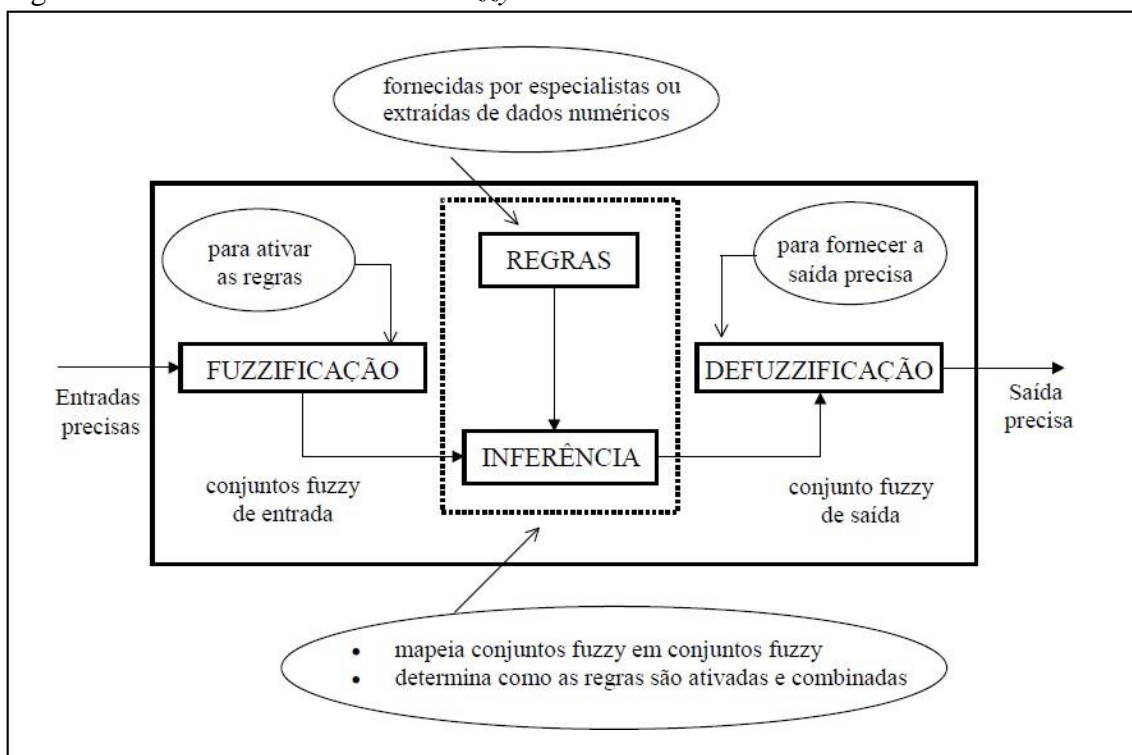
- **Funcional ou Takagi-Sugeno:** os consequentes das regras são uma função polinomial aplicada aos valores de entrada. A saída é formada a partir da média ponderada

do resultado da função de cada regra da base de regras. Os coeficientes de ponderação correspondem ao grau de ativação de cada regra. Esta abordagem aproxima um sistema não linear a partir de vários sistemas lineares (Takagi; Sugeno, 1985).

O modelo de inferência de interesse nesta proposta é o de Mamdani, visto ser mais intuitivo e adequado à intervenção humana, encaixando-se melhor ao contexto do problema sendo abordado.

Um Sistema de Inferência *Fuzzy* é mostrado na figura abaixo (Figura 21), onde estão identificadas as funções de cada bloco.

Figura 21 - Sistema de Inferência *Fuzzy*.



Fonte: Elaborada pela autora

Na lógica *fuzzy* a aplicação mais utilizada é o *Fuzzy Inference System* (FIS), uma ferramenta computacional que permite a representação de conhecimentos e dados imprecisos, ambíguos, imitando o processo seguido pelo pensamento humano (Jang *et al.*, 1997).

Um sistema de inferência ou um controlador de inferência *fuzzy* é composto por quatro blocos funcionais, como descrito a seguir, de acordo com: Ortega (2001); Simões; Shaw (2007); Amindoust *et al.* (2012).

- Interface de fuzzificação (fuzzificador): os conjuntos *fuzzy* de entradas são representados por funções de pertinência para transferir entradas nítidas para entradas *fuzzy*. Várias formas funcionais da função de pertinência estão disponíveis para representar diferentes situações de imprecisão; por exemplo, forma linear, forma côncava e forma exponencial. Dois tipos comumente usados de função de pertinência são as funções de pertinência linear triangular e linear trapezoidal;

- Base de conhecimento (regras): a parte principal do modelo FIS são as “regras”. Compreende as regras *fuzzy* inferidas aos conjuntos *fuzzy*; as regras são elaboradas na premissa “SE... ENTÃO...”. São definidas com base no conhecimento dos especialistas em cada área. Essa base de regra caracteriza os objetivos e estratégias de controle a serem utilizadas nos conjuntos em seu universo de discurso; as regras, de maneira geral, são controles linguísticos. Uma regra *fuzzy* pode ser escrita como “se x_1 é a_1 e x_2 é b_1 , então y é c_1 ” de modo que x_1 e x_2 são variáveis, y é uma variável de solução e a_1 , b_1 e c_1 são termos linguísticos *fuzzy*;

- Método de inferência (mecanismo de interface): realiza o raciocínio *fuzzy* para obter a saída *fuzzy*, pega integrações dos conjuntos *fuzzy* identificados considerando a regra *fuzzy* e aloca para integrar a área *fuzzy* relacionada individualmente;

- Interface de defuzzificação: etapa que transforma a saída *fuzzy* em um valor numérico. Entre as quatro partes do FIS, o processo de defuzzificação tem a maior complexidade computacional. As abordagens populares de defuzzificação incluem o método do centro da área (COA), o método da bissetriz da área (BOA), o método da média do máximo (MOM), o método do menor do máximo (SOM) e o método do maior do máximo (LOM).

6 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo é apresentada a metodologia abordada no estudo. Em um primeiro momento, expõem-se os aspectos metodológicos da pesquisa, em que é apresentada primeiramente acerca da articulação teórica e bibliográfica (apresentadas nos capítulos 2 até 5) que servirá de base para discussão dos resultados e considerações finais. Em seguida, é apresentada a configuração do conjunto de indicadores e subindicadores, o delineamento do modelo utilizando-se a lógica *fuzzy* e como serão analisados os resultados da pesquisa.

6.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS

O estudo possui natureza qualitativa e quantitativa, pois com base na investigação qualitativa caracterizar-se-á as cooperativas estudadas, e um estudo quantitativo, pois busca-se aprofundar sobre a aplicabilidade de indicadores de sustentabilidade. A pesquisa se classifica, quanto aos seus objetivos, como de caráter exploratória e descritiva.

Os métodos da pesquisa encontram-se em consonância com cada um dos objetivos norteadores deste estudo. E objetivando facilitar a visualização das articulações teóricas que deram sustentação à coleta, análise, discussão dos resultados e considerações finais, foi desenvolvida uma revisão teórica sobre cooperativismo e desenvolvimento sustentável (apresentada nos capítulos 2 e 3). A síntese dessa revisão é apresentada no Apêndice A.

6.2 EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE APLICADOS EM SISTEMAS AGROALIMENTARES EM NÍVEL MUNDIAL

A revisão de literatura é considerada o primeiro passo para se obter uma valiosa contribuição para o avanço da pesquisa, uma vez que pretende fornecer uma visão geral do tema de pesquisa e destacar as principais questões a serem discutidas, conforme relatam os autores Colicchia; Strozzi (2012). Neste caso, a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) foi selecionada como técnica de coleta de dados para observar a relevância do método na construção do conhecimento em relação aos objetivos propostos, bem como seus benefícios relativos às melhorias no rigor de pesquisa, validação dos resultados e viés minimizador (Tranfield *et al.*, 2003).

A revisão seguiu os três estágios macro propostos por Tranfield *et al.* (2003) e Tranfield *et al.* (2004), e o diagrama de fluxo de declaração PRISMA, conforme Moher *et al.* (2009). O procedimento completo da RSL está detalhado na Tabela 3, para ilustrar o protocolo da revisão.

Inicialmente, foram formuladas duas questões de revisão (QRs) para orientar a pesquisa.

RQ1: Quais indicadores são aplicados para avaliar a sustentabilidade em sistemas agroalimentares, inclusive em cooperativas?

RQ2: Como se configuram os modelos de indicadores de sustentabilidade em relação às metodologias adotadas?

Quadro 4 - Protocolo de pesquisa

Estágios macro	Passos da Revisão	Detalhes
Planejamento	Formulação da pergunta de pesquisa;	Definir a(s) pergunta(s) da revisão de acordo com o objetivo do estudo;
	Protocolo de revisão para identificação dos artigos	Desenvolvimento da sequência de pesquisa (Figura 4);
		Pesquisa em bancos de dados: <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i> ;
		Campos da pesquisa: títulos, resumos e palavras-chave;
		Período da pesquisa: indeterminado;
		Idiomas da pesquisa: inglês e português; Áreas de concentração: relacionadas à área de pesquisa;
Condução	Triagem e avaliação de artigos	Filtro 1: triagem de títulos, resumos e palavras-chaves;
		Filtro 2: Classificação por sistemas agroalimentares;
	Filtro 3: Classificação de artigos com estudos em cooperativas;	
Divulgação	Apresentação dos resultados	Leitura completa dos artigos;
		Responder às perguntas de pesquisa; Identificar as variáveis para construção do modelo proposto pela tese.

Fonte: Elaborado pela autora.

Para localizar os estudos foram escolhidos os bancos de dados *Scopus* (*Elsevier*) e *Web of Science* (*Clarivate Analytics*), por serem considerados fontes de dados importantes para pesquisas científicas e incluir títulos da *Emerald*, *Elsevier*, *Springer*, *Wiley*, *Taylor & Francis*, *JStor*, entre outros.

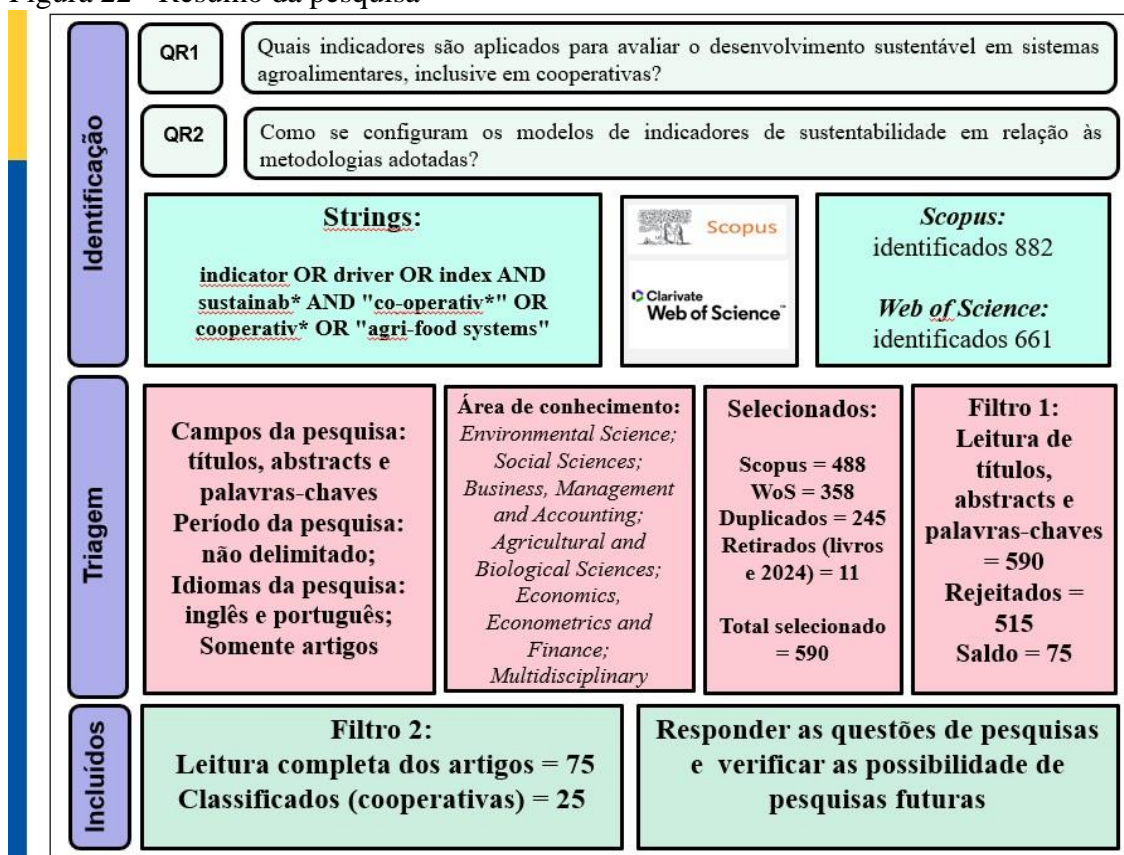
As *strings* de buscas foram desenvolvidas em relação às QRs. Nas bases de dados, a pesquisa considerou os títulos, resumos e palavras-chave, sendo selecionados apenas os artigos publicados em português ou inglês. As buscas ocorreram no mês de outubro/2023, sendo assim, os dados deste ano não servem de parâmetro, pois ainda

podem ocorrer algumas mudanças. Em termos de tempo, não foi delimitado um período de buscas, justamente para conseguir identificar o momento do primeiro registo sobre o tema e acompanhar sua evolução temporal. A pesquisa perpassa ao longo de 20 anos, sendo que o primeiro registro ocorre em 2003, com o artigo de Danse; Wolters (2003), concentra-se nas experiências do Projeto Café Sustentável (SUSCOF) na Costa Rica; que teve como objetivo criar sistemas de produção sustentáveis dentro da cadeia do café, ao mesmo tempo que eram flexíveis o suficiente para se ajustarem às novas exigências do mercado e, para isso, utilizou a abordagem ISO 14001 para sua avaliação ambiental.

Para refinar as buscas foram selecionadas as áreas de concentração relacionadas à pesquisa, considerando as regras do banco de dados. Foram selecionados os artigos das áreas: *Environmental Science; Social Science; Business, Management and Accounting; Agricultural and Biological Sciences; Economics, Econometrics and Finance; e Multidisciplinary*. As strings de busca foram: (*indicator OR driver OR index*) AND (*sustainab**) AND ("*co-operativ**" OR *cooperativ** OR "*agri-food systems*"). O símbolo (*) tem a função de incluir qualquer variação dos termos pesquisados, como o plural.

A Figura 22, ilustra o processo de execução dos filtros, como foi destacado no protocolo de pesquisa (Quadro 4).

Figura 22 - Resumo da pesquisa



Fonte - Elaborada pela autora a partir do diagrama de fluxo de declaração PRISMA.

Primeiramente, ao coletar na base de dados *Scopus*, 882 documentos e na base *Web of Science* 661 artigos, foi feita a triagem nos bancos de dados (conforme critérios identificados no Quadro 4 e Figura 4), que permitiu a permanência de análise de 488 artigos da *Scopus* e 358 da *Web of Science*. Em seguida, com o auxílio do software *Zotero*⁵, foram eliminados os artigos que se encontravam duplicados entre as bases, que somaram 245 artigos, e nesse processo também foram identificados 10 títulos de livros que, mesmo com a seleção de somente artigos, ainda assim, constaram na seleção e deste modo, eliminados do *corpus*. E um (1) artigo com data de publicação para 2024, que também foi eliminado para não constar como um *outlier*. Sendo assim, restaram 590 artigos para o primeiro processo de inclusão/exclusão, com a leitura refinada de títulos, abstracts e palavras-chaves.

⁵ Software gerenciador de referências de código aberto para gerenciar dados bibliográficos e materiais relacionados a pesquisa.

Com a finalização desse primeiro processo de triagem restaram então, 75 artigos que foram selecionados, pois abordavam indicadores de sustentabilidade em sistemas agroalimentares.

No segundo momento, mas ainda na fase de elegibilidade, com o total de 75 artigos, não ocorreu mais nenhuma exclusão de artigos, mas sim, uma classificação. Os artigos que tratavam de indicadores de sustentabilidade foram classificados como “pesquisas em sistemas agroalimentares”, e identificado seu sistema de pesquisa, seu país de origem, principais objetivos e a metodologia adotada na pesquisa. Em seguida, desses foram classificados os que tratam de “indicadores de sustentabilidade em cooperativas agrícolas” (n=25). Com essas classificações foi possível observar a evolução das pesquisas relacionadas a indicadores de sustentabilidade, em quais sistemas agroalimentares possui maior abrangência, quais vertentes são abordadas pelos pesquisadores (econômico, social, ambiental ou governança) e, em seguida, com a leitura completa dos artigos, responder às questões de revisão. Nessa fase da pesquisa foi utilizado o *Software R*, uma linguagem de programação que permite melhor compreensão dos dados, com o auxílio do pacote *Bibliometrix*.

6.3 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS ECONÔMICAS, AMBIENTAIS, SOCIAIS E DE GOVERNANÇA

A segunda etapa, que compreendeu ao primeiro objetivo específico, consistiu na identificação das variáveis econômicas, ambientais, sociais e de governança que subsidiaram a elaboração do modelo de indicadores de sustentabilidade.

A RSL resultou em 75 artigos que foram classificados devido a suas pesquisas em sistemas agroalimentares. Com a leitura desses artigos, foi possível identificar o país em que as pesquisas foram desenvolvidas e as metodologias adotadas (Quadro 6), bem como os artigos que tiveram como objeto de pesquisa as cooperativas, sendo possível identificar quais indicadores e subindicadores de sustentabilidade a literatura estaria adotando para aplicar em cooperativas, bem como as vertentes da sustentabilidade que os autores mais abordam nas pesquisas (Quadro 7).

Essa etapa também subsidiou o desenvolvimento do modelo proposto (enquanto indicadores e subindicadores), o qual passou pela validação teórica de quatro especialistas, na área de sustentabilidade, cooperativismo e lógica *fuzzy*. O modelo foi enviado por e-mail aos especialistas, sendo um especialista na área de cooperativas, um

especialista na área de sustentabilidade e dois especialistas na área de lógica *fuzzy*. Eles fizeram uma leitura da tese, principalmente no tocante à introdução que consta os objetivos, questões de pesquisa, justificativa da pesquisa, e o referencial teórico, que norteia a elaboração do modelo. Em seguida ocorreu uma reunião entre os especialistas e a pesquisadora, possibilitando-se melhorias ao modelo.

6.4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL BASEADO NA LÓGICA *FUZZY*

A terceira etapa consistiu no aperfeiçoamento do modelo de indicadores de sustentabilidade utilizando inteligência artificial, especificamente um sistema de inferência *fuzzy* baseado na lógica *fuzzy*.

A lógica *fuzzy* é uma forma de modelar o raciocínio lógico humano onde a verdade de uma afirmação não é um binário, como acontece na lógica clássica, de verdadeiro ou falso, mas é um grau de verdade que varia de 0, que é absolutamente falso, a 1, que é absolutamente verdadeiro. A lógica *fuzzy* permite projetar um sistema de inferência *fuzzy*, que é uma função que mapeia um conjunto de entradas em saídas usando regras interpretáveis por humanos, em vez de matemática abstrata. Esses tipos de funções são populares para aplicações de controle onde uma referência e medições são inseridas e, em seguida, usando um conjunto de regras baseadas em lógica *fuzzy*, algum sinal de atuação é produzido. Nesse sentido, a lógica *fuzzy* é maior que apenas uma técnica de controle, pois pode ser usada para qualquer processo de tomada de decisão, neste caso, a gestão de indicadores de sustentabilidade.

A avaliação da sustentabilidade necessita de dados de saída, uma vez que a sustentabilidade não pode ser determinada ou medida diretamente. Avaliar o grau de sustentabilidade de um sistema é um problema complexo e exige conhecimento especializado e avaliação de múltiplas variáveis de entrada, sendo assim, a lógica *fuzzy* é uma oportunidade de superar esta dificuldade.

Diante de tais premissas, a lógica *fuzzy* possui características que justificam a adoção para este estudo, sejam elas: tem capacidade de lidar com conceitos complexos e polimorfos, que não são passíveis de quantificação direta e possuem ambiguidades; fornece as ferramentas matemáticas para lidar com conceitos e raciocínios ambíguos; e

oferece respostas concretas a problemas com subjetividades. Neste caso, a sustentabilidade, que possui algumas características subjetivas, ou seja, o que parece insustentável para um especialista ambiental, pode ser sustentável para um especialista economista, por exemplo.

Existe outro aspecto importante da lógica *fuzzy*, como a utilização de variáveis linguísticas, em que realiza a computação com palavras. No caso de adotar uma modelagem matemática tradicional para avaliar a sustentabilidade, com fórmulas algébricas, por exemplo, alguns fatores poderiam ser deixados de lado. Há aspectos da sustentabilidade, como opiniões e valores, que são importantes, porém, não podem ser quantificados, sendo assim, de acordo com Zadeh (1973) e Zimmermann (1991), a lógica *fuzzy* funciona com sucesso na área do pensamento humano.

Desta forma, foi desenvolvida uma estrutura metodológica para a construção de um sistema baseado em regras *fuzzy* (SBRF) que indica o nível de incerteza da sustentabilidade em cooperativas agrícolas.

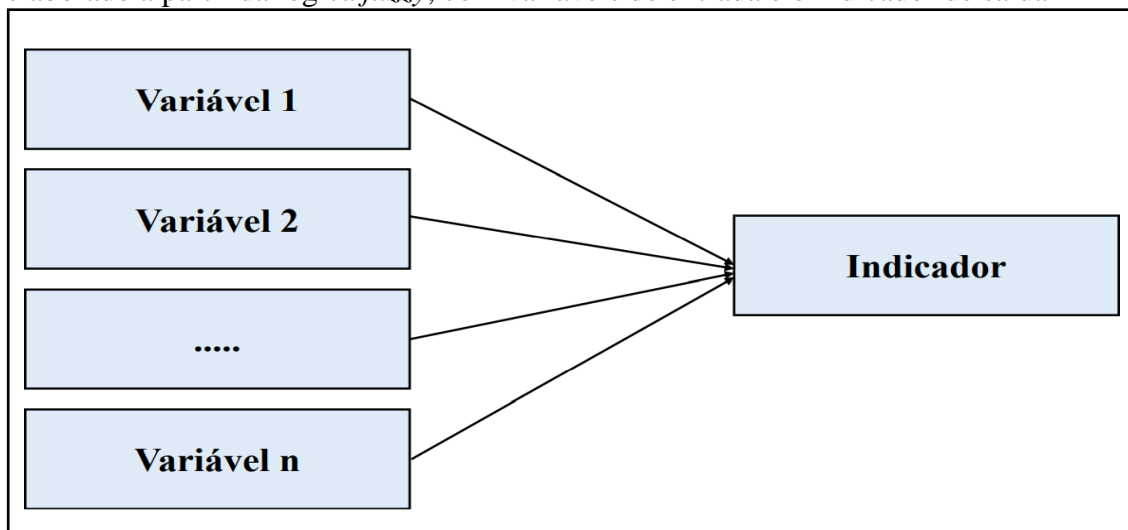
O modelo, primeiramente foi desenvolvido teoricamente numa planilha de Excel, construído com os resultados da RSL, e foram separados por indicadores: econômico, governança, social e ambiental. Cada indicador possui subindicadores, desenvolvidos conforme as particularidades do sistema cooperativo e, cada subindicador possui fatores de análise, também elaborados de acordo com a revisão de literatura e necessidades particulares das cooperativas. As respostas foram escritas em escala Likert, de acordo com o contexto de cada indicador, desde “não se aplica ou realiza” até “se aplica ou realiza totalmente”. E, como explicado anteriormente, o modelo teórico passou por uma avaliação de especialistas. O modelo é apresentado completamente no capítulo 8.

Foram criados quatro modelos de indicadores (Capítulo 6), a saber:

- Submodelo 1: Indicador econômico;
- Submodelo 2: Indicador de governança;
- Submodelo 3: Indicador social;
- Submodelo 4: Indicador ambiental.

A Figura 23 apresenta o formato do modelo de indicadores de sustentabilidade, em relação as variáveis e o indicador.

Figura 23 – Exemplo do formato do modelo de indicadores de sustentabilidade elaborado a partir da lógica *fuzzy*, com variáveis de entrada e o indicador de saída

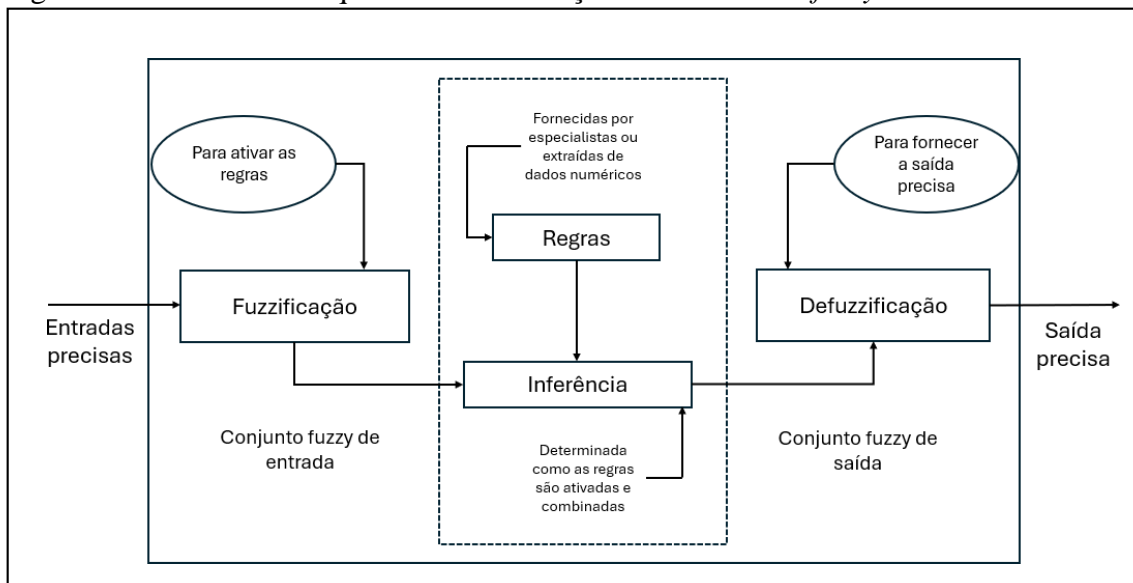


Fonte - Elaborada pela autora.

A partir de informações relativas às combinações entre as variáveis pré-estabelecidas retiradas da literatura e de validação teórica com os especialistas e gestores da área de sustentabilidade, cooperativas e lógica *fuzzy*, foram confirmados tais submodelos. Desta forma, tal como ilustra a Figura 23, os modelos têm variáveis de entrada e o indicador de saída.

Para a criação de cada um dos submodelos foram elaborados os SBRF, que contêm quatro componentes: um processador de entrada que realiza a fuzzificação dos dados de entrada; um conjunto de regras *fuzzy* chamada de base de regras; um método de inferência *fuzzy*; e um processador de saída que fornece um vetor de saída (defuzzificador), que gera um número real como saída (Cremasco, 1998). Esta sequência da lógica *fuzzy* é detalhada na Figura 24, supondo que, as entradas $x \in \mathbb{R}^n$ e as saídas $y \in \mathbb{R}^m$ ($y = f(x)$, $x \in \mathbb{R}^n$ e $y \in \mathbb{R}^m$).

Figura 24 - Resumo da sequência da construção de um sistema *fuzzy*



Fonte: Elaborada pela autora

Contudo, antes de seguir com o detalhamento da construção do modelo, é necessário retomar alguns conceitos importantes, sejam eles:

- Fuzzificação: é o processo inicial na lógica *fuzzy* onde os valores preciso (crisp) de entrada são traduzidas em conjuntos *fuzzy*. A atuação dos especialistas na área é fundamental para colaborar na construção das funções de pertinência para a descrição das entradas. Isso é feito por meio das funções de pertinência, que determinam o grau de pertencimento de cada valor a um conjunto *fuzzy* específico. Para este estudo foram consideradas as funções de pertinência do tipo triangular e a base de regras as variáveis linguísticas B = baixo, M = médio e A = alto.

- Inferência *fuzzy*: é o processo intermediário na lógica *fuzzy*, onde as regras *fuzzy*, que são baseadas em linguagens naturais são aplicadas para derivar conclusões *fuzzy* a partir de dados de entrada fuzzzificados. Utilizando a base de regras do tipo “Se [condição] Então [ação]”, o sistema combina múltiplas regras para avaliar o grau em que cada regra é ativada pelas entradas atuais. Para este estudo foi utilizado o método de Mamdani, que utiliza operações de mínimo e máximo para calcular as saídas *fuzzy* (Amendola *et al.*, 2011). O resultado desse processo é um conjunto de conjuntos *fuzzy* que representa as possíveis saídas, que são então processadas durante a defuzzificação para produzir uma decisão final nítida. O método Mamdani agrega as regras por meio do operador logico OU, que é modelado pelo operador máximo e, em cada regra, e o operador logico E é modelado pelo operador mínimo, conforme a seguir:

Regra 1: Se (x é A_1 e y é B_1) então (z é C_1);

Regra 2: Se (x é A_2 e y é B_2) então (z é C_2).

A saída $z \in \mathbb{R}$ é obtida pela defuzzificação do conjunto *fuzzy* de saída $C = C'_1 \cup C'_2$

- Defuzzificação: é o processo final na lógica *fuzzy*, onde os valores *fuzzy* resultantes da inferência são convertidos de volta em um valor preciso (crisp) para aplicação prática. Este passo é importante porque a saída do sistema *fuzzy*, geralmente um conjunto de valores com graus de pertinência, precisa ser interpretada de forma concreta. O método mais comum de defuzzificação, e adotado neste estudo, é o Centro de Gravidade (Centroide). Este método de defuzzificação é semelhante à média ponderada para distribuição de dados, com a diferença de que os pesos são os valores $C(Z_i)$ que indicam o grau de compatibilidade do valor Z_i , com o conceito modelado pelo conjunto *fuzzy* C .

Para um domínio discreto tem-se

$$G(C) = \frac{\sum_{i=0}^n u_i C(Z_i)}{\sum_{i=0}^n C(Z_i)}$$

A Tabela 2 contém os pesos estipulados pela pesquisadora, após validação pelos especialistas, para elaboração do modelo inteligente, utilizando o Excel para a construção.

Tabela 2 – Pesos atribuídos aos indicadores do modelo inteligente

Indicador	Subindicador	Pesos
Econômico	Solvência	5
	Rentabilidade	4
	Estrutura de capital	4
	Dinâmica de capital de giro	4
	Geração de caixa	5
Governança	Visão organizacional	4
	Gestão empresarial	4
	Visão estratégica	5
Social	Relações de trabalho, remunerações e benefícios	5
	Treinamento e desenvolvimento	4
	Saúde, segurança e qualidade de vida	4
Ambiental	Impactos e relacionamentos com a comunidade	3
	Ecossistema e biodiversidade	5
	Política ambiental e legislação	5

Fonte: Elaborada pela autora

A seguir, é descrito com maiores detalhes, tomando como exemplo, o modelo do indicador Social. Os demais modelos (econômico, governança e ambiental) seguiram a mesma estratégia de construção. Tal indicador, para o sistema cooperativas, é dividido em 4 subindicadores, cada um com uma quantidade de questões que terá a si atribuídas notas na escala Likert (não se aplica; aplica com baixa intensidade; aplica com média intensidade; aplica com alta intensidade; aplica totalmente). Tais subindicadores são:

- Relações de trabalho, remunerações e benefícios (2 fatores de análise);
- Treinamento e desenvolvimento (3 fatores de análise);
- Saúde, segurança e qualidade de vida (2 fatores de análise);
- Impactos e relacionamentos com a comunidade (4 fatores de análise).

Após os questionários respondidos, a cada subindicador foi associado o valor médio dos valores Likert associados às respectivas questões. Tal valor médio é denotado por $x_i \in [1,5]$, $i = 1,2,3,4,5$, que foi utilizado posteriormente num sistema inteligente *fuzzy* que retornou uma saída $y \in [1,5]$, que representou justamente a nota final do indicador Social. Vale ressaltar que essa nota será um valor real entre 1 a 5 (permitindo valores fracionários e não somente inteiros como estipula a escala Likert).

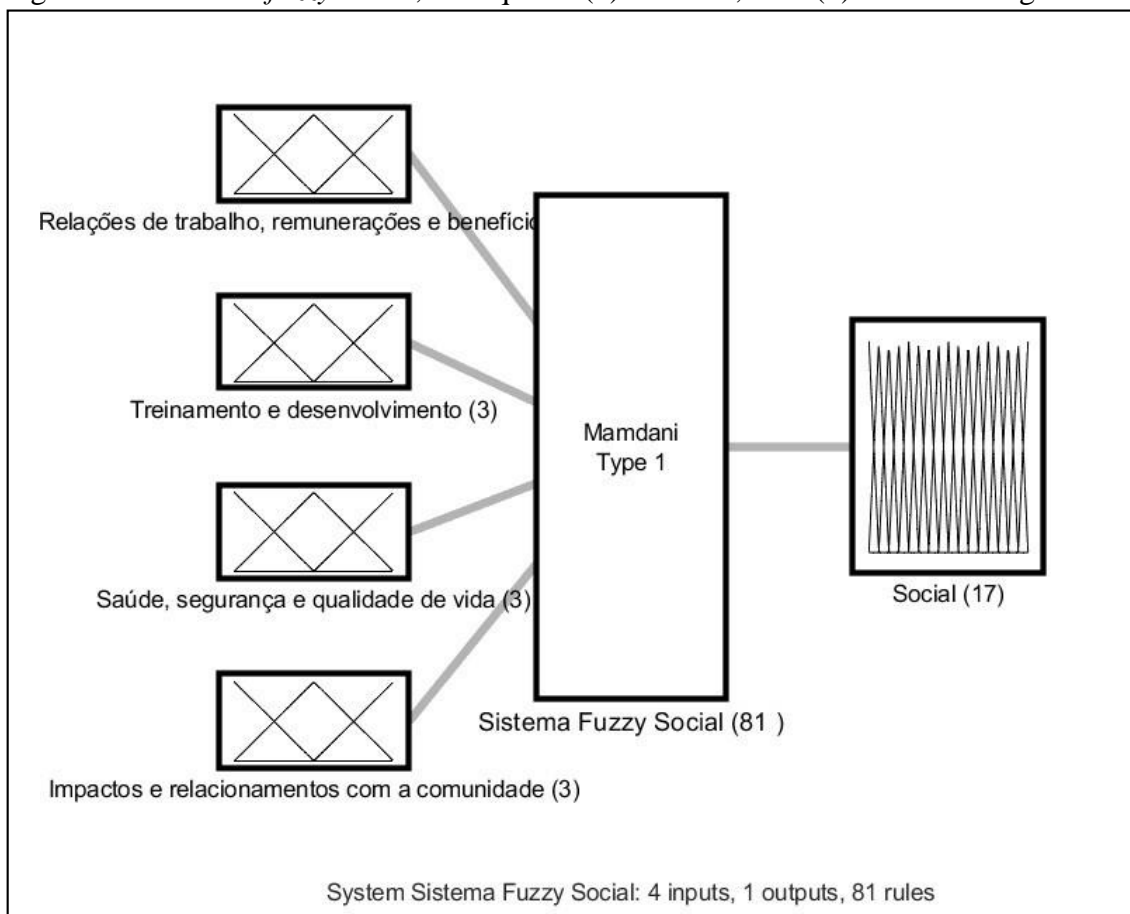
O sistema *fuzzy* foi formado por quatro entradas representando os subindicadores mencionados na Figura 25. Cada variável de entrada obteve três conjuntos *fuzzy* denominados 1 = Baixo, 3 = Médio e 5 = Alto (B, M e A). O sistema inteligente faz uma regra combinando esses quatro subindicadores, de acordo com os pesos estipulados pelos especialistas, além disso, faz uma combinação entre os conjuntos B, M e A. Esse sistema inteligente conseguiu fazer ponderações de todas as possíveis notas. Desta forma, foi gerada uma base de regras com $3^4 = 81$ regras. Ressalta-se que tal estratégia de haver 3 conjuntos *fuzzy* para cada variável foi importante para não haver um número muito elevado de regras, uma vez que se fossem criados 5 conjuntos *fuzzy* para cada variável, teríamos $5^4 = 625$ regras.

As regras para cada indicador são descritas na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3 – Compreensão da base de regras

Indicador	Base de regras	Quantidade de regras
Econômico	3^5	243 regras
Governança	3^3	27 regras
Social	3^4	81 regras
Ambiental	3^2	9 regras

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 25 – Sistema *fuzzy* social, com quatro (4) entradas, uma (1) saída e 81 regras

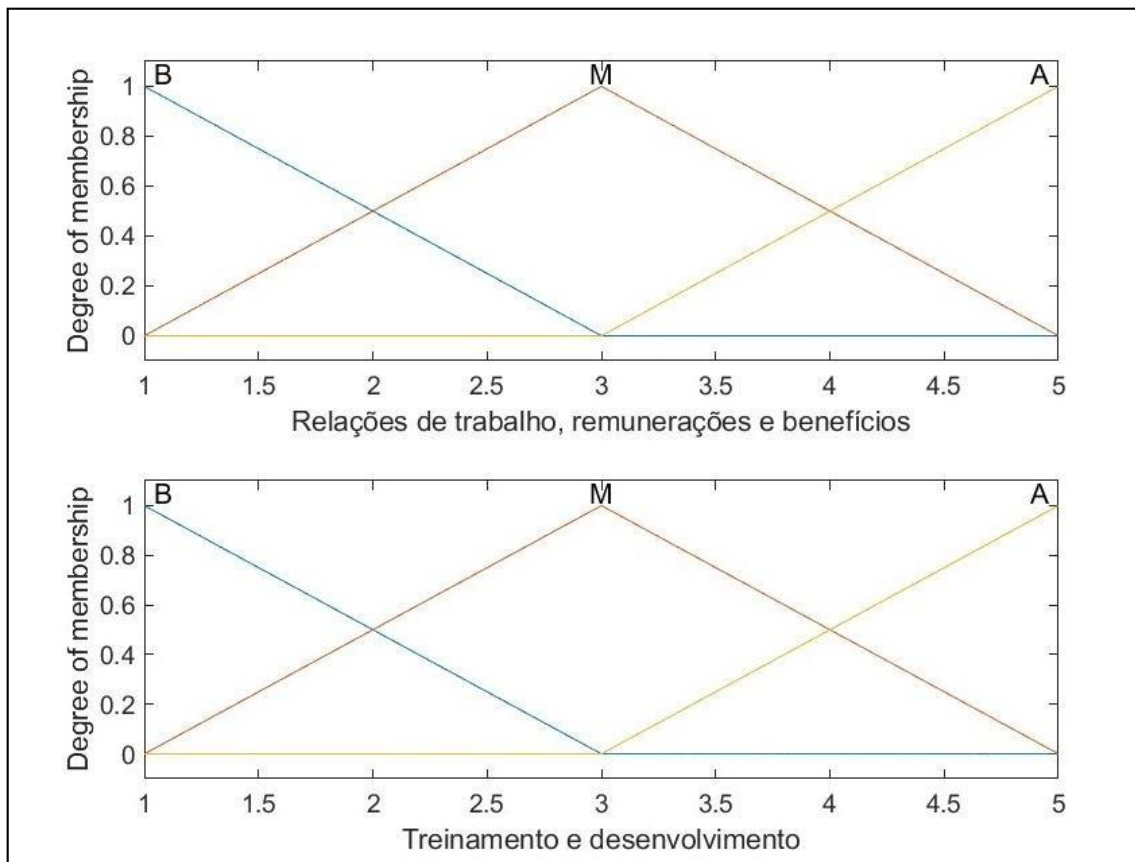
Fonte - Elaborada pela autora

Sistema classificativo, feito com o entendimento dos especialistas em lógica *fuzzy*.

Tais conjuntos *fuzzy* de entrada são definidos todos como números *fuzzy* triangulares da seguinte maneira (Figura 26):

- C1: [-1 1 3];
- C2: [1 3 5];
- C3: [3 5 7].

Figura 26 - Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* das variáveis de entrada



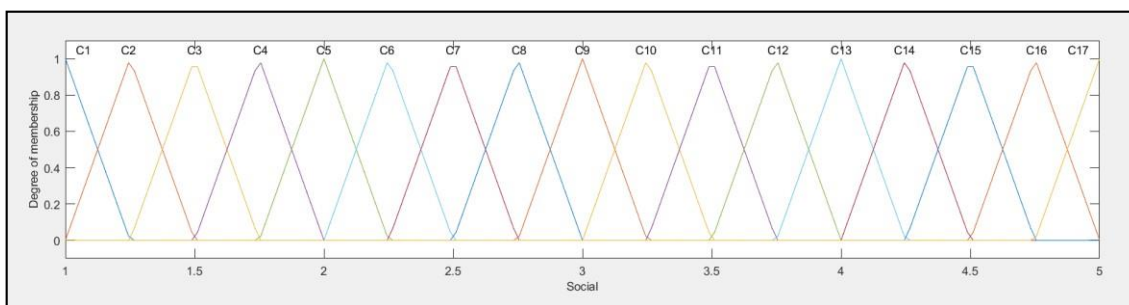
Fonte - Elaborada pela autora

A variável de saída teve dezessete (17) conjuntos *fuzzy* de saída, todos também definidos por números *fuzzy* da seguinte maneira (Figura 27):

- C1: [0.75 1 1.25]
- C2: [1 1.25 1.5]
- C3: [1.25 1.5 1.75]
- C4: [1.5 1.75 2]
- C5: [1.75 2 2.25]
- C6: [2 2.25 2.5]
- C7: [2.25 2.5 2.75]
- C8: [2.5 2.75 3]
- C9: [2.75 3 3.25]
- C10: [3 3.25 3.5]
- C11: [3.25 3.5 3.75]
- C12: [3.5 3.75 4]
- C13: [3.75 4 4.25]

C14: [4 4.25 4.5]
 C15: [4.25 4.5 4.75]
 C16: [4.5 4.75 5]
 C17: [4.75 5 5.25]

Figura 27 - Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* das variáveis de saída



Fonte - Elaborada pela autora

A base de regras foi construída em duas etapas. Na primeira é atribuído um peso a cada variável de entrada e à saída de cada regra tem a si associada a média ponderada. Na segunda etapa, todas as 81 regras foram analisadas pelos especialistas em lógica *fuzzy* buscando adequar o valor médio ponderado atribuído. Isso é necessário, pois, por exemplo, pode haver situações em que uma nota baixa a uma variável de entrada pode acarretar, de acordo com o especialista, uma nota baixa a toda a regra, independente da média ponderada associada.

O estudo foi desenvolvido com uso de Excel e com o auxílio da ferramenta *Fuzzy Logic Toolbox* e *FuzzyLogicDesigner* do software MATLAB® 2024a, Copyright 1984-2012 *The MathWorks Inc.*, sendo possível criar os modelos baseados em regras *fuzzy* computacionalmente, sendo também determinadas superfícies e mapas de contorno de representação do sistema.

O software Matlab® é uma ferramenta amplamente utilizada para modelagem e simulação de sistemas *fuzzy*, e adota cores que desempenham um papel decisivo na visualização e interpretação dos resultados desses sistemas. E, para compreender as cores de saída no Matlab® *fuzzy*, é importante destacar que o software utiliza uma escala de cores pré-definida para representar diferentes valores de pertinência nos conjuntos *fuzzy*.

Para melhor entendimento dos resultados e preservando a identidade das cooperativas, ambas serão tratadas da seguinte maneira: as cooperativas da cultura de leite

estão representadas graficamente como: CL1, CL2, CL3, CL4 e CL5; e as cooperativas da cultura do amendoim estão representadas graficamente como: CA1 e CA2.

Ressalta-se também que esta pesquisa passou pelo comitê de ética conforme normativas da Plataforma Brasil: CAAE – 65819922.2.0000.5663; número do parecer – 5.833.423; Comitê de ética – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação – UNESP/FAAC; Aprovado em 21/12/2022.

6.5 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Estudos de múltiplos casos foi a estratégia adotada na pesquisa, para assim fomentar a articulação entre teoria e prática da sustentabilidade. As variáveis coletadas na literatura foram refinadas com a construção do modelo e testada por meio de múltiplos estudos de caso, de acordo com o aceite das cooperativas em participar da pesquisa. Estudos de caso são necessários, pois o contexto desempenha um papel importante na definição dos resultados de desempenho (Yin, 2017), e os indicadores devem ser estudados em profundidade por sua viabilidade, usabilidade e utilidade.

A princípio, foi realizado um estudo de caso piloto, em maio de 2023, numa cooperativa de amendoim da região de Tupã/SP, onde os indicadores e subindicadores foram reavaliados e refinados, aprimorando-se o modelo. Em seguida, o modelo foi testado em outras cooperativas, permitindo comparar a aplicabilidade do modelo de sustentabilidade nas operações cooperativas.

Diante do exposto, para melhor compreensão e alinhamento dos objetivos específicos com os métodos e técnicas de coletas de dados, apresenta-se o Quadro 5.

Quadro 5 – Alinhamento entre os objetivos da pesquisa, métodos e técnicas de coleta, e análise dos dados

	Objetivos específicos	Métodos e técnicas de coleta de dados	Análise de dados
1º	Identificar as variáveis econômicas, ambientais, sociais e de governança que irão subsidiar a elaboração do modelo.	Análise de indicadores e subindicadores encontrados na literatura (Revisão Sistemática da Literatura – RSL); proposta de modelo de indicadores e subindicadores, entrevista e discussão com especialistas e gestores da área de cooperativismo e sustentabilidade para validação (construtiva).	Tabulação de indicadores e subindicadores; elaboração de categorias separadas entre: econômico, ambiental, social e governança.
2º	Construir um modelo baseado em inteligência artificial	Modelagem de inteligência artificial utilizando lógica <i>fuzzy</i> e métodos estatísticos, com as variáveis encontradas a partir de indicadores e subindicadores,	Estudo de Mapas de Contorno buscando verificar as influências das variações

	de indicadores de sustentabilidade.	para cada fator específico; discussão com especialistas e gestores da área de cooperativismo e sustentabilidade para validação (construtiva).	de cada variável de entrada nos indicadores.
3º	Validar teórico-empírica (com especialistas e aplicação piloto) e aplicar o modelo de indicadores de sustentabilidade em cooperativas.	Validar o modelo por meio do teste piloto; aplicar o modelo em cooperativas (estudo de caso múltiplo).	Verificar a aplicabilidade do modelo em cooperativas e relacioná-lo com os aspectos teóricos.

Fonte - Elaborado pela autora.

Os resultados foram analisados de forma qualitativa, pois se caracterizou as cooperativas quanto a aspectos da sustentabilidade, e confrontaram-se os resultados com a literatura existente e com os resultados da revisão sistemática de literatura, e inclusive, no momento de organizar, tabular, descrever e sistematizar os dados obtidos.

Os resultados também foram analisados de forma quantitativa, com a utilização da lógica *fuzzy* e na construção e aplicação do modelo de indicadores de sustentabilidade aplicável às cooperativas agropecuárias. Neste sentido, o comportamento e influência de cada variável no seu indicador associado foram estudados, buscando assim, com auxílio das superfícies tridimensionais e mapas de contorno, verificar as possíveis ações para a melhoria dos indicadores nas cooperativas.

6.5.1 Caracterização das culturas

Para aplicação do modelo foram determinados dois tipos de cultura: de leite e amendoim.

O estado de São Paulo é o maior produtor nacional de amendoim, e produziu 788 mil toneladas da leguminosa na safra 2022/2023, de acordo com os dados do Levantamento da Safra de Grãos 2022/23, publicado pela Companhia Nacional do Abastecimento (Conab). A área cultivada para essa safra (somando o cultivo de primeiro e segundo ciclos) foi de 193 mil hectares – um aumento de 9% em relação ao ciclo anterior –, com produtividade média estimada em 4,07 kg/ha.

Grande parte das áreas estaduais de amendoim são cultivadas diretamente por empresas paulistas, que beneficiam e exportam o grão. Produtores independentes de outros estados onde não há pontos de recebimento do produto, como Mato Grosso do Sul,

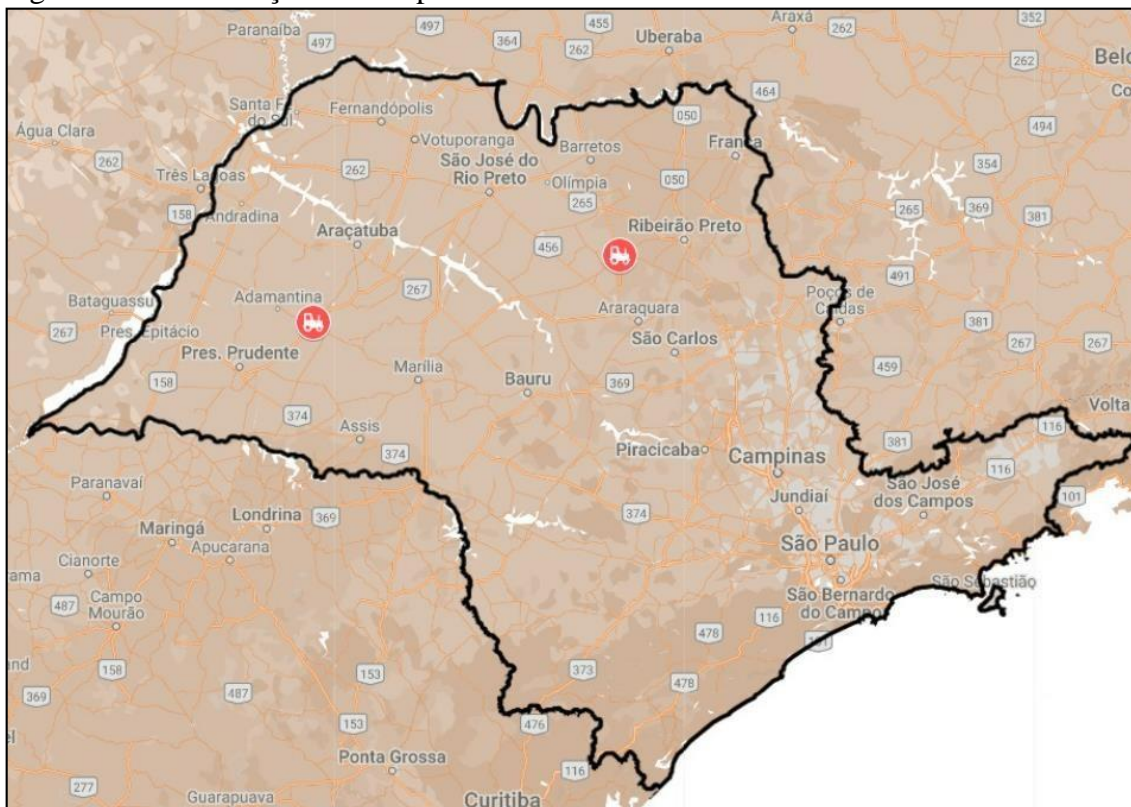
também realizam contratos de comercialização com as companhias de São Paulo. Dessa forma, toda a produção já tem destino previamente certo, com boa parte com preço negociado em contratos que garantem os custos de produção, de acordo com a Conab (2022).

O amendoim é exportado para diversos destinos como Rússia, Argélia, Holanda, países responsáveis por absorver 60% de toda a exportação nacional de amendoim. O amendoim descascado brasileiro foi exportado para outros 87 países em 2023; a África do Sul, praticamente duplicou as importações, assim como Polônia, Reino Unido, Colômbia, Espanha e Austrália, países que se consolidam como importantes destinos para o amendoim brasileiro. Em 2023, o município de Tupã respondeu por 27,38% do volume exportado de amendoim; Tupã, Borborema e Parapuã, juntos representam 52,8% das exportações de amendoim em grãos, segundo informações do Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo (IEA, 2024).

Em 2019, o Governo do Estado de São contemplou a região de Tupã com o reconhecimento de Arranjo Produtivo Local (APL) “Amendoim Agrícola”. A Secretaria de Desenvolvimento Econômico, por meio do Decreto nº 54.654/2009 implantou o programa de Fomento de Arranjos Produtivos Locais Paulista, com o objetivo de desenvolvimento regional e a redução das desigualdades regionais do estado, por meio da descentralização do desenvolvimento produtivo, das cadeias paulistas e do aumento do empreendedorismo e da competitividade das micro, pequenas e médias empresas, baseados em interação e cooperação. A aglomeração seria, de acordo com Porter (1990;1998), uma vantagem competitiva frente à crescente concorrência. Este fenômeno (denominado cluster em inglês, e Arranjo Produtivo Local – APLs no Brasil) pode ser definido como aglomerações territoriais de agentes econômicos, políticos e sociais, com foco em um conjunto específico de atividades econômicas (Cassiolato; Lastres, 2003).

O estado de São Paulo possui cooperativas que são referência na comercialização e exportação de amendoim. Estas cooperativas possuem filiais em todo o estado de São Paulo, incluindo a região de Tupã e Jaboticabal, onde o estudo foi realizado, conforma destacado na Figura 28.

Figura 28 – Localização das cooperativas de amendoim



Fonte: Elaborada pela autora

No tocante ao leite, a indústria de laticínios é um setor do agronegócio substancial para criação de valor rural e importante contribuição para a segurança alimentar. Desde a década de 1990 até os dias atuais, o processamento de laticínios no Brasil vem se consolidando e passando por um processo de ampla reestruturação e multinacionalização (Beber *et al.*, 2021).

A cultura do leite no Brasil, em 2021, foi superior a 35 bilhões de litros (IBGE, 2022), o país ocupa a 6ª posição mundial em produção. A produção de leite contempla as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul com maior destaque, principalmente Minas Gerais, Goiás, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Minas Gerais, em 2021, produziu 9 bilhões de litros de leite, isso representa 27,22% da produção nacional (Sistema OCEMG, 2022).

O leite e seus derivados são alimentos essenciais para o ser humano, pois possuem características com alto valor nutricional, importante fonte de vitamina B2, principal fonte de cálcio nos alimentos e alto teor proteico (Pereira *et al.*, 2009; Muehlhoff *et al.*, 2013; Djekic *et al.*, 2014). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS)

recomenda-se que o consumo de leite *per capita* deve ser de aproximadamente 200 litros de leite e outros produtos complementares à base de leite por ano.

O estado de Minas Gerais, além de destaque na produção e comercialização de leite, possui também história de desenvolvimento do cooperativismo na cultura do leite. Em 2016, por exemplo, foi criada a Fecoagro Leite Minas em defesa, valorização e fortalecimento do cooperativismo agropecuário e de leite do estado de Minas Gerais, com trabalho baseado nos princípios e valores cooperativistas de equidade, democracia e intercooperação. As cooperativas que participaram do estudo estão localizadas nas cidades de: Patos de Minas, Governador Valadares, Jacuí, Paracatu e Ferros; conforme em destaque na Figura 29.

Figura 29 – Localização das cooperativas de leite



Fonte: Elaborada pela autora

7 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Nesse capítulo são apresentados e discutidos os resultados do trabalho em conformidade com o objetivo geral da pesquisa que se pauta em propor um modelo baseado em inteligência artificial, que incorpora indicadores de sustentabilidade nos aspectos econômico, social, ambiental e de governança, que contribua como uma ferramenta de gestão para cooperativas brasileiras.

Sendo assim, num primeiro momento, por meio de uma revisão sistemática de literatura, fora analisada a evolução dos indicadores de sustentabilidade que estão sendo aplicados a sistemas agroalimentares, em nível mundial. Na sequência, foram identificadas as variáveis econômicas, sociais, ambientais e de governança que deram subsídio à elaboração do modelo, após foram selecionados somente os estudos pertinentes as cooperativas.

Em seguida é apresentado o modelo matemático de indicadores de sustentabilidade, a partir da lógica *fuzzy*, deste modo, concluindo-se o segundo objetivo específico.

Num próximo momento, são apresentados os dados da validação do modelo e aplicação nas cooperativas, deste modo, finaliza-se o terceiro objetivo específico pela tese.

7.1 IDENTIFICAÇÃO DOS INDICADORES E SUBINDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NOS ESTUDOS REALIZADOS EM COOPERATIVAS

Esta seção apresenta os resultados da RSL relacionados à primeira etapa da pesquisa, que contempla o primeiro objetivo específico.

Foi construído um quadro (Quadro 6), que contempla o resumo que apresenta uma seleção de autores acadêmicos que pesquisam indicadores de sustentabilidade em cooperativas, como um dos resultados da revisão sistemática de literatura desenvolvida. Nele constam os autores selecionados, bem como as vertentes da sustentabilidade adotadas por eles, e resumidamente as variáveis contempladas em cada um dos artigos, cujas contribuições são fundamentais para a compreensão e avanço do modelo de

indicadores de sustentabilidade como uma ferramenta de gestão para cooperativas agrícolas.

Para este conjunto de dados foi possível observar o quanto as vertentes econômica, social e ambiental são importantes para os estudos dedicados a sustentabilidade de cooperativas. Autores como Allahyari (2010), Choobchian *et al.* (2015), Aris *et al.* (2018), Marcis *et al.* (2018, 2019) e Macagnan; Seibert (2021), consideraram as vertentes governança, cultura, ética e as especificidades das cooperativas, tornando assim, estudos mais completos em termos de indicadores.

A maior parte dos artigos selecionados abordaram as vertentes econômica, social e ambiental nas pesquisas, como identificado em Meiboudi (2013), Azevedo *et al.* (2018), Anzilago *et al.* (2018), Giagnocavo *et al.* (2018), Yakar Pritchard; Çaliyrt (2021), Folorunso *et al.* (2021), Rincon-Roldan; Lopez-Cabrales (2022), Manera; Serrano (2022), Abarghani; Shobeiri; Ferrer (2023), Bokoumbo *et al.* (2023).

Contudo, foi possível identificar autores que abordaram vertentes exclusivas nas pesquisas, como por exemplo Germain *et al.* (2015) e Cheng *et al.* (2022) que adotaram as vertentes econômico e ambiental. Os autores Stoll; Poon; Hamilton (2015) e Bravo-Olivas; Chávez-Dagostino (2020) que adotaram somente a vertente ambiental. E os autores Allahyari (2010), Hale *et al.* (2019), Perry (2020) e Novkovic (2022) que abordaram somente aspectos da vertente social.

Os estudos de Germain *et al.* (2015) e Anzilago *et al.* (2018) adotam diretrizes existentes para elaborar seus subindicadores. Anzilago *et al.* (2018) utilizam a *Global Reporting Initiative* (GRI) para aplicar em sites de cooperativas do estado do Paraná, por meio da Análise de Conteúdo. Enquanto Germain *et al.* (2015) se basearam no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) para descrever uma nova metodologia e adaptá-las em subindicadores locais e específicos para avaliar a sustentabilidade da pesca, por meio de estudo de caso e Análise SWOT.

Todos os autores abrangem uma variedade de subindicadores essenciais para a construção Modelo *Fuzzy* de Indicadores de Sustentabilidade (MFIS), que será apresentado no próximo capítulo da tese. Esses subindicadores estão relacionados com a sobrevivência e geração de recursos das cooperativas, bem como o impacto social, ambiental e de governança, que são importantes tanto para as cooperativas quanto para seus cooperados e colaboradores, de maneira que a cooperativa possa cumprir sua missão de se manter, crescer e prosperar.

Os subindicadores abordados pelos autores são fundamentais para promover uma gestão sustentável e responsável e, ainda, para medir o impacto das organizações cooperativas em todas as esferas. Na esfera social são abordados subindicadores, como: ações e campanhas sociais, programas de educação continuada, práticas trabalhistas, direitos humanos, emprego e remuneração, segurança, liderança, igualdade de gênero, liberdade de expressão, treinamentos, oportunidade de crescimento profissional, entre outros. Os subindicadores sociais permitem que as cooperativas meçam o impacto que causam na comunidade; eles ajudam a avaliar se as ações e projetos estão alinhados com seus valores e princípios, e se conseguem cumprir suas metas de sustentabilidade.

Na vertente ambiental, os autores abordaram subindicadores, como: conscientização ambiental, políticas de sustentabilidade ambiental, incentivo ao consumo consciente, consumo de recursos naturais, preservação ambiental, legislação ambiental, energia, água, solo, biodiversidade, avaliação ambiental de fornecedores, descargas e emissões, fontes alternativas, reciclagem, utilização de água da chuva, uso de pesticidas, gestão de resíduos, entre outros. Os subindicadores ambientais têm importância significativa, na promoção da sustentabilidade e no gerenciamento responsável de recursos naturais. Permitem que as cooperativas avaliem e monitorem seu desempenho ambiental em diversas áreas e auxiliam na identificação de outras que precisam de melhorias e ações corretivas. Nesse sentido, é importante destacar que as cooperativas estão sujeitas a regulamentações ambientais, assim como as demais instituições, que visam proteger o meio ambiente, e os subindicadores garantem o cumprimento dessas regulamentações e evitam a ocorrência de infrações legais e implementação de medidas preventivas.

A preocupação com a responsabilidade ambiental e sustentabilidade está cada vez mais presente na sociedade, pois demonstrar um compromisso sólido com a proteção ambiental por meio de subindicadores ambientais transparentes e mensuráveis pode fortalecer sua imagem e reputação junto aos consumidores, parceiros comerciais e à comunidade. Isso resulta em maior atração de clientes e fidelidade do consumidor. Também permite oportunidades de inovação, como adoção de práticas de produção mais sustentáveis, desenvolvimento de produtos ecológicos ou a implantação de tecnologias limpas; tais práticas diferenciam a cooperativa no mercado, possibilitam aumentar a competitividade e abranger as novas oportunidades de negócios.

Na esfera econômica, a maior parte dos autores estavam preocupados com análises econômico-financeiras⁶, como: demonstrações financeiras e análises de balanços, fluxos de caixa, lucro líquido, valor presente líquido, taxa de retorno, ROI, ROA, ROE, custo-benefício, contudo, alguns outros aspectos também foram contemplados, como autossuficiência, empregos criados, fatores de produção, aumento de produtividade, controle de estoque, endividamento, preço de mercado e competição, entre outros. Tais subindicadores auxiliam a avaliação do desempenho financeiro das cooperativas ao longo do tempo, pois permitem que sejam comparados resultados atuais com os objetivos estabelecidos, identificam as tendências e colaboram com os ajustes necessários, e permite a definição de metas realistas para o futuro da organização. Fazer acompanhamento de indicadores econômicos fornece insights para tomada de decisão estratégica, pois com base nos indicadores os gestores identificam oportunidades de melhorias e otimizam recursos, deste modo, impulsionam o crescimento e a sustentabilidade da cooperativa.

Como exposto, as cooperativas são organizações voltadas para seus membros e, dessa maneira, devem prestar contas a eles, nesse sentido, os indicadores econômicos fornecem informações claras e objetivas, permitindo que os membros compreendam a situação econômica da organização da qual fazem parte, isso contribui com a transparência e confiança entre os membros e as cooperativas.

Na vertente governança, é possível observar que os estudos são incipientes, como mencionado anteriormente, e somente Choobchian *et al.* (2015), Aris *et al.* (2018) e Silva; Baggio; Santos (2022) consideraram a vertente governança nos estudos e trataram de confiabilidade e transparência e, ainda, políticas de governo e práticas de governança. Choobchian *et al.* (2015) trataram especificamente de ferramentas que relatam o cenário da pesca. Contudo, foi possível observar aspectos de governança, como: missão, visão, princípios e outras políticas quando os autores trataram as questões específicas das cooperativas, como nos estudos de Marcis *et al.* (2018, 2019) e Macagnan; Seibert (2021).

⁶ Os indicadores financeiros se concentram nos aspectos específicos das finanças, são utilizados para avaliar a saúde financeira de uma organização em termos de receita, despesas, lucros, liquidez, endividamento, entre outros. Indicadores econômicos referem-se a medidas que ajudam a avaliar o ambiente econômico mais amplo no qual uma empresa opera, são usados para entender e antecipar as condições econômicas que podem impactar diretamente o desempenho e as operações da empresa. Ao considerar esses indicadores econômicos, as empresas podem tomar decisões mais informadas, ajustar suas estratégias de negócios e se preparar para possíveis desafios ou oportunidades no ambiente econômico em que operam (Soboh *et al.*, 2009).

Os subindicadores de governança são importantes nos aspectos de colaborar à promoção da transparência, da responsabilidade, da eficiência e da sustentabilidade das operações das cooperativas. Eles fornecem informações sobre a estrutura, políticas e processos de tomada de decisão, garantem que a cooperativa seja transparente em suas operações, divulgando informações relevantes aos membros e demais partes interessadas. Além do mais, ajudam a avaliar se as políticas e práticas estão alinhadas com os princípios cooperativos, se os direitos dos membros são respeitados e se há mecanismos adequados para representação e participação dos membros na tomada de decisão. Ainda, contribuem na identificação e gestão de riscos, permitindo que a cooperativa avalie a eficácia do controle interno, essencial para proteger os interesses da cooperativa e de seus membros, garantindo assim, a continuidade dos negócios. Uma governança sólida é um fator importante para garantir o acesso a recursos externos, pois investidores e instituições financeiras avaliam os indicadores para determinar a confiabilidade e a sustentabilidade de uma cooperativa.

Ao cumprir as metas de sustentabilidade, as cooperativas demonstram transparência e responsabilidade para com seus membros, parceiros, clientes e a sociedade em geral, e isso fortalece a confiança e o relacionamento com todas as partes interessadas.

A seguir é apresentado o Quadro 6, um quadro resumo que apresenta uma seleção dos autores que pesquisam indicadores de sustentabilidade em cooperativas, como um dos resultados da revisão sistemática de literatura desenvolvida.

Quadro 6 – Identificação dos indicadores e subindicadores de sustentabilidade nos estudos realizados em cooperativas

Autores	Econômico	Social	Ambiental	Governança	Específicos/Cultural/Outros
Allahyari (2010)	X	Socialização da pesca; novos participantes na pesca/crescimento; setor pesqueiro; conhecimento ambiental; nível de educação; estado de conflito; influência do pescador; rendimento da pesca; participação de parentesco; seguro	X	X	X
Allahyari (2010) *	Papel da pesca no PIB; característica do subsídio	Crescimento da comunidade pesqueira; socialização da pesca; nível educacional; conhecimento ambiental	Tamanho do peixe capturado; a captura por unidade de esforço; situação de exploração	X	Adjacência; confiança características de gestão; esforços para reduzir os danos no habitat dos peixes
Stoll, Poon e Hamilton (2015)	X	X	Metas ambientais bem definidas; pegada ecológica; compra de produtos verdes; defender o desenvolvimento verde e sustentável	X	X
Germain <i>et al.</i> (2015)	Índice de Desenvolvimento Humano vinculado à pesca ornamental (HDIOF): Índice Econômico, Índice de Escolaridade e Índice do Sistema de Saúde;	X	Índice de Desenvolvimento Sustentável das Pescas Ornamentais (SDOFI): Índice Econômico, Índice de Escolaridade e Índice Ambiental	X	X
Choobchian <i>et al.</i> (2015)	Preço de mercado do peixe; contribuição da pesca; rendimento da pesca; volume de capturas; parte das capturas e pesca por pessoa	Conhecimento ambiental; status de conflito dentro das cooperativas; status de conflito entre as cooperativas; status de conflito com outros setores; participação dos pescadores na aplicação da lei da pesca; os pescadores influenciam as leis e regulamentos da pesca; seguro total do pessoal dos pescadores; seguro total dos cooperados; seguro total de pescadores empregados; nível de educação; crescimento da comunidade pesqueira; participação de parentes	Número de frota de pesca; diversidade; pesca prematura; número de espécies migratórias; perda de área de pesca; descarte por captura; tamanho da rede de pesca; biomassa	Política de ferramentas de pesca; consulta com o pescador para elaboração de políticas; política do local de pesca; regulamentos formais e informais de pesca, prestando atenção aos interesses das partes interessadas; política do tempo de pesca	Gestão costeira; reabastecimento das reservas; conservação de recursos
Ajija (2017)	Quão bem essas cooperativas estão utilizando seus recursos para produzir os resultados desejados; carteira bruta	X	X	X	X

	de empréstimos, o número de mutuários ativos; total de ativos e as despesas operacionais				
Giagnocavo <i>et al.</i> (2018)	Organização para obter poder de mercado; relações de competição entre empresas	Contribuições para sistemas de conhecimento e emprego; promoção de renda equitativa	Gerência de água; diminuição de pesticidas; gestão de resíduos; energia	X	X
Aris <i>et al.</i> (2018)	Desempenho; produtos e serviços	Membros, funcionários, sociedades e stakeholders, fornecedores e alianças	Gerenciamento de água e energia, gerenciamento de resíduos, poluição e recursos naturais	Políticas de governo, prática de governança e relatórios (comunicação)	X
Anzilago <i>et al.</i> (2018)	Indicadores propostos pelo <i>Global Report Initiative</i> (GRI)	Indicadores propostos pelo <i>Global Report Initiative</i> (GRI)	Indicadores propostos pelo <i>Global Report Initiative</i> (GRI)	X	X
Marcis <i>et al.</i> (2018, 2019)	ROA; ROI; ROE; mantém controle sobre o fluxo de caixa; liquidez corrente; liquidez geral; Ebitda; endividamento geral	Segurança ocupacional; relações trabalhistas; benefícios aos empregados; treinamento e desenvolvimento; Comunidade	Água; ar; solo; energia; consciência ambiental; Participações; gestão de resíduos	X	Gestão dos cooperados; qualidade do atendimento ao cooperado; benefícios ao cooperados; educação e qualificação; Marketing e comunicação; Avaliação de fornecedores
Azevedo <i>et al.</i> (2018)	Emprego relativo (% do emprego total); Auto-suficiência (importações/produção total de produtos agrícolas); Utilização ótima dos fatores de produção; em particular, trabalho e o aumento da produtividade agrícola	Número de reuniões com a participação do grupo de produtores por ano para desenvolver seus conhecimentos sobre diferentes aspectos da produção; Número de relações regulares que o grupo de produtores mantém com instituições locais (regiões/províncias/municípios); Inclusão social (todas as partes interessadas estão incluídas, por exemplo, jovens, mulheres, produtores religiosos ou não religiosos); Compartilhamento de decisões e escolhas; Padrões de vida justos para comunidades agrícolas e rurais	Uso da terra (ha/kg); Uso de água (ha/kg); Uso de energia (Mj combustíveis fósseis/kg); A soma da energia usada durante a produção primária (expressa em equivalentes de CO ₂) e durante o transporte; Quantidade de água de fontes alternativas que é utilizada nas fazendas; por exemplo, reciclagem e utilização de água da chuva; Tipo de material utilizado para embalar o produto (reciclável e/ou biodegradável); Uso de pesticidas (g compostos ativos/kg de suco e castanha de caju)	X	X
Hale <i>et al.</i> (2019)	X	Medidas trabalhistas Justas: salário, moradia, segurança, liderança, igualdade de gênero, liberdade de expressão, alimentação, treinamento, oportunidade	X	X	X

		de crescimento profissional, oportunidade de realização profissional; Medidas performativas: resolução de disputas, diálogo, garantia de tratamento justo, bom relacionamento, oportunidade de opinião, liderança confiável.			
Perry (2020)	X	Capacidade da mulher trabalhar fora de casa, aprenda a ler, escrever e usar números, circular dentro e fora da comunidade desacompanhado de homem; poder de gastar e economizar dinheiro, possuir terras e ter metas financeiras; seu poder e agência dentro da família e da comunidade, refletidos na sua capacidade de tomada de decisões, participação política e relações com outras mulheres e homens fora da família; identidade como membro igualitário da sociedade – a sua satisfação na vida, a sua autoestima, o sentido de independência econômica, a consciência dos direitos e a crença no apoio que a sua comunidade proporciona às mulheres na prossecução das vidas felizes e realizadas que escolhem	X	X	X
Bravo-Olivas; Chávez-Dagostino (2020)	X	X	Combustíveis; Eletricidade; Materiais; Serviços e Contratos; Recursos Agrícolas e Pesqueiros; Água; Uso da Terra; Resíduos, Descargas e Emissões	X	X
Folorunso <i>et al.</i> (2021)	Fluxo de Caixa; Margem Bruta; Lucro Líquido; Valor Presente Líquido (VPL); Relação Custo-Benefício (RCB); Taxa Interna de Retorno (TIR); Produtividade do Trabalho; Rendimento Anual; FCR (rendimento/alimentação); Densidade de Estoque (indv/pond)	Emprego Médio Gerado (agricultor/ano); Salário Médio Mensal (\$); Remuneração por Trabalho (salário do trabalho/salário-mínimo); Emprego de Tempo Integral (FTE) harmonizado (man-h/2000 h); Homem-Horas (h/ano); Homem-Hora/Área (h/m²); Emprego Total Gerado por Ano	Proporção de farinha (formulação de ração); Destinação de Águas Residuárias de Lagoas; Fugas Anuais	X	X

Yakar Pritchard; Çaliyrt (2021)	Desempenho Econômico; Presença de Mercado; Impactos Econômicos Indiretos; Práticas de Compras	Práticas Trabalhistas e Trabalho Decente; Direitos Humanos; Sociedade; Responsabilidade pelo Produto	Materiais; Energia; Água; Biodiversidade; Emissões; Efluentes e Resíduos; Produtos e Serviços; Conformidade; Transporte; Geral; Avaliação Ambiental do Fornecedor; Mecanismos de Reclamação Ambiental	X	X
Macagnan; Seibert (2021)	Demonstrações Financeiras: Balanço e Demonstração de Resultados; Investimentos; Relatório de Auditoria; Empréstimos e Financiamentos; Fluxo de Caixa; Indicadores de Desempenho Econômico e Financeiro; Benefícios para Membros/Participação no Excedente; Relatório Gerencial; Relatório do Conselho Supervisor; Benefícios do Colaborador/Participação no Excedente; Planejamento Estratégico; Multas e Litígios; Folha de Pagamento; Membros Compatíveis/Inadimplentes; Remuneração da Administração; Remuneração de Diretores; Rotatividade de Sócios; Rotatividade do Colaborador; Orçamento (Realizado x Orçado); Plano de Cargos e Salários	Ações e Campanhas Sociais da Cooperativa; Número de Sócios; Projetos Sociais; Programa de Educação Continuada; Princípios Cooperativos; Número de Colaboradores; Estrutura de Governança Cooperativa; Programas de Integração (Dia de Campo; Mulheres; etc.); Programas Sociais (União Faz Vida, Mesa Brasil; etc.); Código de Ética e Conduta; Estatuto; Assistência Técnica; Balanço Social; Educação Continuada para Membros; Índices de Desempenho Social; Recursos Sociais FATES; Plano de Benefícios para Membros; Plano de Benefícios para Colaboradores	Campanhas de Educação e Conscientização Ambiental; Políticas de Sustentabilidade Ambiental; Campanha de Incentivo ao Consumo Consciente; Tecnologia para Sustentabilidade; Consumo de Recursos Naturais; Projeto de Preservação Ambiental; Relatório de Sustentabilidade; Programa de Reciclagem e Tratamento de Resíduos; Redução de Poluentes; Licenças Ambientais; Legislação Ambiental; Retorno de Investimentos Ambientais; Multas Ambientais e Litígios	X	História Cooperativa; Missão, Visão, Princípios e Valores Cooperativos; Ações Culturais Desenvolvidas pela Cooperativa; Patrocínio de Ações/Atividades na Cultura Local e Regional; Estimulando a Cultura Local e Regional; Prêmios e Certificações; Eventos para Fortalecer a Identidade Cooperativa; Programa de Educação Cooperativa; Biblioteca (Física ou Virtual) sobre Cooperativas; Políticas para Contratação de Filhos (Parentes) de Membros
Rincon-Roldan; Lopez-Cabrales (2022)	Preocupação em oferecer produtos e/ou serviços de alta qualidade aos clientes; produtos e/ou serviços atendem padrões de qualidade; ter melhor relação qualidade/preço; garantia de que os produtos e/ou serviços é mais ampla que o mercado; fornece informações sobre os produtos e/ou serviços; respeito ao consumidor;	Apoio a emprego de pessoas com risco de exclusão social; valorização das pessoas com deficiência; qualidade de vida dos colaboradores; remuneração dos funcionários relacionadas às competências e resultados; criação de empregos; promover a formação e desenvolvimento dos funcionários; políticas de recursos humanos para conciliar a vida profissional	Capacidade de minimizar impacto ambiental; consumo de baixo impacto ambiental; poupança energética; valorização de fontes alternativas de energia; consciência de investimentos para reduzir impacto ambiental; redução de gases e produção de resíduos; reciclagem de materiais; predisposição para compras e	X	X

	esforço para melhorar relacionamento com os fornecedores; incorporar compras responsáveis	e pessoal; considera a iniciativas dos funcionários; oportunidades iguais; diálogo;	produção de bens ecologicamente corretos; valorização de uso de embalagens recicláveis		
Manera; Serrano (2022)	Direção indicativa para alcançar o equilíbrio econômico; planejamento estratégico	Mobilização, comunicação, participação; produção de bens, aspectos financeiros, capital humano	Inovação em treinamento; treinamento de capital humano; metodologia alternativa para cálculo econômico indicadores biofísicos	X	X
Novkovic (2022)	X	Poder distribuído (tomada de decisão democrática); distribuição justa de renda; promover a dignidade humana – impactando trabalhadores, consumidores, produtores, comunidade; Desmercantilização de mercadorias fictícias (terra, trabalho, dinheiro; habitação, alimentação, saúde, empresa, conhecimento); longevidade e resiliência (propósito de servir as gerações futuras); justiça econômica	X	X	X
Silva, Baggio; Santos (2022)	X	X	X	Reuniões regulares do conselho, comitê de auditoria, diretoria administrativa e executiva, gerentes e funcionários; atividades dos diretores subordinados ao conselho de administração; avaliação periódica dos membros do conselho de administração, diretoria executiva e conselho fiscal; demonstrações financeiras disponíveis para todos os membros; acesso irrestrito dos membros do conselho de administração e do conselho fiscal a todos os documentos, informações e registros da cooperativa; discutir a opinião	X

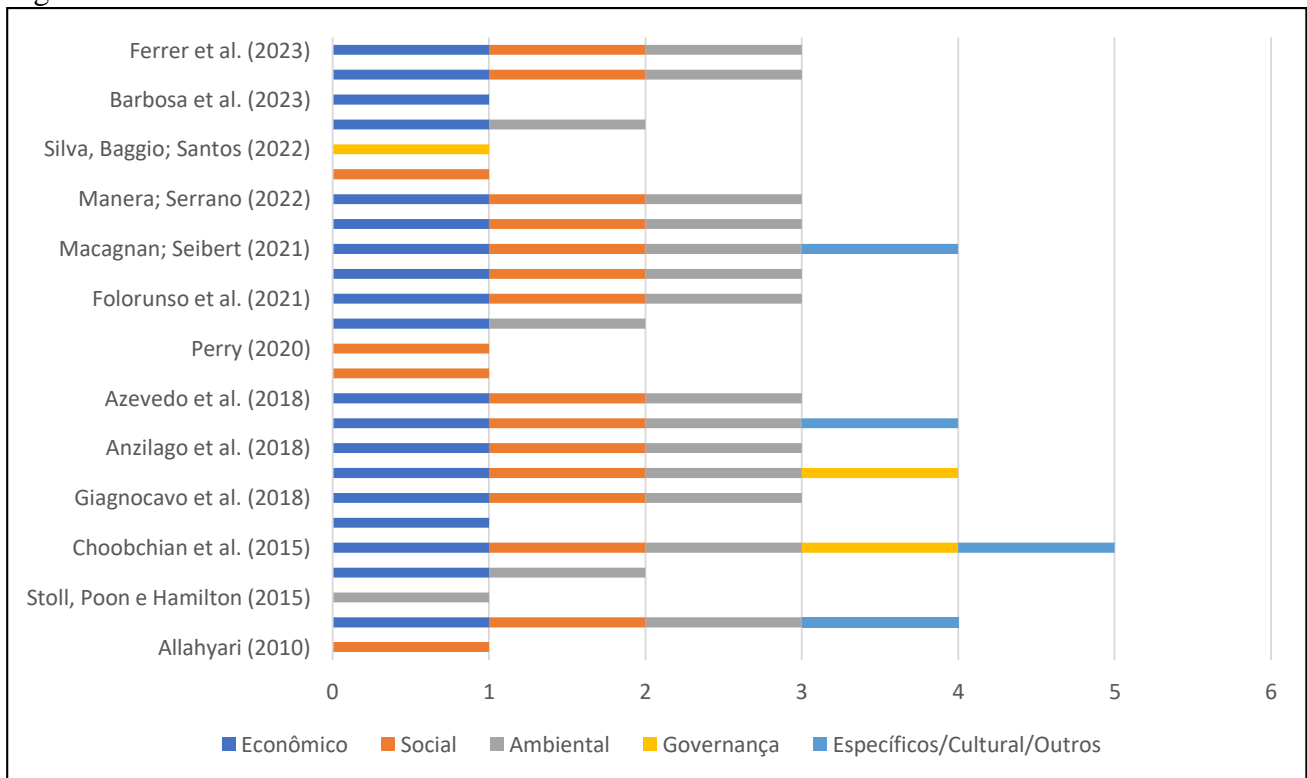
				da auditoria externa e/ou opiniões do comitê de auditoria na assembleia geral; treinamento técnico para membros do conselho de administração, comitê de auditoria e diretoria executiva; acompanhamento regular dos indicadores econômicos e financeiros pelo conselho de administração; utilização de ferramentas contábeis em processos de tomada de decisão	
Cheng <i>et al.</i> (2022)	Preço de venda; receita de produção; custo variável e fixo; valor do lucro líquido	X	Esgotamento dos recursos terrestres; procura de recursos energéticos não renováveis; aquecimento global; eutrofização aquática; acidificação; toxicidade humana; ecotoxicidade aquática e solo	X	X
Barbosa <i>et al.</i> (2023)	Indicadores de desempenho (EBITDA, ROA e ROE) e de sustentabilidade financeira (taxa de crescimento interno -TCI e taxa de crescimento sustentável - TCS)	X	X	X	X
Bokoumbo <i>et al.</i> (2023)	Autonomia financeira; produtividade do milho; lucratividade; eficiência	Segurança alimentar; contribuição para despesas domésticas; qualidade de vida; envolvimento social	Fertilidade do solo; degradação do solo; qualidade da semente; rotação de colheitas	X	X
Ferrer <i>et al.</i> (2023)	Responsabilidade Social Corporativa (CSR)	Responsabilidade Social Corporativa (CSR)	Produção de vinho orgânico preocupação com a pegada de carbono; Responsabilidade Social Corporativa (CSR)	X	X

* Allahyari (2010), no artigo “Fisheries sustainability assessment in Guilan province, Iran”, avaliação incluiu 44 atributos (indicadores) pontuados nos campos ecológico, econômico, social, tecnológico e ético e utilizou o Índice de Desigualdade de Morris para análise de dados e avaliação do nível de sustentabilidade. Os 44 atributos pontuados no estudo não foram explicitamente mencionados no artigo. No entanto, nos resultados e considerações finais foi possível identificar alguns dos principais atributos utilizados no estudo.

A apresentação do Quadro 6, que resume a seleção de autores acadêmicos e suas respectivas vertentes de sustentabilidade, proporcionou uma visão abrangente das variáveis contempladas em cada estudo. Esse levantamento foi parte essencial para a construção e o aprimoramento do modelo de indicadores de sustentabilidade, que se mostra como uma importante ferramenta para a gestão eficaz das cooperativas agrícolas e contribui para a melhor compreensão e pluralismo nas práticas e abordagens transformadoras da sustentabilidade. As contribuições destacadas neste quadro não apenas demonstram a complexidade e a multifacetada natureza da sustentabilidade, mas também fornecem uma base sólida para pesquisas futuras e práticas de gestão.

Em seguida, a Figura 30, resume visualmente as principais variáveis e vertentes destacadas no Quadro 6, facilitando a compreensão das contribuições e da complexidade envolvida nas abordagens de sustentabilidade.

Figura 30 – Gráfico síntese dos indicadores e subindicadores de sustentabilidade



Fonte: Elaborado pela autora a partir da revisão de literatura.

8 A PROPOSIÇÃO DO MODELO

A seguir é apresentado o Quadro 7, com a proposição do modelo de indicadores de sustentabilidade, que contempla o segundo objetivo específico da tese. O modelo apresenta os indicadores propostos (econômico, ambiental, social e de governança), os subindicadores e fatores de análises que irão subsidiar a modelo de inteligência artificial baseada na lógica *fuzzy*. O modelo foi desenvolvido a partir de indicadores relatados nos estudos classificados pela RSL e pela revisão teórica, contemplados nos capítulos 2, 3, 4 e 7 da tese.

Para construção do modelo foi elaborada uma planilha de Excel, onde constaram todos os indicadores de sustentabilidade elencados nos artigos selecionados por meio da RSL. Tais indicadores foram identificados nos artigos, discutidos e categorizados entre econômico, social, ambiental e de governança (conforme Quadro 6, da seção 7). Os indicadores utilizados na literatura, e em relatórios que são referência em organizações corporativas, como GRI, foram reescritos de maneira clara e concisa, contudo com o propósito de contemplar as particularidades das organizações cooperativas.

O modelo, após sua elaboração, possuiu pela validação de especialistas, um especialista em cooperativas, outro em sustentabilidade e dois especialistas em lógica *fuzzy*. Considerando as informações coletadas na literatura, avaliação dos especialistas e comitê de orientação, o modelo é apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 – Modelo *Fuzzy* de Indicadores de sustentabilidade para validação em cooperativas

MFIS - MODELO FUZZY DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE - COOPERATIVAS

Indicador	Subindicador		Fatores de análise	Não avalia	Realiza avaliação anual	Realiza avaliação semestral	Realiza avaliação trimestral	Realiza avaliação mensal
Econômico 7	Solvência	Em relação aos fatores a seguir classifique cada um deles, de acordo com a atuação da Cooperativa nos últimos 12 meses	A cooperativa avalia os índices de liquidez					
	Rentabilidade		A cooperativa avalia os retornos (ROA, ROE E ROI)					
	Estrutura de capital		A cooperativa avalia os índices de endividamento					
	Dinâmica de capital de giro		A cooperativa avalia a necessidade líquida de capital de giro e suas fontes de financiamento (NLCDG)					
	Geração de caixa		A cooperativa avalia o EBTIDA					
Indicador	Subindicador		Fatores de análise	Não se aplica	Aplica com baixa intensidade	Aplica com média intensidade	Aplica com alta intensidade	Aplica totalmente
Governança	Visão organizacional	Em relação aos fatores a seguir classifique cada um deles, considerando o nível de:	A cooperativa segue a missão, visão, estatuto, código de ética e conduta determinados					
			A cooperativa adota os princípios e valores cooperativos					
			A cooperativa analisa seu planejamento estratégico e balanço social					
			A cooperativa em seu modelo de negócio visa conciliar sobras lucro, inclusão social e impacto ambiental decrescente					
	Gestão empresarial		A cooperativa ao avaliar seu código de conduta solicita aprovação de órgãos de governança superior, como o Conselho de Administração e cooperados					
A cooperativa estabelece planos para que grupos vulneráveis da sociedade (mulheres, negros, pessoas com deficiência,								

⁷ No modelo, os subindicadores e fatores de análise, são predominantemente de caráter financeiro, voltados para o controle interno da cooperativa. No entanto, como a revisão extensa da literatura mostra que o termo mais comum utilizado é 'indicadores econômicos', optou-se por adotar essa nomenclatura.

			entre outros) estejam representados nos órgãos da alta administração					
			A cooperativa estimula a formação de comitê de auditoria, comitê executivo e comitê de relação com os cooperados					
			A cooperativa estabelece políticas de criação de valor					
			A cooperativa realiza procedimentos formais de prestação de contas financeiras e divulga as informações internamente para seus colaboradores e cooperados nos diferentes níveis					
			A cooperativa avalia como suas atividades podem impactar a sociedade nos aspectos econômicos, sociais e ambientais					
	Visão estratégica		A cooperativa participa de seminários e discussões sobre compromissos voluntários ou iniciativas de responsabilidade social empresarial e sustentabilidade (Pacto Global ou ODS)					
			A cooperativa desenvolve parcerias com fornecedores, visando à melhoria de seus processos de gestão					
			A cooperativa inclui os cooperados na elaboração de políticas					
			A cooperativa possui central de compras/vendas oferecidas aos cooperados					
			A cooperativa possui alguma certificação integradora (ambiental, social, econômica e de governança)					
Indicador	Subindicador		Fatores de análise	Não se aplica	Aplica com baixa intensidade	Aplica com média intensidade	Aplica com alta intensidade	Aplica totalmente
Social	Relações de trabalho, remunerações e benefícios	Em relação aos fatores a seguir classifique cada um deles, considerando o nível de:	A cooperativa aplica política de crescimento profissional, plano de remuneração e plano de carreira para diretoria e colaboradores					
			A cooperativa adota plano de benefícios, assistência médica, previdência privada e seguro de vida para cooperados, diretoria e colaboradores					
	Treinamento e desenvolvimento		A cooperativa promove algum programa de capacitação, educação continuada, educação financeira da família rural e educação cooperativa aos colaboradores e cooperados					

	Saúde, segurança e qualidade de vida		A cooperativa realiza programa de planejamento da sucessão familiar rural aos cooperados					
			A cooperativa promove ações, palestras e treinamentos sobre medicina preventiva aos colaboradores e cooperados					
			A cooperativa aplica certificações de boas práticas de higiene, segurança e saúde no trabalho e emergências e riscos de incêndio					
			A cooperativa promove programas de prevenção e tratamento para dependência de álcool e de drogas ilícitas					
	Impactos e relacionamentos com a comunidade		A cooperativa prioriza a relação de compra com fornecedores e cooperados locais					
			A cooperativa compartilha decisões e escolhas com os cooperados					
			A cooperativa prioriza empregar o maior número de moradores da comunidade					
			A cooperativa estabelece metas para reduzir a diferença na proporção entre cargos ocupados e diferenças salariais, por homens, mulheres, negros e brancos em seus quadros de gerência, liderança e diretoria					
Indicador	Subindicador		Fatores de análise					
Ambiental	Ecossistema e biodiversidade	Em relação aos fatores a seguir classifique cada um deles, considerando o nível de:	A cooperativa promove investimentos em proteção e preservação de nascentes de água, reúso de água, reflorestamento, tratamento de resíduos, utilização de energias renováveis					
			A cooperativa aplica controle de diminuição do uso de pesticidas pelos cooperados, bem como coleta de embalagens tóxicas					
			A cooperativa desenvolve ações de prevenção com foco nos 4Rs: repensar, reduzir, reutilizar e reciclar					
			Não se aplica	Aplica com baixa intensidade	Aplica com média intensidade	Aplica com alta intensidade	Aplica totalmente	

Política ambiental e legislação	A cooperativa promove programas contínuos de educação e conscientização ambiental, aplicável aos colaboradores e cooperados					
	A cooperativa faz avaliação ambiental de seus fornecedores e cooperados					
	A cooperativa cumpre a legislação de limites de emissão de odores, poluição sonora, visual, emissão de partículas de poeira, destinação adequada de resíduos					
	A cooperativa possui política ambiental e realiza mapeamento e mitigação dos impactos negativos					
	A cooperativa dá preferência à compra de insumos ou serviços ambiental e socialmente legais					
Questões específicas	Com que frequência a cooperativa realiza reuniões do conselho/diretoria?					
	Com que frequência são realizadas as assembleias com os cooperados?					
	Como é formada a Estrutura de Governança Cooperativa?					
	Qual foi o número de entrada de cooperados no último ano?					
	Qual o número de saída de cooperados no último ano?					
Variáveis encontradas em relatórios emitidos pela cooperativa	Qual o número de colaboradores?					
	A cooperativa publica seu relato de sustentabilidade com periodicidade definida?					
	A cooperativa possui procedimentos formais de prestação de contas dos resultados econômicos, sociais e ambientais?					
	A cooperativa possui um fechamento anual contábil dos resultados, divulga seus relatórios de demonstração de fluxo de caixa e promove reuniões para prestação de contas?					
	A cooperativa presta conta dos seus investimentos na comunidade no seu relato de sustentabilidade?					

Fonte: Elaborado pela autora

Para o desenvolvimento do modelo, alguns aspectos importantes foram considerados, e algumas premissas relacionadas aos indicadores são importantes de se mencionar, tais quais:

1 – Indicador econômico: nesta vertente foram utilizados como subindicadores a Solvência, a Rentabilidade, a Estrutura de capital, a Dinâmica de capital de giro e a Geração de caixa.

O subindicador solvência, que avalia principalmente sobre o índice de liquidez de uma organização, diz respeito à capacidade de uma entidade de cumprir suas obrigações financeiras no curto prazo, uma análise que inclui sua capacidade de gerar fluxo de caixa suficiente para pagar suas dívidas e cumprir suas obrigações. A rentabilidade, como subindicador econômico, refere-se à medida de lucratividade ou retorno obtido por uma entidade em relação ao investimento ou recursos empregados, é usado para avaliar a eficiência e o desempenho financeiro de uma empresa ou projeto. É comum utilizar como métricas de avaliação da rentabilidade: o Retorno sobre o Investimento (ROI), que compara o lucro obtido com o investimento realizado; a Margem de Lucro que se refere à proporção do lucro obtido em relação à receita total (margem bruta, margem operacional e margem líquida); o Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE), que mede a rentabilidade em relação aos recursos próprios da empresa; o Retorno sobre os Ativos (ROA), que avalia a capacidade de uma empresa de gerar lucro em relação aos seus ativos totais; e a Taxa Interna de Retorno (TIR) que é uma medida que indica a taxa de retorno de um projeto de investimento. Tais subindicadores e fatores de análises são encontrados nos estudos de Marcis *et al.* (2018, 2019), Folorunso *et al.* (2021) e Macagnan; Seibert (2021),

O subindicador estrutura de capital, ou seja, como a cooperativa avalia seu índice de endividamento está relacionado à estrutura de capital, que diz respeito à forma como as cooperativas financiam suas atividades e operações por meio de fontes de capital. É composta pelos diferentes tipos de recursos financeiros que uma cooperativa utiliza para financiar suas operações, como capital próprio dos cooperados, empréstimos de instituições financeiras, retenção de lucros e outras formas de financiamento. A estrutura de capital permite que as cooperativas obtenham os recursos financeiros necessários para operar e expandir seus negócios, proporciona meio de adquirir novos ativos, investir em novos projetos, desenvolver produtos e serviços. A estrutura de capital influencia na sustentabilidade financeira da cooperativa, uma vez que estando equilibrada, permite que

a cooperativa gere lucros, retenha capital e tenha acesso a fontes de financiamento para enfrentar desafios econômicos, promover crescimento e atender às necessidades dos cooperados, bem como sua participação na tomada de decisão (Marcis *et al.*, 2018, 2019; Folorunso *et al.*, 2021; Kunz *et al.*, 2021; Macagnan; Seibert, 2021; Royer; Mckee, 2021).

O subindicador dinâmica de capital de giro diz respeito a como a cooperativa avalia a necessidade líquida de capital de giro e suas fontes de financiamento (NLCDG). Refere-se à gestão e movimentação dos recursos financeiros necessários para financiar as operações diárias da cooperativa. O capital de giro é composto pelos ativos circulantes (estoques, contas a receber e caixa) menos os passivos circulantes (contas a pagar e empréstimos de curto prazo). A dinâmica do capital de giro permite que a cooperativa gerencie seu fluxo de caixa de maneira eficiente, para garantir que haja recursos disponíveis para cobrir despesas operacionais, pagar fornecedores, fazer investimento e cumprir obrigações de curto prazo. Uma adequada gestão de capital de giro é essencial para manter o ciclo operacional da cooperativa funcionando de maneira eficiente, também colabora na garantia de liquidez da cooperativa. Sua gestão permite planejamento das necessidades de financiamento e tomada de decisão estratégica relacionada ao uso de recursos, evita escassez de recursos e minimiza a dependência de empréstimos de curto prazo ou recursos externos (Escalante *et al.*, 2009; Kieschnick *et al.*, 2013; Baños-Caballero *et al.*, 2014; Aktas *et al.*, 2015; Folorunso *et al.*, 2021; Macagnan; Seibert, 2021; Piccoli *et al.*, 2021).

O subindicador de geração de caixa (em que a cooperativa avalia o EBTIDA *Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization*) refere-se à capacidade de uma cooperativa de gerar fluxos de entrada de dinheiro por meio de suas atividades operacionais; é medida pela diferença entre as entradas de dinheiro provenientes das vendas de produtos ou serviços e as saídas de dinheiro decorrentes dos custos operacionais, despesas e investimentos. A geração de caixa é importante para a sustentabilidade financeira de uma cooperativa, pois permite que a cooperativa cubra suas despesas operacionais, pague fornecedores e invista em melhorias e crescimento, e permite autonomia financeira. Isso reduz sua dependência de empréstimos e recursos externos, fortalece a resiliência financeira diante de períodos de adversidades econômicas ou crises, possibilitando a reserva de recursos, a continuidade das operações e menos impactos negativos sobre os cooperados. A geração de caixa permite que a cooperativa compartilhe os benefícios econômicos com seus cooperados, seja por meio de distribuição

de excedentes, pagamentos de juros sobre o capital próprio ou reinvestimentos em programas de desenvolvimento e bem-estar dos cooperados (Macagnan; Seibert, 2021; Folorunso *et al.*, 2021; Yakar Pritchard; Çaliyrt, 2021).

O EBITDA, em português, “lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização”, é uma medida financeira utilizada para avaliar o desempenho operacional de uma empresa, excluindo os efeitos de itens não relacionados à sua operação principal. É usado como métrica para analisar a capacidade de geração de caixa de uma empresa, independentemente da sua estrutura de capital, das políticas de depreciação e amortização, dos encargos financeiros e da carga tributária (Rufatto; Wernke, 2019; Folorunso *et al.*, 2021; Macagnan; Seibert, 2021;).

2 – Indicador de governança: esta vertente foi subdividida entre aspectos, como a visão organizacional, gestão empresarial e visão estratégica. A visão organizacional de uma cooperativa é uma declaração concisa que descreve sua aspiração de longo prazo; representa a direção que a cooperativa deseja seguir e o estado futuro que almeja alcançar; cria um senso de propósito e direcionamento, unindo os membros em torno de uma meta comum; destaca valores, práticas sustentáveis, relacionamento com os cooperados; e pode refletir o compromisso da cooperativa em compartilhar os benefícios econômicos e sociais com seus cooperados e comunidade (Choobchian *et al.*, 2015; Aris *et al.*, 2018; Marcis *et al.*, 2018, 2019; Macagnan; Seibert, 2021).

A visão empresarial das cooperativas está relacionada em como as cooperativas veem a si mesmas como organização econômica, mesmo com características distintas em relação a outras empresas, podendo adotar uma abordagem empresarial ao gerir seus negócios e alcançar seus objetivos. Buscam sustentabilidade econômica, o que envolve a eficiência operacional e continuidade das operações, buscam se destacar no mercado, com diferenciação de mercado e criação de valor para os cooperados e conquista de liderança. Uma visão empresarial também enfatiza o desenvolvimento dos cooperados, além do sucesso da organização; isso inclui promoção do empoderamento dos cooperados, educação cooperativista, formação de líderes e melhoria de condições de vida dos membros (Choobchian *et al.*, 2015; Aris *et al.*, 2018; Marcis *et al.*, 2018, 2019; Macagnan; Seibert, 2021).

O subindicador visão estratégica refere-se à direção de longo prazo que a cooperativa busca seguir para alcançar seus objetivos e cumprir sua missão; serve para orientar as ações e decisões estratégicas das cooperativas. Esse subindicador trata da

criação de valor aos cooperados, fortalecimento da presença da cooperativa na comunidade, busca por excelência de atendimento aos cooperados, inovação de produtos e serviços, inclui metas relacionadas a responsabilidade socioambiental, a governança corporativa e a continuidade da cooperativa a longo prazo. A visão estratégica deve refletir o compromisso de criar benefícios para os cooperados, em termos econômico e social, melhorias de condições de trabalho, oferta de serviços relevantes e participação ativa nas decisões da cooperativa (Choobchian *et al.*, 2015; Aris *et al.*, 2018; Marcis *et al.*, 2018, 2019; Macagnan; Seibert, 2021).

3 – Indicador social: nesta esfera, os subindicadores propostos estão voltados a relações de trabalho, remunerações e benefícios; treinamento e desenvolvimento; saúde, segurança e qualidade de vida; impactos e relacionamentos com a comunidade. A sustentabilidade social das cooperativas tem como princípio fundamental a preocupação com a comunidade e seus colaboradores. Envolve a adoção de práticas que promovem o bem-estar social, a equidade, inclusão e a melhoria da qualidade de vida dos cooperados e comunidade. Envolve uma preocupação com iniciativas sociais que visam resolver problemas locais, como o acesso à educação, saúde, moradia, segurança alimentar, emprego e capacitação profissional, promover a igualdade e inclusão, e engajamento com ações de apoio mútuo e solidariedade (Choobchian *et al.*, 2015; Azevedo *et al.*, 2018; Anzilago *et al.*, 2018; Aris *et al.*, 2018; Giagnocavo *et al.*, 2018; Marcis *et al.*, 2018, 2019; Hale *et al.*; 2019; Folorunso *et al.*, 2021; Yakar Pritchard; Çaliyrt, 2021; Macagnan; Seibert, 2021).

4 – Indicador ambiental: foram considerados os aspectos de ecossistema e biodiversidade, e de política ambiental e legislação. A sustentabilidade ambiental das cooperativas tem o compromisso de atuar de maneira responsável e consciente em relação ao meio ambiente. Contribuem para a conservação dos recursos naturais, como água, solo, ar e biodiversidade, implementar medidas para reduzir o consumo de recursos, promover a reciclagem e o reaproveitamento de materiais, adotar energias renováveis e implementar práticas agrícolas sustentáveis. Podem desempenhar um papel significativo na mitigação das mudanças climáticas, reduzir emissões de gases de efeito estufa nas operações, implementar agricultura de baixo carbono e auxiliar no combate às mudanças climáticas globais. Ao estar em conformidade com a sustentabilidade ambiental, as cooperativas conseguem incentivar e apoiar a produção em seus setores de atuação, como agricultura orgânica, controle de poluentes e promoção da responsabilidade ambiental aos

cooperados. Adotar políticas e práticas que garantam a conformidade com leis ambientais, respeito pelos povos indígenas e comunidades locais, também demonstra compromisso com a comunidade e ética nos negócios. Além do mais, a sustentabilidade ambiental pode gerar vantagem competitiva no mercado global, uma vez que os consumidores estão cada vez mais conscientes sobre a importância da sustentabilidade e existe uma grande busca por produtos e serviços que sejam ambientalmente responsáveis, nesse sentido, as cooperativas que se destacam nesse aspecto podem atrair e reter clientes, além de conquistar reputação positiva diante de seus consumidores, fornecedores e cooperados (Choobchian *et al.*, 2015; Germain *et al.*, 2015; Azevedo *et al.*, 2018; Aris *et al.*, 2018; Giagnocavo *et al.*, 2018; Anzilago *et al.*, 2018; Marcis *et al.*, 2018, 2019; Bravo-Olivas; Chávez-Dagostino, 2020; Folorunso *et al.*, 2021; Macagnan; Seibert, 2021; Yakar Pritchard; Çaliyrt, 2021).

8.1 PROPOSIÇÃO DO MODELO DE FUZZIFICAÇÃO PELO *MATLAB*®

Os resultados da fuzzificação apresentam-se em 4 vertentes da sustentabilidade: econômico, governança, social e ambiental. Para cada uma das vertentes elaborou-se um painel de indicadores com seus respectivos subindicadores, fatores de análise e escala Likert, conforme demonstrado no Quadro 7. Este painel (Modelo) foi constituído de acordo com os resultados da literatura sobre indicadores de sustentabilidade em sistemas agroalimentares e, principalmente em cooperativas, passou pelo comitê de orientação (três professores) e pela aprovação de especialistas (quatro especialistas), sendo um na área de cooperativismo, um na área de sustentabilidade e dois especialistas em lógica *fuzzy*.

A partir da elaboração do modelo, foi criado um sistema matemático baseado em inteligência artificial, a lógica *fuzzy* com o auxílio dos parâmetros estabelecidos pelo painel de especialistas. Nessa etapa do desenvolvimento do sistema baseado em regras *fuzzy*, foi necessária a definição do processador de entrada (*fuzzyficador*), de um conjunto de regras linguísticas, de um método de inferência *fuzzy* e de um processador de saída (*defuzzyficador*), o qual gerou um número real como saída. Os domínios dos conjuntos *fuzzy* de todas as variáveis foram estruturados com a finalidade de classificação constante

de notas de 1 a 5, em que as notas 1, 3 e 5 tiveram um grau de pertinência para os conjuntos 1=Baixo (nota 1 Likert); 2=Média (nota 3 Likert); e 3=Alta (nota 5 Likert).

Nas seções seguintes são apresentados os modelos de fuzzificação dos indicadores econômico, governança, social e ambiental.

8.1.1 Modelo de fuzzificação – Indicador Econômico

Apresenta-se no Quadro 8, a descrição do modelo de indicador econômico, com os subindicadores e fatores de análise. A escala *Likert* do indicador econômico foi “não avalia”, “realiza avaliação anual”, “realiza avaliação semestral”, “realiza avaliação trimestral”, “realiza avaliação mensal”.

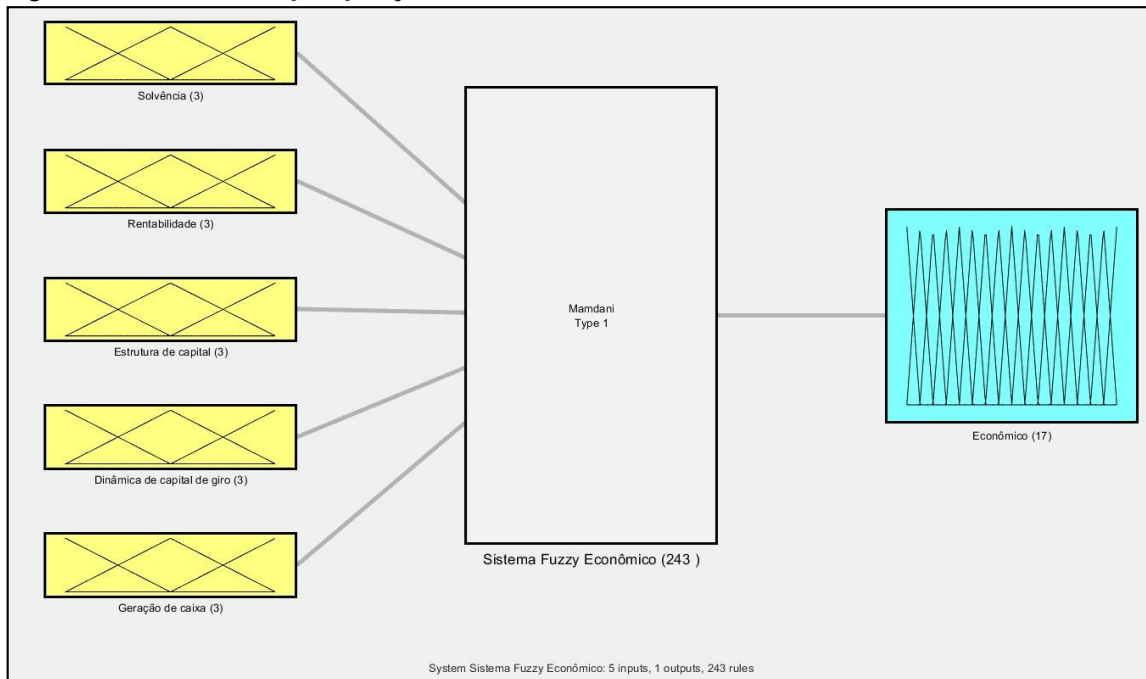
Quadro 8 – Indicadores e subindicadores do modelo – Econômico.

Indicador	Subindicador	Fatores de análise
Econômico	Solvência	A cooperativa avalia os índices de liquidez
	Rentabilidade	A cooperativa avalia os retornos (ROA, ROE E ROI)
	Estrutura de capital	A cooperativa avalia os índices de endividamento
	Dinâmica de capital de giro	A cooperativa avalia a necessidade líquida de capital de giro e suas fontes de financiamento (NLCDG)
	Geração de caixa	A cooperativa avalia o EBTIDA

Fonte: Elaborado pela autora.

Com a Figura 31 é possível identificar a estrutura básica do processo de *fuzzyficação* das 5 entradas do indicador econômico, sendo três classificações (Baixo, Médio e Alto), o processo de *fuzzyficação* pelo método Mamdani, com as 243 regras possíveis e definidas pelos especialistas. A saída é demonstrada na modelagem também com três classificações (Baixo, Médio e Alto), com 17 possibilidades encontradas.

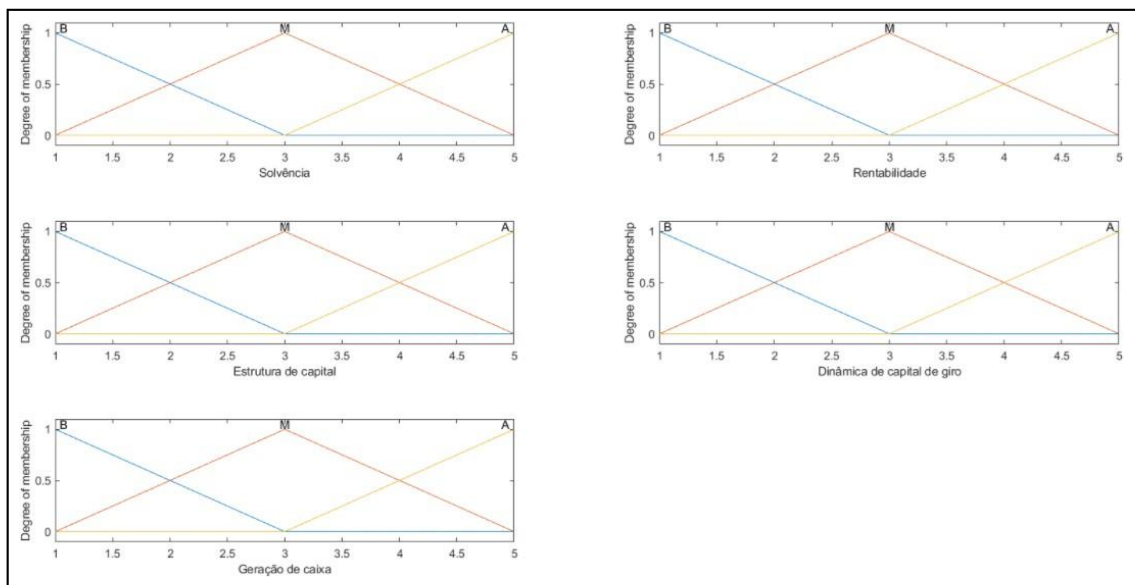
Figura 31 – Estrutura de *fuzzificação* dos subindicadores econômicos



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

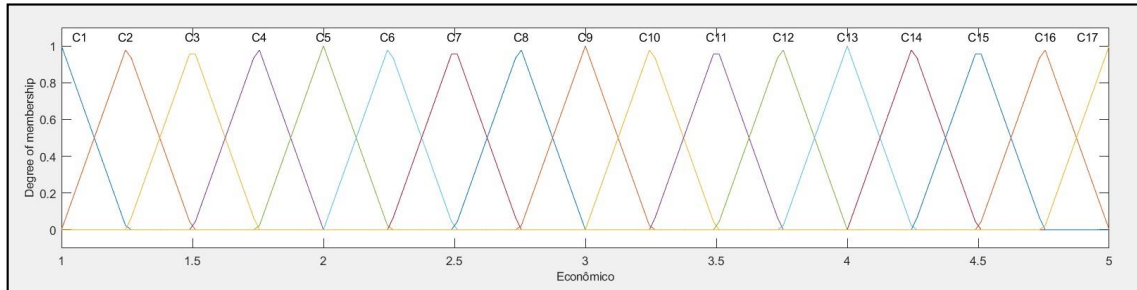
Uma função de pertinência é uma função matemática usada para mapear um conjunto de dados em um conjunto *fuzzy*, e que converte um conjunto de dados reais em um conjunto *fuzzy*, apresentando a relação dos elementos relacionados a certo grau de pertinência. As funções de pertinência de entrada e saída nesse modelo são apresentadas como: Baixa, Média e Alta, e podem ser visualizadas nas Figuras 32 e 33.

Figura 32 – Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – Indicador econômico



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

Figura 33 – Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* da variável de saída – Indicador econômico

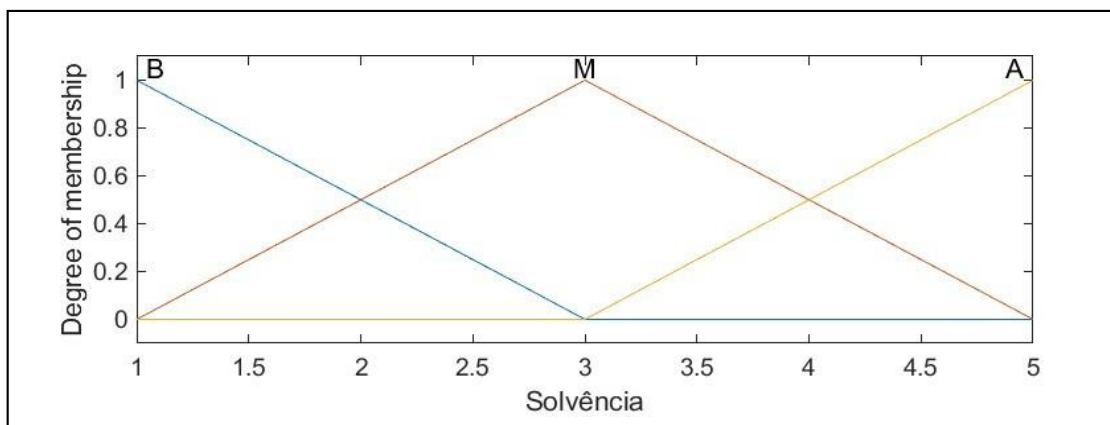


Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

A Figura 31 detalha as funções de pertinência das 5 variáveis de entrada e a Figura 32 a variável de saída no processo de fuzzificação da Figura 29. O eixo x representa a escala Likert de 1 a 5 utilizada no modelo e o eixo y, a escala que varia de 0 a 1.

Para exemplificar o indicador econômico, a Figura 34 apresenta a função de pertinência da variável de entrada do subindicador solvência. Este subindicador está relacionado a uma avaliação da capacidade da cooperativa de cumprir suas obrigações de longo prazo. Representa sua estabilidade financeira, a capacidade de pagar suas dívidas em longo prazo, credibilidade de mercado, proteção dos interesses dos membros e resiliência em tempos de crise (Ross; Westerfield; Jordan, 2008; Matarazzo, 2010; Padoveze, 2014). Todas as demais funções de pertinência do indicador econômico encontram-se detalhadas no Apêndice B.

Figura 34 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: solvência



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

A função de pertinência da variável de entrada do subindicador rentabilidade, refere-se à medida de lucratividade ou retorno obtido por uma entidade em relação ao investimento ou recursos empregados; é usado para avaliar a eficiência e o desempenho financeiro de uma empresa ou projeto (Ross; Westerfield; Jordan, 2008; Assaf Neto, 2010; Matarazzo, 2010). A geração de lucros proporciona às cooperativas recursos financeiros para investir em melhorias operacionais, como expansão de infraestrutura e serviços, logo, contribui para o crescimento sustentável e fortalece a posição competitiva no mercado.

A função de pertinência da variável de entrada do subindicador estrutura de capital se refere à composição das fontes de financiamento que a cooperativa utiliza para operar, investir e expandir suas atividades, trata-se da combinação entre as dívidas de curto, médio e longo prazo e capital próprio e nesse sentido, desempenha um papel importante na construção e a na sua manutenção da sustentabilidade econômica (Modigliani; Miller, 1958; Myers, 1984).

A função de pertinência da variável de entrada do subindicador da dinâmica de capital de giro diz respeito aos recursos financeiros necessários para as operações diárias de uma organização, e inclui o financiamento de estoque, contas a receber e obrigações de curto prazo (Marques; Santos, 2011; Ambrozini; Matias; Júnior, 2014).

A função de pertinência da variável de entrada do subindicador geração de caixa é um fator muito importante para alcançar a sustentabilidade econômica de uma cooperativa, pois refere-se à capacidade da organização em gerar recursos em dinheiro provenientes das suas operações normais, descontando os custos operacionais e investimentos, está diretamente relacionada a sua capacidade de cumprir suas obrigações (Assaf Neto, 2010; Moreira et al., 2014).

A partir da utilização dos métodos de inferência de *defuzzyficação* adotados, obtiveram-se gráficos tridimensionais e os mapas de contorno das variáveis de saída. Tais gráficos e mapas de contorno fornecem as informações sobre como as entradas afetam a saída do sistema, indicando assim, como diferentes valores de entrada podem levar a saídas diferentes.

Os gráficos tridimensionais e os mapas de contorno permitem que os usuários visualizem a relação entre as entradas e saídas e, deste modo, com base nas informações apresentadas, decidam sobre como configurar o sistema para alcançar os resultados

almejados. São ferramentas usadas para, além de visualizar, interpretar os resultados de sistemas *fuzzy*, obtidos pelo *software Matlab*®.

Os gráficos tridimensionais mostram a relação entre três variáveis *fuzzy*, o que pode ser apropriado para visualizar a superfície *fuzzy* com diferentes tons ou cores, representando os diferentes graus de pertinência dos valores das variáveis em um espaço tridimensional, o que facilita a compreensão das complexas variáveis *fuzzy* em um sistema (Klir; Yuan, 1995).

Os mapas de contorno são gráficos bidimensionais que mostram a relação entre duas variáveis *fuzzy*. As curvas de contorno representam diferentes níveis de pertinência ou graus de verdade dos valores das variáveis *fuzzy*, deste modo, é possível identificar as regiões em que as variáveis têm valores mais altos ou mais baixos, assim, entender como elas se relacionam entre si (Pedrycz; Gomide, 1998).

A escala de cores padrão do Matlab® abrange uma ampla variedade de tons, desde cores mais claras até cores mais escuras. As cores mais claras são atribuídas a valores de pertinência mais baixos, enquanto cores mais escuras são atribuídas a valores de pertinência mais altos. Essa ênfase de cores auxilia os usuários a identificarem, a intensidade de pertinência em diferentes regiões dos conjuntos difusos. O software permite aos usuários a liberdade de modificar a escala de cores de acordo com suas orientações. A presente pesquisa se utilizou das cores obtidas pelo padrão, sem qualquer tipo de alteração, que são as seguintes:

A Figura 35 exemplifica como é apresentado o gráfico tridimensional e o mapa de contorno das variáveis. Nesse exemplo, as entradas rentabilidade e solvência e a variável de saída, econômico. Os demais gráficos encontram-se no Apêndice B.

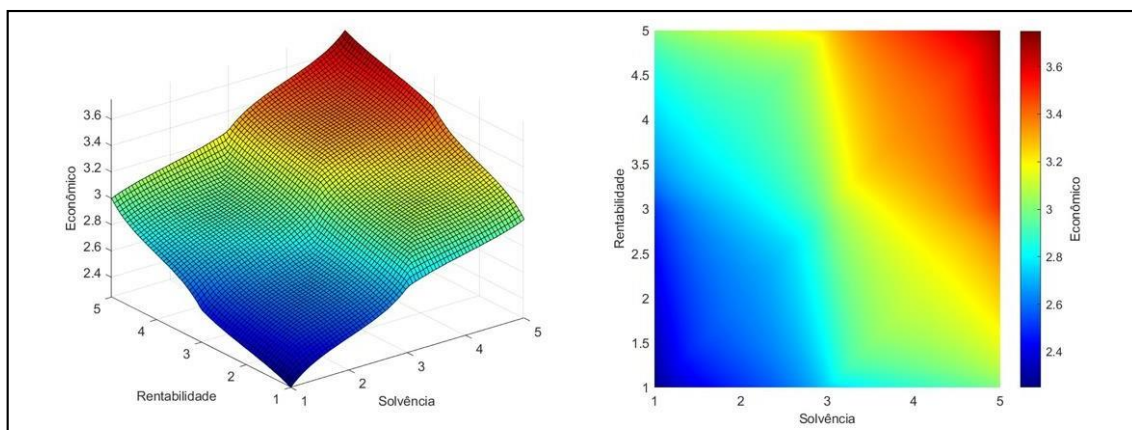
Rentabilidade e Solvência

A rentabilidade impacta diretamente na capacidade de remunerar os cooperados, e o retorno financeiro é uma das principais motivações para a participação ativa em uma cooperativa, e a rentabilidade contribui para a distribuição justa dos resultados.

Quando os resultados da superfície e mapas de contorno se encontram nos pontos positivos para rentabilidade e solvência, significa estabilidade financeira, capacidade de pagamento em longo prazo, credibilidade no mercado e proteção dos interesses de seus membros. Sendo assim, uma cooperativa rentável pode direcionar parte de seus recursos para iniciativas de responsabilidade socioambiental, inclusive, que inclui

práticas sustentáveis, investimentos em tecnologias verdes e programas de responsabilidade social. Logo, a rentabilidade e solvência, não são apenas métricas financeiras, mas sim fatores importantes que possibilitam a sustentabilidade econômica das cooperativas, possibilitando a continuidade e crescimento das operações.

Figura 35 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Rentabilidade e Solvência.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

Considerando que o software consegue analisar somente a combinação de duas variáveis de entrada, mantendo-se as outras variáveis constantes e pelo valor médio, apresenta-se, sequencialmente, as demais combinações das variáveis de entrada.

Solvência e estrutura de capital

Uma cooperativa com boa solvência e estrutura de capital sólidos consegue garantir a estabilidade financeira e sustentabilidade econômica de longo prazo. Pois, implica em aspectos positivos para sua capacidade de pagar suas dívidas em longo prazo e proteção dos interesses dos membros, e com uma estrutura de capital bem definida as cooperativas acessam os recursos financeiros necessários para operar e crescer. Isso inclui capital próprio dos cooperados, empréstimos bancários, investimentos externos e outras, e esta diversificação das fontes de financiamento proporciona à cooperativa maior flexibilidade financeira.

Uma dinâmica eficiente de capital de giro ajuda na gestão de estoques, minimizando custos relacionados ao armazenamento excessivo ou à falta de produtos, além do mais, contribui para a otimização do ciclo de caixa, reduzindo o tempo entre a compra de insumos e o recebimento das receitas.

Sendo assim, uma cooperativa com boa gestão de capital de giro está em uma posição mais forte para negociar condições favoráveis com fornecedores e clientes. Isso

inclui prazos mais longos de pagamentos de fornecedores e condições mais flexíveis para seus clientes, otimizando assim, a posição competitiva da cooperativa. Ainda, cooperativas que gerenciam positivamente seu capital de giro demonstram responsabilidade financeira aos cooperados, o que contribui para a manutenção da confiança dos membros, incentivando sua participação ativa e comprometimento contínuo.

Dinâmica de capital de giro e solvência

A dinâmica de capital de giro e a solvência estão intrinsicamente relacionadas, pois uma gestão eficiente do capital de giro contribui para a saúde financeira geral da cooperativa, afetando positivamente sua capacidade de cumprir obrigações de curto prazo e, por conseguinte, fortalecer sua solvência. O contrário disso, uma gestão inadequada do capital de giro pode levar a desafios de liquidez, aumentando os riscos para a solvência da cooperativa.

Geração de caixa e solvência

A geração de caixa e a solvência estão interligadas no contexto financeiro de uma cooperativa, pois oferecem a condição financeira e a capacidade de uma organização cumprir suas obrigações de longo prazo.

Enquanto a solvência diz respeito à capacidade de uma empresa de cumprir suas obrigações financeiras, especialmente em relação ao pagamento de dívidas, a geração de caixa refere-se à capacidade de uma empresa gerar fluxo de caixa positivo a partir de suas operações normais, que envolve a entrada de dinheiro proveniente das vendas de produtos ou serviços, descontando os pagamentos de despesas operacionais. Ou seja, a cooperativa que consegue gerar caixa consistentemente tem maior capacidade de cumprir com suas obrigações financeiras, o que contribui positivamente para a solvência.

A estrutura de capital de giro desempenha um papel importante na construção e na manutenção da sustentabilidade econômica das cooperativas, garantindo uma base financeira sólida, maximizando o retorno para os cooperados e proporcionando flexibilidade para enfrentar os desafios do ambiente econômico.

Estrutura de capital de giro e rentabilidade

De fato, o nexo estrutura de capital de giro e a rentabilidade é complexa e requer uma abordagem equilibrada. Uma gestão eficiente do capital de giro pode contribuir para uma melhor rentabilidade, enquanto uma estrutura ineficiente pode

resultar em custos adicionais que impactam negativamente os lucros. Portanto, as cooperativas necessitam considerar cuidadosamente como financiam suas operações de curto prazo para otimizar a relação entre estrutura de capital de giro e rentabilidade.

Dinâmica de capital de giro e rentabilidade

A dinâmica de capital de giro e rentabilidade de uma cooperativa estão relacionadas, pois o capital de giro desempenha importante papel nas operações diárias e na capacidade de gerar lucro. Sendo assim, uma gestão eficaz do capital de giro pode ter um impacto direto na rentabilidade, pois quando a empresa consegue gerenciar adequadamente suas contas a receber, estoques e contas a pagar, poderá otimizar o uso dos recursos e melhorar sua margem de lucros.

Nesse sentido, a dinâmica de capital de giro e rentabilidade estão interconectadas; quanto mais eficiente a gestão do capital de giro, pode-se otimizar os recursos financeiros, melhorar a eficiência operacional e contribuir para uma maior rentabilidade. Em um cenário contrário, uma dinâmica de capital de giro ineficiente pode resultar em custos adicionais e impactar negativamente a rentabilidade da cooperativa.

Geração de caixa e rentabilidade

A conformidade entre geração de caixa e rentabilidade é aspecto central para análise da estabilidade financeira; ambos os conceitos estão conectados e desempenham papéis decisivos na avaliação do desempenho da empresa. A relação entre eles auxilia a avaliar a sustentabilidade e o sucesso em longo prazo, pois, a geração de caixa saudável contribui para a rentabilidade, enquanto a rentabilidade efetiva requer uma geração de caixa consistente e bem administrada.

Dinâmica de capital de giro e estrutura de capital

A dinâmica de capital de giro e estrutura de capital são dois conceitos que estão inter-relacionados e desempenham papéis importantes na gestão da cooperativa.

A dinâmica de capital de giro se refere à gestão eficiente dos ativos e passivos circulantes de uma empresa, e isso inclui o gerenciamento de contas a receber, estoques e contas a pagar. Uma boa dinâmica de capital de giro visa otimizar o ciclo operacional e manter níveis adequados de liquidez. Enquanto a estrutura de capital envolve a composição das fontes de financiamento que uma empresa utiliza para suportar suas operações e projetos, isso inclui o equilíbrio entre capital próprio (patrimônio líquido) e capital de terceiros (dívidas).

Geração de caixa e estrutura de capital

A relação entre geração de caixa e estrutura de capital permite entender como uma empresa financia suas operações, investimentos e obrigações. A geração de caixa refere-se ao montante de dinheiro que uma empresa é capaz de gerar por meio de suas operações, por outro lado, a estrutura de capital envolve a composição das fontes de financiamento que uma empresa utiliza para apoiar suas operações e projetos. A relação entre geração de caixa e estrutura de capital deve ser considerada no contexto do planejamento financeiro estratégico. Isso envolve a avaliação contínua das necessidades de financiamento, da rentabilidade e da otimização da estrutura de capital.

A saber, a geração de caixa e a estrutura de capital estão interligadas de várias maneiras, afetando a flexibilidade financeira, a capacidade de investimento, a gestão de dívidas e a rentabilidade de uma empresa. Uma abordagem equilibrada entre esses dois conceitos é determinante para garantir uma gestão financeira eficiente e sustentável a longo prazo.

A geração de caixa se refere à capacidade de uma empresa gerar fluxos de caixa positivos a partir de suas atividades operacionais, de investimento e de financiamento. Por outro lado, a dinâmica de capital de giro envolve a gestão eficiente dos ativos e passivos circulantes de uma empresa com o objetivo de otimizar o ciclo financeiro, mantendo níveis adequados de liquidez para suportar as operações.

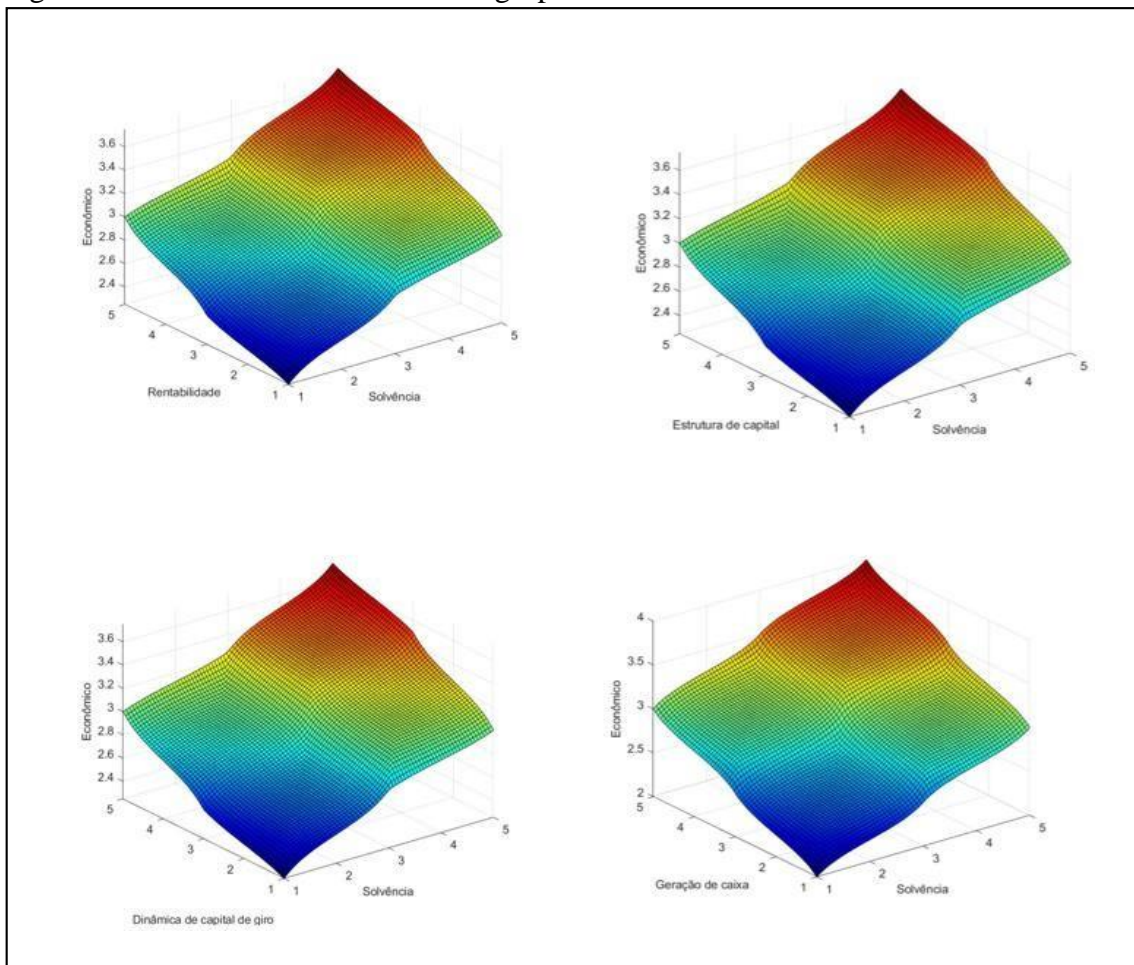
Geração de caixa e dinâmica de capital de giro

Portanto, a geração de caixa e a dinâmica de capital de giro estão entrelaçadas em como uma empresa opera e gerencia seus recursos financeiros diários. Uma gestão eficiente do capital de giro contribui para uma melhor geração de caixa, e, por sua vez, uma geração de caixa robusta fortalece a capacidade da empresa de manter uma dinâmica de capital de giro sustentável. Essa relação é concludente para a sustentabilidade financeira e o sucesso a longo prazo da empresa.

Os resultados *fuzzy* são importantes para uma visualização gráfica e comparativa, permite uma síntese das combinações possíveis das variáveis para a sustentabilidade econômica, conforme Apêndice B, nas duas possibilidades gráficas: o gráfico tridimensional e o mapa de contorno bidimensional.

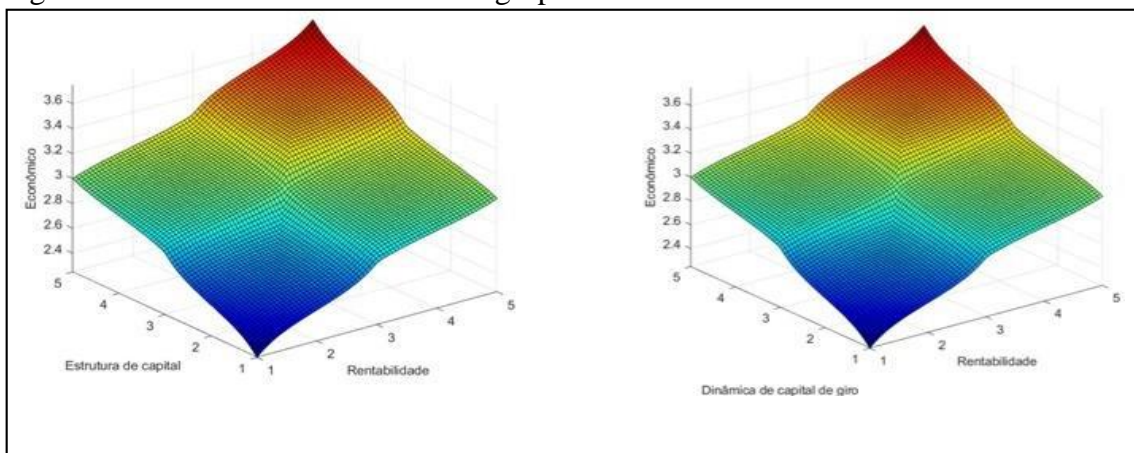
As Figuras 36, 37 e 38 abaixo, apresentam a visualização gráfica tridimensional agrupada dos dez gráficos acima descritos.

Figura 36 – Gráficos tridimensionais agrupados.



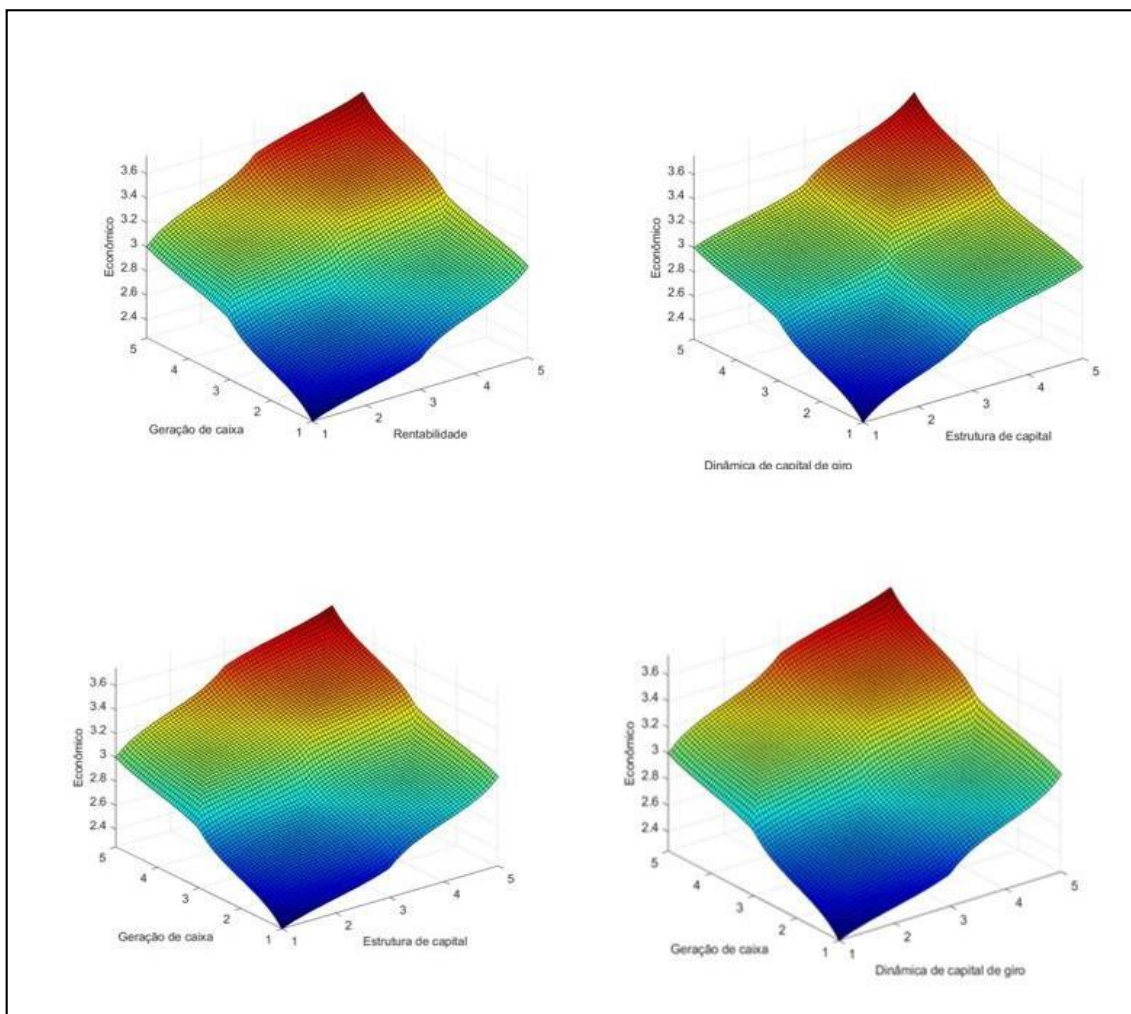
Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

Figura 37 – Gráficos tridimensionais agrupados.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

Figura 38 – Gráficos tridimensionais agrupados.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

8.1.2 Modelo de fuzzificação – Indicador Governança

Apresenta-se no Quadro 9, a descrição do modelo de indicador de governança com os subindicadores e fatores de análise. A escala *Likert* do indicador de governança foi “não se aplica”, “aplica com baixa intensidade”, “aplica com média intensidade”, “aplica com alta intensidade”, “aplica totalmente”.

Quadro 9 – Indicadores e subindicadores do modelo – Governança.

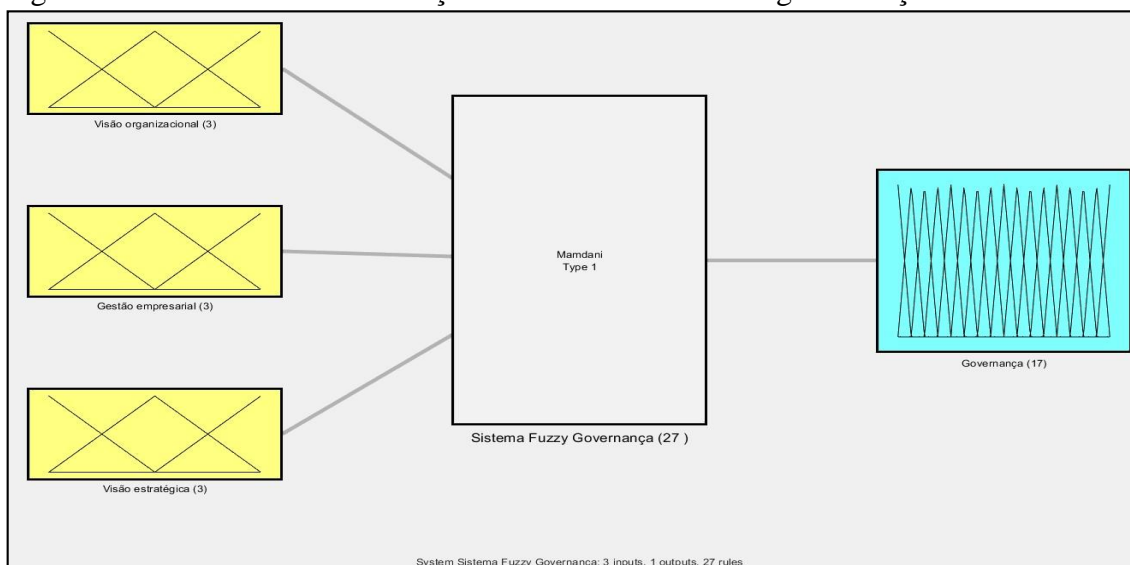
Indicador	Subindicador	Fatores de análise
Governança	Visão organizacional	A cooperativa segue a missão, visão, estatuto, código de ética e conduta determinados.
		A cooperativa adota os princípios e valores cooperativos.
		A cooperativa analisa seu planejamento estratégico e balanço social
		A cooperativa em seu modelo de negócio visa conciliar sobras lucro, inclusão social e impacto ambiental decrescente.

	Gestão empresarial	A cooperativa ao avaliar seu código de conduta solicita aprovação de órgãos de governança superior, como o Conselho de Administração e cooperados.
		A cooperativa estabelece planos para que grupos vulneráveis da sociedade (mulheres, negros, pessoas com deficiência, entre outros) estejam representados nos órgãos da alta administração.
		A cooperativa estimula a formação de comitê de auditoria, comitê executivo e comitê de relação com os cooperados.
		A cooperativa estabelece políticas de criação de valor.
		A cooperativa realiza procedimentos formais de prestação de contas financeiras e divulga as informações internamente para seus colaboradores e cooperados nos diferentes níveis.
		A cooperativa avalia como suas atividades podem impactar a sociedade nos aspectos econômicos, sociais e ambientais.
	Visão estratégica	A cooperativa participa de seminários e discussões sobre compromissos voluntários ou iniciativas de responsabilidade social empresarial e sustentabilidade (Pacto Global ou ODS).
		A cooperativa desenvolve parcerias com fornecedores, visando à melhoria de seus processos de gestão.
		A cooperativa inclui os cooperados na elaboração de políticas.
		A cooperativa possui central de compras/vendas oferecidas aos cooperados.
		A cooperativa possui alguma certificação integradora (ambiental, social, econômica e de governança).

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 39 é possível identificar a estrutura básica do processo de *fuzzy*ificação das três (3) entradas do indicador de governança, sendo três classificações (Baixo, Médio e Alto) o processo de *fuzzy*ificação pelo método Mamdani, com as 27 regras possíveis e definidas pelos especialistas. A saída é apresentada na modelagem também com três classificações (Baixo, Médio e Alto), com 17 possibilidades.

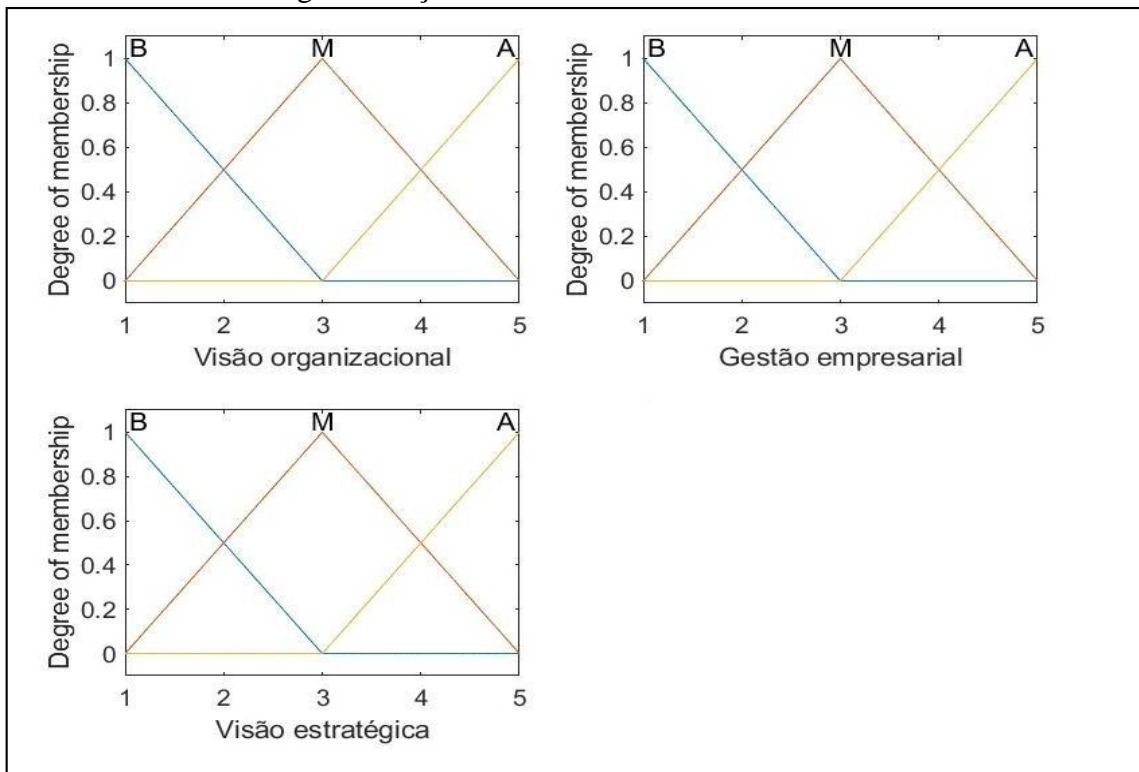
Figura 39 – Estrutura de *fuzzy*ificação dos subindicadores de governança.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

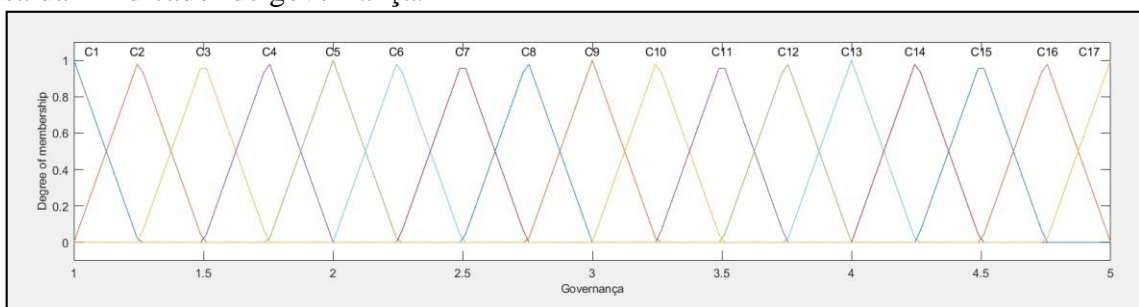
As funções de pertinência de entrada e saída nesse modelo relacionada ao indicador de governança são apresentadas como: Baixa, Média e Alta, e podem ser visualizadas nas Figuras 40 s 41.

Figura 40 – Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – Indicador de governança.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

Figura 41 – Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* da variável de saída – Indicador de governança.



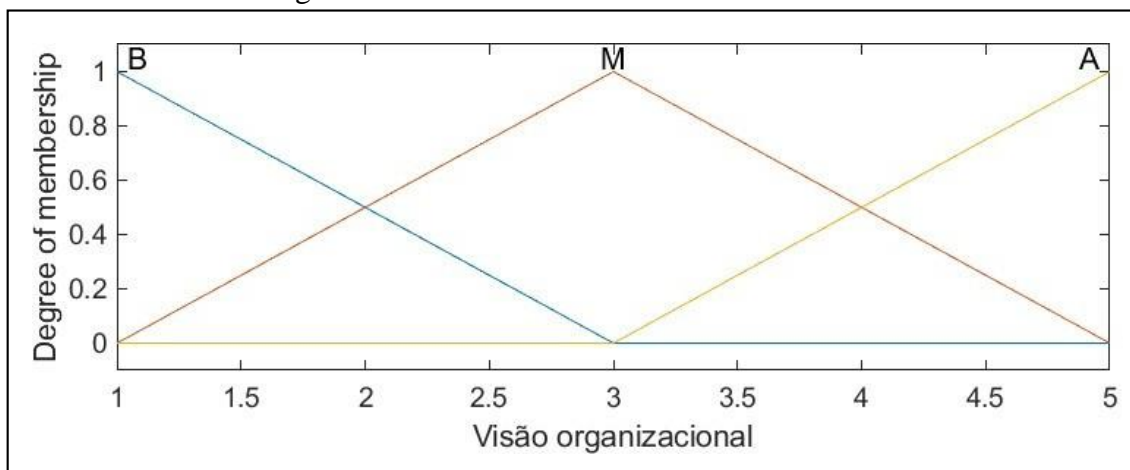
Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

A Figura 42 apresenta a função de pertinência da variável de entrada do subindicador visão organizacional.

A visão organizacional para uma cooperativa é uma declaração que descreve o estado futuro desejado ou a posição que a cooperativa aspira alcançar. Essa visão é uma representação inspiradora que oferece um quadro claro e motivador do que a cooperativa busca alcançar para longo prazo; é um componente essencial da identidade e da direção estratégica da cooperativa.

Para este indicador, estão relacionadas as variáveis missão, visão, estatuto, código de ética e de conduta; seus princípios e valores; planejamento estratégico e balanço social; modelo de negócios que concilia as sobras dos lucros com inclusão social; e impacto ambiental. Todas as demais funções de pertinência do indicador governança encontram-se detalhadas no Apêndice B.

Figura 42 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Visão organizacional.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

A gestão empresarial é um determinante para o sucesso e a sustentabilidade de uma cooperativa. Uma gestão eficaz abrange uma variedade de áreas e práticas que contribuem para o desenvolvimento saudável da cooperativa, a satisfação dos membros e o alcance dos objetivos compartilhados, bem como ajuda a alinhar as operações diárias, as estratégias e as decisões da cooperativa com seus objetivos e valores fundamentais. A capacidade de boa gestão empresarial está interligada à governança eficiente da cooperativa. Ou seja, a gestão empresarial é essencial para o bom funcionamento e o sucesso de uma cooperativa, uma vez que proporciona a estrutura necessária para alcançar seus objetivos, garantir a satisfação dos membros e promover um impacto positivo na comunidade (Neto, 2004; Oliveira, 2015; OCB, 2024).

Para este indicador, estão relacionadas as variáveis de avaliação de código de conduta pelo conselho de administração e de seus cooperados; representação de grupos vulneráveis da sociedade em órgão da alta administração; formação de comitê de auditoria, executivo e de relacionamento com os cooperados; políticas de criação e valor; procedimentos formais de prestação de contas financeiras e divulgação de informações para colaboradores e cooperados; avalia como a atividades da cooperativa pode impactar a sociedade em aspectos econômicos, sociais e ambientais.

A visão estratégica fornece uma direção clara e um propósito compartilhado para todos os membros e partes interessadas, unifica os membros em torno de objetivos comuns e aspirações compartilhadas. Uma visão estratégica atrativa pode influenciar a atração de novos membros e a retenção dos membros existentes, assim, torna-se uma ferramenta poderosa para a comunicação interna e externa. Portanto, a visão estratégica permeia em guiar o desenvolvimento e o crescimento de cooperativas, proporciona uma direção compartilhada, fomenta a motivação e ajuda a cooperativa a enfrentar os desafios com uma abordagem cooperativa e sustentável (Antonialli, 2000; Kunsch, 2018).

Para este indicador, estão relacionadas as variáveis que tratam da participação da cooperativa em seminários e discussões sobre compromissos voluntários ou iniciativas de responsabilidade social empresarial e sustentabilidade (Pacto Global ou ODS); sobre desenvolver parcerias com fornecedores, visando à melhoria de seus processos de gestão; inclusão dos cooperados na elaboração de políticas; oferece central de compras/vendas oferecidas aos cooperados; se possui certificação integradora (ambiental, social, econômica e de governança).

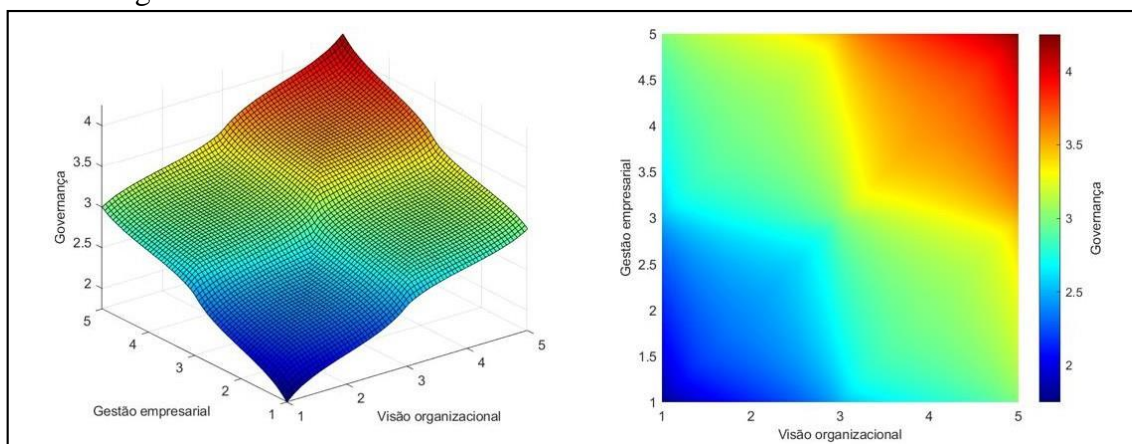
A combinação eficiente entre gestão empresarial e visão organizacional é capaz de proporcionar o sucesso e a direção estratégica da cooperativa. Ambos os conceitos estão interligados de várias maneiras e desempenham funções complementares no desenvolvimento e na execução de estratégias. A visão organizacional estabelece objetivos de longo prazo, enquanto a gestão empresarial cria estratégias e planos operacionais para alcançar tais objetivos.

Gestão empresarial e visão organizacional

A gestão empresarial e visão organizacional estão conectadas, com a visão fornecendo a direção e a inspiração, por outro lado, a gestão empresarial se concentra na implementação prática e na garantia de que a cooperativa esteja progredindo em direção à realização de sua visão a longo prazo.

A Figura 43 exemplifica como é apresentado o gráfico tridimensional e o mapa de contorno das variáveis. Nesse exemplo as entradas gestão empresarial e visão organizacional, e a variável de saída, governança. Os demais gráficos encontram-se no Apêndice B.

Figura 43 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Gestão empresarial e Visão organizacional.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

Visão estratégica e gestão organizacional

Relacionar positivamente a visão estratégica e gestão organizacional representa gerar sucesso e a eficácia na cooperativa. Uma vez que, a visão estratégica é uma declaração que descreve o estado futuro desejado ou a posição que uma cooperativa aspira alcançar, por outro lado, a gestão organizacional refere-se às práticas e estratégias adotadas para administrar eficazmente a cooperativa.

Visão estratégica e gestão empresarial

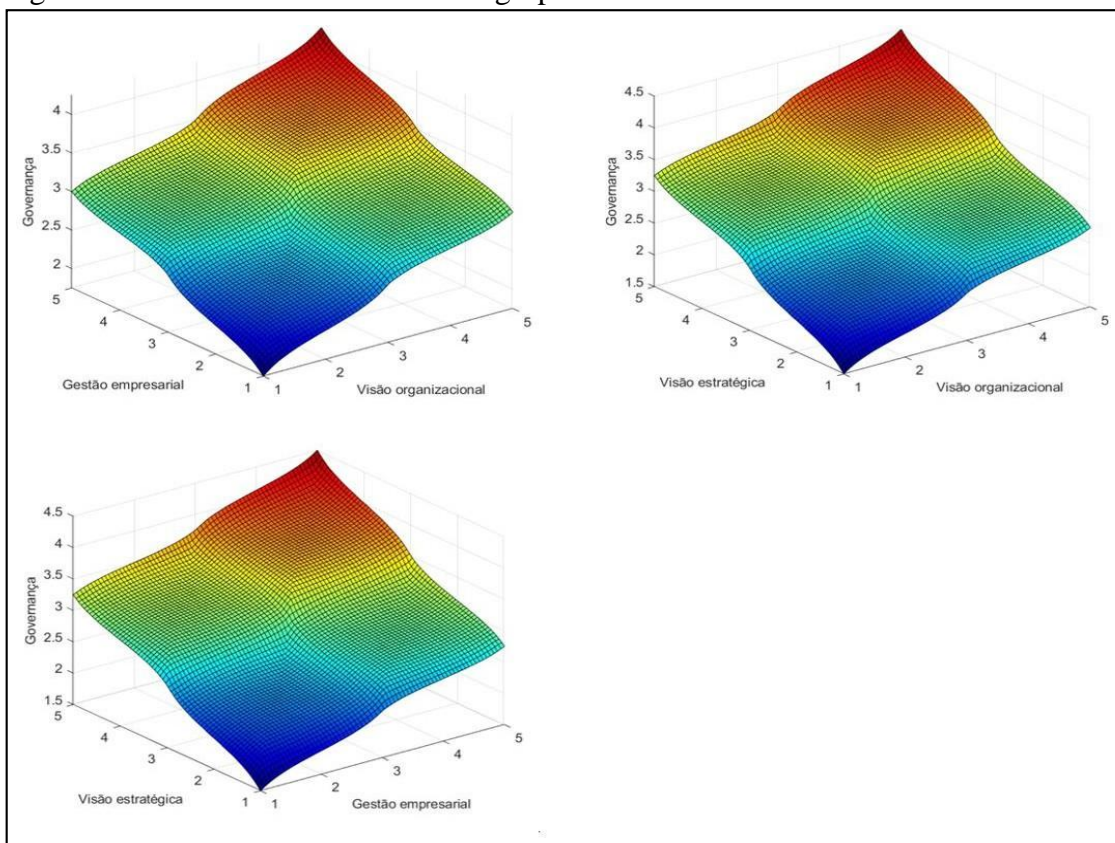
A cooperativa que mantém um relacionamento positivo entre visão estratégica e gestão empresarial consegue permear pelo sucesso a longo prazo. Entre esses conceitos existe uma relação, e eles desempenham papéis complementares na formulação e execução de estratégias. A visão estratégica estabelece os objetivos de longo prazo da empresa, enquanto a gestão empresarial desenvolve planos e estratégias operacionais para atingir esses objetivos. A gestão traduz a visão em ações tangíveis e orientadas para resultados.

A gestão empresarial é responsável por planejar estrategicamente e alocar recursos de maneira eficiente para atingir os objetivos delineados na visão e, ainda, é

responsável por garantir que a empresa seja ágil e capaz de se adaptar às mudanças no ambiente de negócios.

A Figura 44, a seguir, apresenta a visualização gráfica tridimensional agrupada dos subindicadores de governança.

Figura 44 – Gráficos tridimensionais agrupados.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

8.1.3 Modelo de fuzzificação – Indicador Social

Apresenta-se no Quadro 10, a descrição do modelo de indicador social com os subindicadores e fatores de análise. A escala *Likert* do indicador de governança foi “não se aplica”, “aplica com baixa intensidade”, “aplica com média intensidade”, “aplica com alta intensidade”, “aplica totalmente”.

Quadro 10 – Indicadores e subindicadores do modelo – Social.

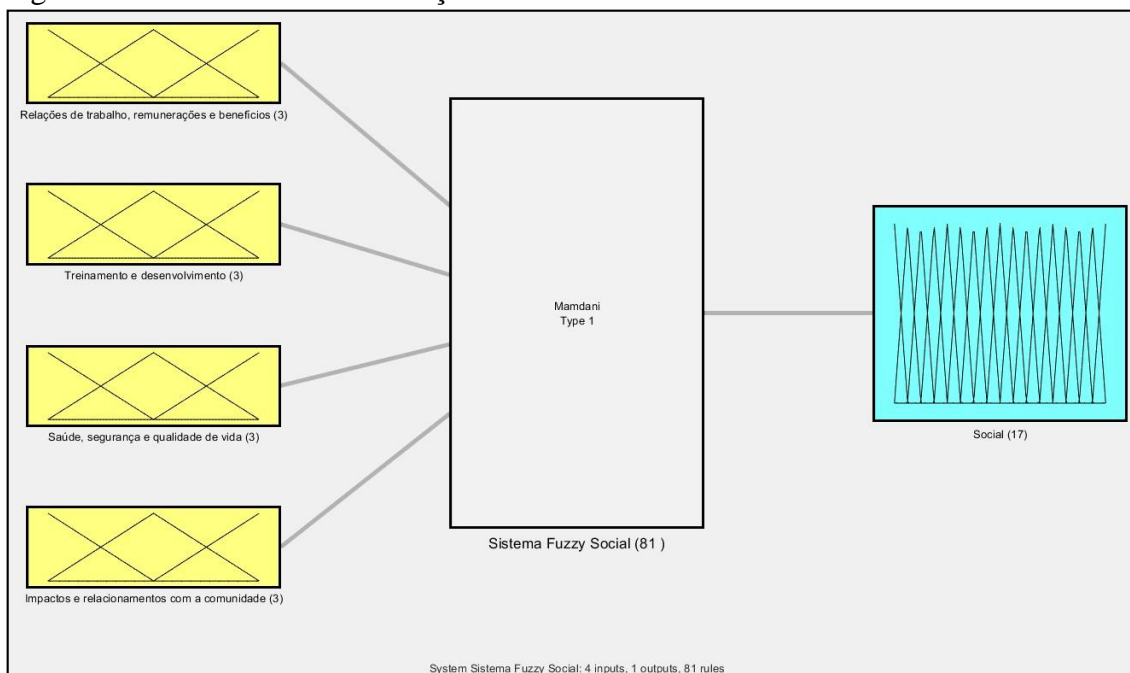
Indicador	Subindicador	Fatores de análise
Social	Relações de trabalho,	A cooperativa aplica política de crescimento profissional, plano de remuneração e plano de carreira para diretoria e colaboradores.

	remunerações e benefícios	A cooperativa adota plano de benefícios, assistência médica, previdência privada e seguro de vida para cooperados, diretoria e colaboradores.
	Treinamento e desenvolvimento	A cooperativa promove algum programa de capacitação, educação continuada, educação financeira da família rural e educação cooperativa aos colaboradores e cooperados.
		A cooperativa realiza programa de planejamento da sucessão familiar rural aos cooperados.
		A cooperativa promove ações, palestras e treinamentos sobre medicina preventiva aos colaboradores e cooperados.
	Saúde, segurança e qualidade de vida	A cooperativa aplica certificações de boas práticas de higiene, segurança e saúde no trabalho e emergências e riscos de incêndio.
		A cooperativa promove programas de prevenção e tratamento para dependência de álcool e de drogas ilícitas.
	Impactos e relacionamentos com a comunidade	A cooperativa prioriza a relação de compra com fornecedores e cooperados locais.
		A cooperativa compartilha decisões e escolhas com os cooperados.
		A cooperativa prioriza empregar o maior número de moradores da comunidade.
		A cooperativa estabelece metas para reduzir a diferença na proporção entre cargos ocupados e diferenças salariais, por homens, mulheres, negros e brancos em seus quadros de gerência, liderança e diretoria.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 45 é possível identificar a estrutura básica do processo de *fuzzy*ificação das quatro (4) entradas do indicador social, sendo três classificações (Baixo, Médio e Alto), o processo de *fuzzy*ificação pelo método Mamdani, com as 81 regras possíveis e definidas pelos especialistas. A saída se apresenta na modelagem também com três classificações (Baixo, Médio e Alto), com 17 possibilidades encontradas.

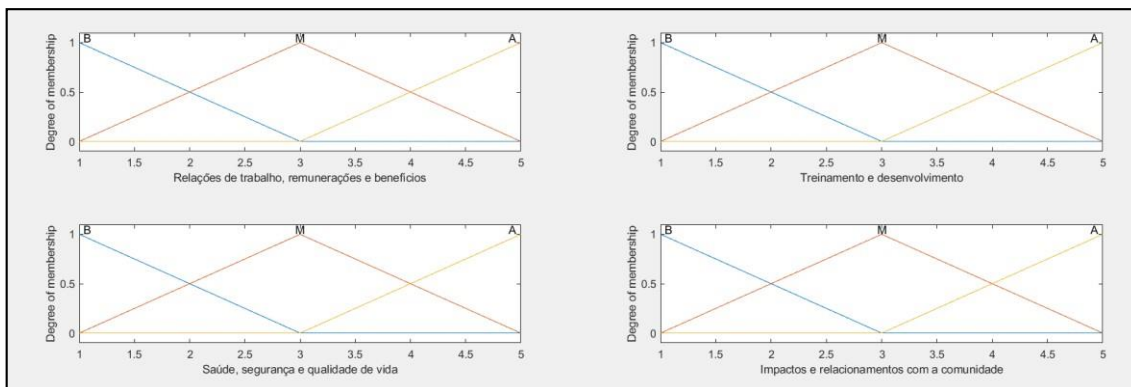
Figura 45 – Estrutura de *fuzzy*ificação dos subindicadores sociais.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

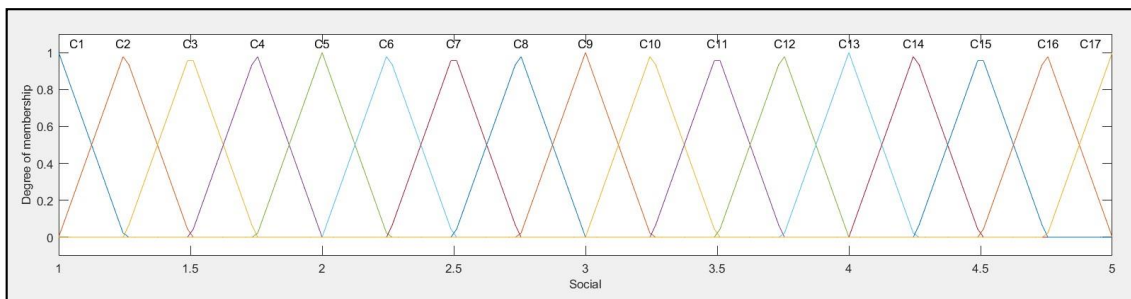
As funções de pertinência de entrada e saída nesse modelo relacionada ao indicador social são apresentadas como: Baixa, Média e Alta, e podem ser visualizadas nas Figuras 46 e 47.

Figura 46 – Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – Indicador social.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

Figura 47 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de saída – Indicador social.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

A Figura 48 apresenta a função de pertinência da variável de entrada do subindicador relações de trabalho, remuneração e benefícios.

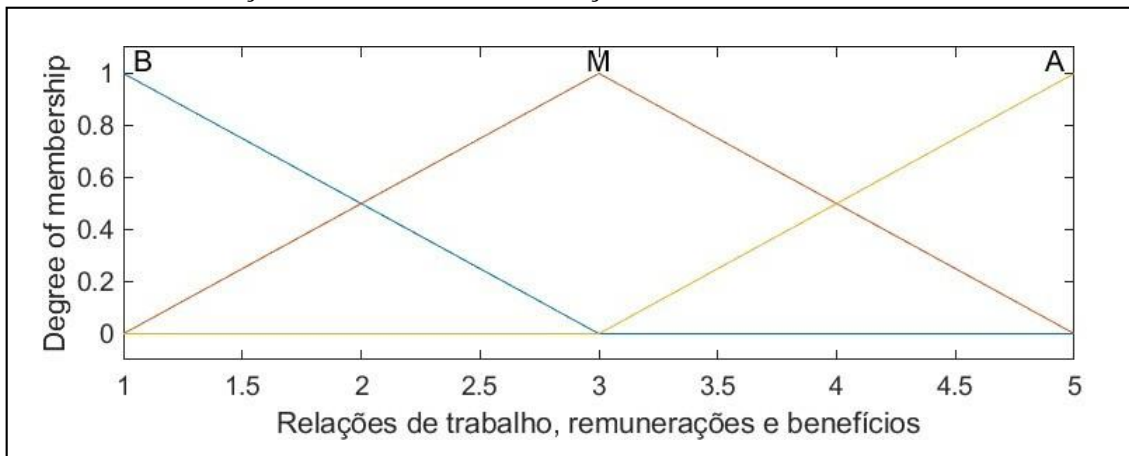
Manter relações de trabalho saudáveis promovem a cooperação e o trabalho em equipe entre os membros da cooperativa. Isso é importante para o sucesso em longo prazo, pois membros engajados e colaborativos contribuem para o crescimento e a sustentabilidade da cooperativa. Uma remuneração justa e benefícios adequados são fatores motivacionais fundamentais. Eles incentivam os membros a se dedicarem ao seu trabalho, aumentando a produtividade e a qualidade dos serviços ou produtos oferecidos pela cooperativa. Oferecer benefícios que promovem o bem-estar, como planos de saúde,

programas de assistência à família e horários de trabalho flexíveis, contribuem para a melhoria da qualidade de vida dos membros da cooperativa. Isso, por sua vez, pode ter um impacto positivo na satisfação do trabalho e na retenção de membros (Birchall; Simmons, 2004; Borzaga; Tortia, 2006; Macleod; Clarke, 2009).

Ao cuidar das relações de trabalho e oferecer remuneração e benefícios justos, a cooperativa demonstra responsabilidade social e cidadania empresarial. Isso pode aumentar a reputação da cooperativa na comunidade e entre seus membros. Portanto, a atenção a esses aspectos contribui com a sustentabilidade de uma cooperativa, promovendo um ambiente de trabalho saudável e eficiente (ILO, 2019).

Para este indicador, estão relacionadas as variáveis de política de crescimento profissional, plano de remuneração e plano de carreira para diretoria e colaboradores; adoção de plano de benefícios, assistência médica, previdência privada e seguro de vida para cooperados, diretoria e colaboradores. Todas as demais funções de pertinência do indicador social encontram-se detalhadas no Apêndice B.

Figura 48 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Relações de trabalho, remuneração e benefícios.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

O treinamento e desenvolvimento são aspectos que levam ao crescimento e à eficácia das cooperativas, proporcionando benefícios significativos tanto para os membros individualmente quanto para a cooperativa como um todo.

O treinamento permite que os membros da cooperativa adquiram novas habilidades e conhecimentos, melhorando sua competência em áreas específicas. Isso proporciona meios de acompanhar as mudanças no mercado e nas tecnologias, garantindo que a cooperativa permaneça relevante e competitiva. Membros e colaboradores bem

treinados tendem a ser mais produtivos. O treinamento pode ensinar técnicas mais eficientes, otimizar processos e melhorar a eficácia operacional, contribuindo para um aumento geral na produtividade da cooperativa.

Proporcionar treinamento estimula a inovação ao capacitar os membros e colaboradores com as habilidades necessárias para lidar com novas ideias e tecnologias. Isso ajuda a cooperativa a se adaptar a mudanças no ambiente de negócios e a aproveitar oportunidades emergentes.

Garantir que os membros e colaboradores estejam preparados para assumir papéis de liderança assegura a continuidade e a estabilidade da cooperativa ao longo do tempo. Sendo assim, o treinamento e desenvolvimento contínuos são investimentos estratégicos que capacitam os membros e colaboradores das cooperativas, impulsionam o crescimento sustentável e fortalecem a posição da cooperativa no cenário empresarial.

Para este indicador, estão relacionadas as variáveis quanto a promover algum programa de capacitação, educação continuada, educação financeira da família rural e educação cooperativa aos colaboradores e cooperados; se a cooperativa realiza programa de planejamento da sucessão familiar rural aos cooperados; se a cooperativa promove ações, palestras e treinamentos sobre medicina preventiva aos colaboradores e cooperados.

Oferecer saúde, segurança e qualidade de vida aos membros e colaboradores de uma cooperativa permite promover um ambiente de trabalho sustentável e garantir o bem-estar geral dos cooperados.

Manter esse cuidado com a saúde e qualidade de vida dos membros e colaboradores contribui para o bem-estar geral dos indivíduos, e isso não apenas beneficia os cooperados e colaboradores em nível pessoal, mas também melhora o ambiente de trabalho e a dinâmica dentro da cooperativa. Promover um ambiente seguro permite reduzir as ausências por motivos médicos e diminuir a rotatividade. Membros e colaboradores saudáveis e seguros são mais propensos a permanecer na cooperativa, proporcionando estabilidade e continuidade.

Um ambiente saudável e seguro contribui para a produtividade, proporciona mais energia, concentração e disposição para realizar suas tarefas de maneira eficiente, o que impacta positivamente a produtividade da cooperativa como um todo.

Oferecer programas abrangentes de saúde e segurança pode servir como diferencial na atração de talentos para a cooperativa. Além disso, a preocupação com o bem-estar dos membros e colaboradores é um fator importante na retenção de talentos.

Garantir a saúde e segurança no local de trabalho não apenas protege os membros e colaboradores, mas também mantém a cooperativa em conformidade com as normas e regulamentações governamentais, deste modo, consegui evitar penalidades legais e a preservar a reputação da cooperativa.

Uma cooperativa que valoriza a saúde, segurança e qualidade de vida de seus membros constrói uma imagem positiva perante a comunidade e os stakeholders, reforça a responsabilidade social da cooperativa e pode resultar em maior apoio e reconhecimento.

Nesse sentido, ao priorizar a saúde, segurança e qualidade de vida, as cooperativas investem no seu ativo mais valioso: seus membros. Essa abordagem não apenas beneficia os indivíduos, mas também fortalece a cooperativa como uma entidade sustentável e responsável.

Para este indicador, estão relacionadas as variáveis relacionadas à aplicação de certificações de boas práticas de higiene; segurança e saúde no trabalho; emergências e riscos de incêndio; promoção de programas de prevenção; e tratamento para dependência de álcool e de drogas ilícitas.

Os impactos e relacionamentos com a comunidade são aspectos que fazem parte da construção do sucesso e da sustentabilidade de uma cooperativa, e estabelecer uma conexão positiva com a comunidade pode trazer diversos benefícios.

Uma cooperativa que contribui de maneira positiva para a comunidade tende a ganhar legitimidade e aceitação, e isso é fundamental para construir uma relação de confiança com os membros da comunidade, clientes, fornecedores e outros stakeholders. Quando uma cooperativa está envolvida nas necessidades e preocupações da comunidade local, ela geralmente ganha apoio e fidelidade dos consumidores. Os clientes tendem a preferir empresas que demonstram responsabilidade social e que contribuem para o bem-estar da comunidade.

Portanto, a interação positiva e proativa com a comunidade não é apenas uma responsabilidade ética, mas também uma estratégia inteligente para o sucesso de longo prazo de uma cooperativa, e manter essa abordagem constrói uma base sólida de apoio,

fortalece a imagem da cooperativa e contribui para a criação de um ambiente empresarial sustentável.

Para este indicador, estão relacionadas as variáveis de o quanto a cooperativa prioriza a relação de compra com fornecedores e cooperados locais; se compartilha decisões e escolhas com os cooperados; o quanto a cooperativa prioriza empregar o maior número de moradores da comunidade; se estabelece metas para reduzir a diferença na proporção entre cargos ocupados e diferenças salariais, por homens, mulheres, negros e brancos em seus quadros de gerência, liderança e diretoria.

A relação entre treinamento e desenvolvimento com as relações de trabalho, remuneração e benefícios é interconectada e favorável para o sucesso global das cooperativas.

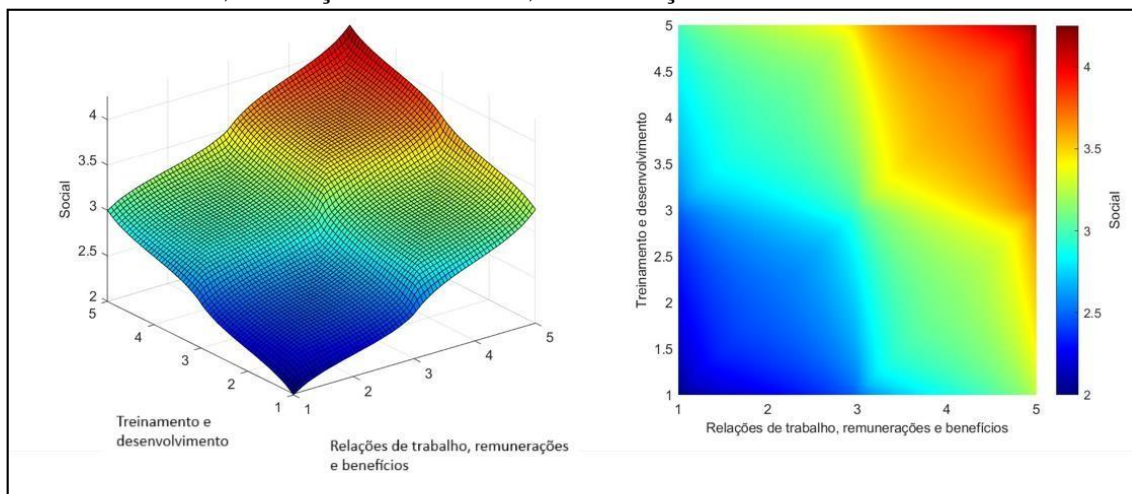
O treinamento adequado pode aumentar a eficiência e a habilidade dos colaboradores da cooperativa, resultando em maior produtividade. Uma equipe mais produtiva pode, por sua vez, justificar níveis de remuneração e benefícios mais competitivos.

O treinamento e desenvolvimento pode ser projetado para desenvolver habilidades específicas necessárias para funções especializadas. Colaboradores com habilidades diferenciadas e valiosas podem ser recompensados com remuneração e benefícios adicionais, incentivando o desenvolvimento contínuo.

Sendo assim, a interconexão entre treinamento e desenvolvimento com as relações de trabalho, remuneração e benefícios em cooperativas é evidente, com o treinamento não apenas moldando as habilidades dos colaboradores, mas também influenciando positivamente a cultura organizacional, o desempenho e a compensação. Esses elementos, quando integrados de maneira eficaz, contribuem para a construção de cooperativas sustentáveis e bem-sucedidas.

A Figura 49 exemplifica como é apresentado o gráfico tridimensional e o mapa de contorno das variáveis, nesse exemplo, as entradas treinamento e desenvolvimento, juntamente com a entrada relações de trabalho, remuneração e benefícios, e a variável de saída, social. Os demais gráficos encontram-se no Apêndice B.

Figura 49 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Treinamento e desenvolvimento, e Relações de trabalho, remuneração e benefícios.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

A conformidade entre relações de trabalho, remuneração e benefícios e saúde, segurança e qualidade de vida é intrínseca e complexa, pois esses elementos estão interligados e influenciam diretamente o bem-estar dos colaboradores.

Boas relações de trabalho, remuneração justa e benefícios adequados têm um impacto direto na motivação e satisfação dos colaboradores. Colaboradores satisfeitos estão mais propensos a manter um bom estado de saúde mental e emocional.

Por outro lado, relações de trabalho tensas, remuneração inadequada e benefícios insuficientes podem contribuir para o estresse no local de trabalho. O estresse crônico está associado a problemas de saúde mental, enquanto um ambiente de trabalho positivo pode promover a saúde mental e emocional.

Sendo assim, garantir relações de trabalho saudáveis, remuneração justa e benefícios adequados não apenas melhora o ambiente de trabalho, mas também é fundamental para promover a saúde, a segurança e a qualidade de vida dos colaboradores em todos os aspectos. Essa abordagem integrada cria um ciclo positivo em que colaboradores satisfeitos contribuem para o sucesso e a sustentabilidade da organização.

A relação entre relações de trabalho, remuneração e benefícios, em conjunto com os impactos e relacionamentos com a comunidade é uma interconexão capaz de promover a sustentabilidade e o sucesso de uma cooperativa.

A cooperativa apresentar bom desempenho nas relações de trabalho, remuneração justa e benefícios adequados não apenas influenciam o ambiente interno da organização, mas também desempenham um papel importante na forma como a empresa

é percebida e aceita pela comunidade local. Essa interação positiva contribui para uma parceria harmoniosa e sustentável entre a organização e a comunidade em que opera.

Ao conseguir manter uma relação positiva entre treinamento e desenvolvimento, e saúde, segurança e qualidade de vida, a cooperativa consegue garantir que os colaboradores estejam preparados, seguros e capazes de desempenhar suas funções de maneira eficaz e saudável.

Ao integrar efetivamente o treinamento e desenvolvimento, e saúde, segurança e qualidade de vida, as organizações não apenas cumprem padrões regulatórios, mas também criam ambientes de trabalho que promovem o bem-estar global dos colaboradores, resultando em equipes mais saudáveis, engajadas e produtivas.

A relação entre treinamento e desenvolvimento, e impactos e relacionamentos com a comunidade é indicação de responsabilidade social corporativa. A forma como uma organização investe em treinamento e desenvolvimento pode ter impactos significativos na comunidade ao seu redor.

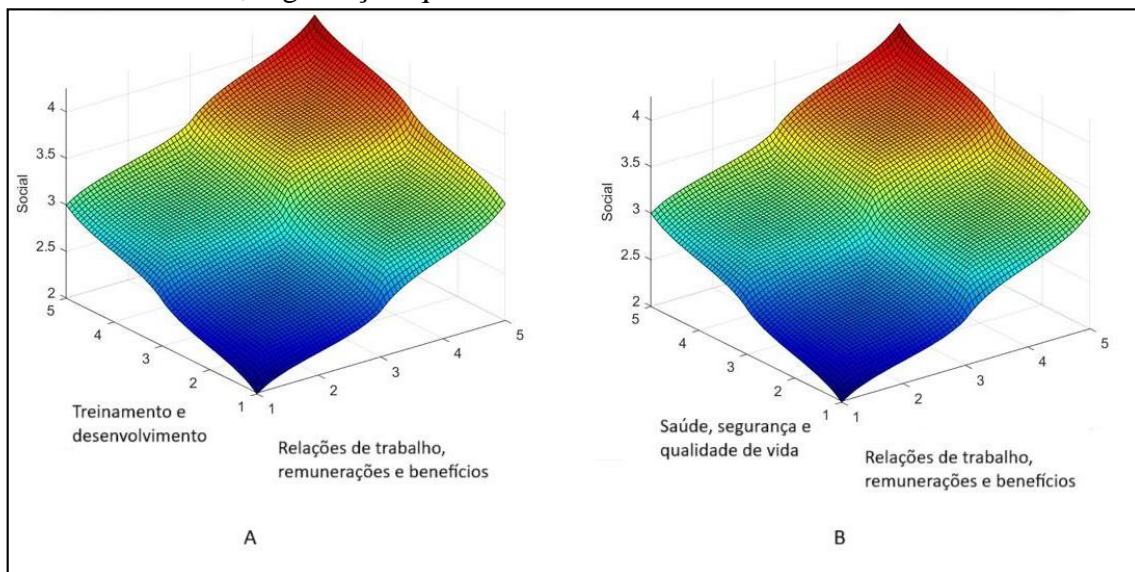
Ao alinhar estrategicamente os programas de treinamento, e desenvolvimento com os impactos e relacionamentos com a comunidade, as cooperativas podem não apenas fortalecer sua imagem social, mas também desempenhar um papel ativo na sustentabilidade da comunidade em que operam. Essa abordagem integrada contribui para um ambiente empresarial mais ético, inclusivo e socialmente responsável.

Estar em conformidade com saúde, segurança e qualidade de vida, e engajamento com os impactos e relacionamentos com a comunidade proporciona o bem-estar geral das populações locais e contribui para o estabelecimento de uma cooperativa como membro responsável e sustentável da comunidade.

Nesse sentido, a saúde, segurança e qualidade de vida não são apenas preocupações internas de uma empresa, mas têm implicações significativas para a comunidade circundante. Empresas que reconhecem e abordam essas relações de maneira proativa fortalecem seu papel como membros responsáveis e engajados na comunidade em que operam.

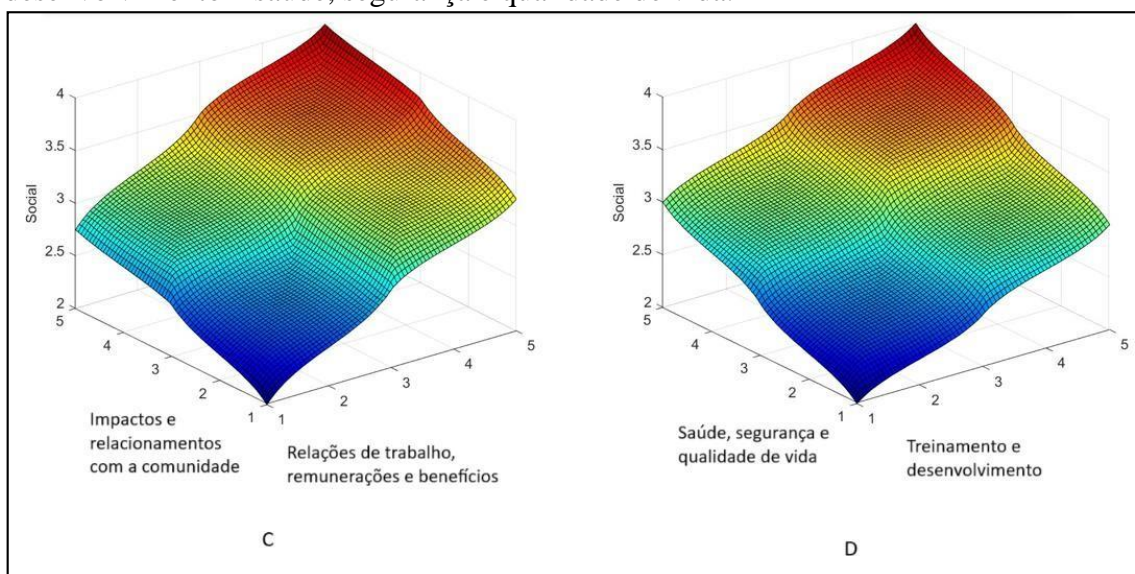
As Figuras 50, 51 e 52 a seguir, apresentam a visualização gráfica tridimensional agrupada dos subindicadores relacionados ao indicador social.

Figura 50 – Gráficos tridimensionais agrupados – A) relações de trabalho, remuneração e benefícios x treinamento e desenvolvimento; B) relações de trabalho, remuneração e benefícios x saúde, segurança e qualidade de vida.



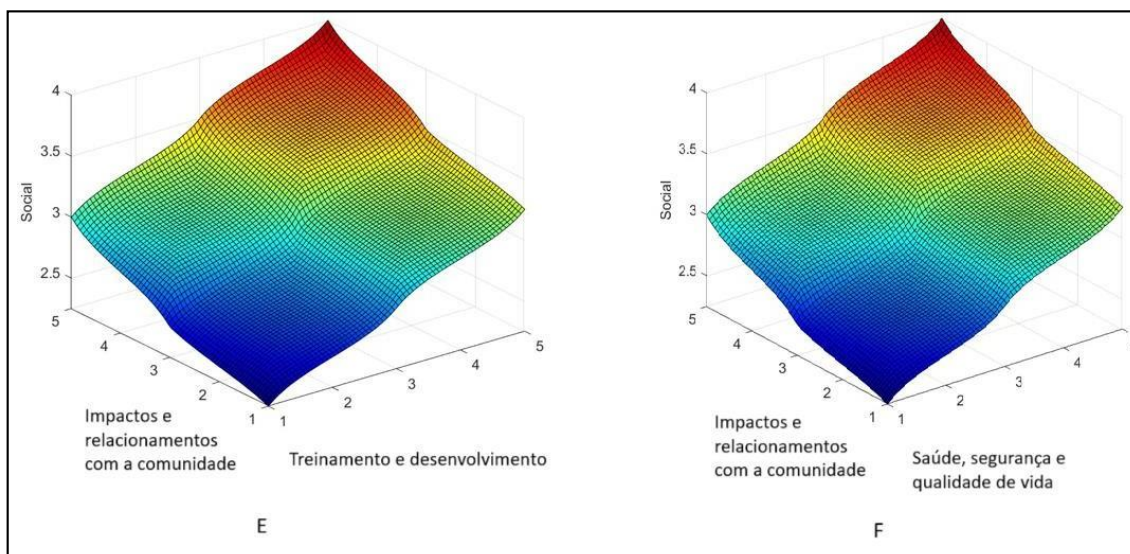
Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

Figura 51 – Gráficos tridimensionais agrupados – C) relações de trabalho, remuneração e benefícios x impactos e relacionamentos com a comunidade; D) treinamento e desenvolvimento x saúde, segurança e qualidade de vida.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

Figura 52 – Gráficos tridimensionais agrupados – E) treinamento e desenvolvimento x impactos e relacionamentos com a comunidade; F) impactos e relacionamentos com a comunidade x treinamento e desenvolvimento.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

8.1.4 Modelo de fuzzificação – Indicador Ambiental

Apresenta-se no Quadro 11, a descrição do modelo de indicador ambiental com os subindicadores e fatores de análise. A escala *Likert* do indicador ambiental foi “não se aplica”, “aplica com baixa intensidade”, “aplica com média intensidade”, “aplica com alta intensidade”, “aplica totalmente”.

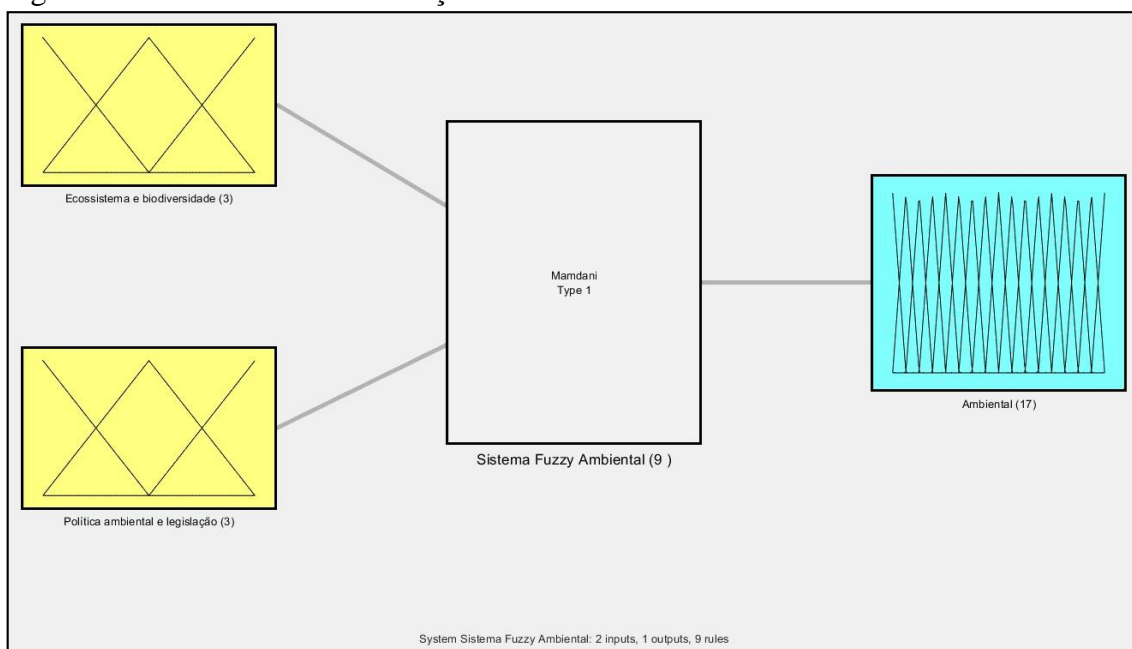
Quadro 11 – Indicadores e subindicadores do modelo – Ambiental.

Indicador	Subindicador	Fatores de análise
Ambiental	Ecossistema e biodiversidade	A cooperativa promove investimentos em proteção e preservação de nascentes de água, reuso de água, reflorestamento, tratamento de resíduos, utilização de energias renováveis.
		A cooperativa aplica controle de diminuição do uso de pesticidas pelos cooperados, bem como coleta de embalagens tóxicas.
		A cooperativa desenvolve ações de prevenção com foco nos 4Rs: repensar, reduzir, reutilizar e reciclar.
		A cooperativa promove programas contínuos de educação e conscientização ambiental, aplicável aos colaboradores e cooperados.
	Política ambiental e legislação	A cooperativa faz avaliação ambiental de seus fornecedores e cooperados.
		A cooperativa cumpre a legislação de limites de emissão de odores, poluição sonora, visual, emissão de partículas de poeira, destinação adequada de resíduos.
		A cooperativa possui política ambiental e realiza mapeamento e mitigação dos impactos negativos.
		A cooperativa dá preferência à compra de insumos ou serviços ambiental e socialmente legais

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 53 é possível identificar a estrutura básica do processo de *fuzzy*ificação das 2 entradas do indicador ambiental, sendo três classificações (Baixo, Médio e Alto), o processo de *fuzzy*ificação pelo método Mamdani, com as 9 regras possíveis e definidas pelos especialistas. A saída se apresenta na modelagem também com três classificações (Baixo, Médio e Alto), com 17 possibilidades encontradas.

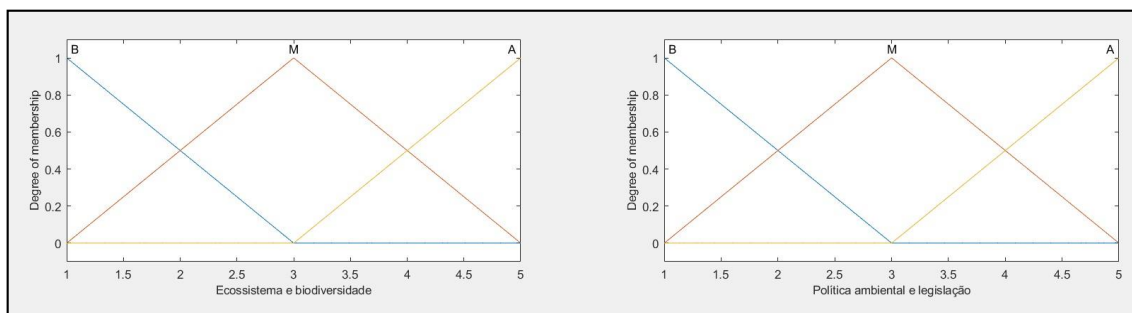
Figura 53 – Estrutura de *fuzzy*ificação dos subindicadores ambientais.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

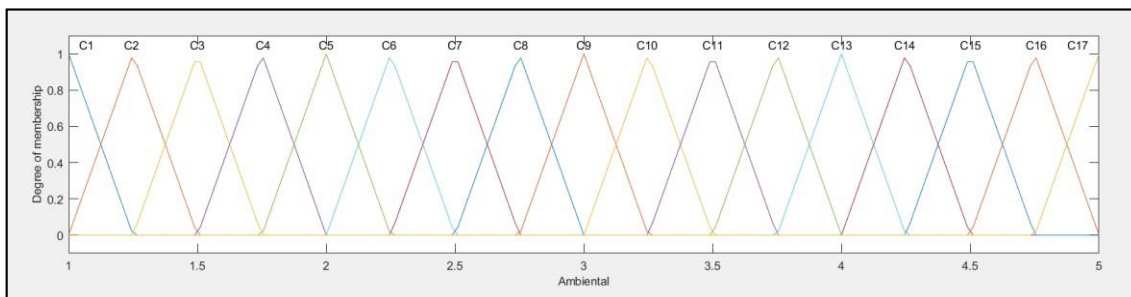
As funções de pertinência de entrada e saída nesse modelo relacionada ao indicador ambiental são apresentadas como: Baixa, Média e Alta, e podem ser visualizadas nas Figuras 54 e 55.

Figura 54 – Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* das variáveis de entrada – Indicador ambiental.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

Figura 55 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de saída – Indicador ambiental.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

A compreensão e a promoção de um ecossistema saudável e da biodiversidade são aspectos importantes para as cooperativas, especialmente aquelas envolvidas em setores como agricultura e produção de alimentos, pois dependem diretamente dos recursos naturais.

As cooperativas devem adotar práticas que promovam a sustentabilidade ambiental, uma vez que isso envolve a gestão responsável dos recursos naturais, a redução do desperdício e a minimização do impacto ambiental de suas operações. A adoção de práticas agrícolas sustentáveis é necessária em tempos de busca pelo alcance dos ODS. Isso inclui o uso responsável de fertilizantes, a prática de rotação de culturas, a conservação do solo e a minimização do uso de pesticidas, contribuindo para a saúde do ecossistema agrícola.

Nesse sentido, as cooperativas podem desempenhar um papel na conservação da biodiversidade ao proteger ecossistemas locais, preservar habitats naturais e apoiar a variedade de espécies em suas áreas de operação e, isso não apenas beneficia a natureza, mas também fortalece a resiliência das atividades econômicas a longo prazo.

Para este indicador, são adotadas as variáveis relacionadas a investimentos em proteção e preservação de nascentes de água; reuso de água; reflorestamento; tratamento de resíduos; utilização de energias renováveis; controle de diminuição do uso de pesticidas pelos cooperados, bem como coleta de embalagens tóxicas; ações de prevenção com foco nos 4Rs (repensar, reduzir, reutilizar e reciclar); e programas contínuos de educação e conscientização ambiental, aplicável aos colaboradores e cooperados.

Política ambiental e legislação e ecossistema e biodiversidade

A política ambiental e a legislação estabelecem as diretrizes e regulamentos que orientam as práticas ambientais, promovem a sustentabilidade e garantem a conformidade legal.

A legislação ambiental define as regras e padrões que as organizações devem seguir para garantir a conformidade legal e, cumprir essas regulamentações contribui para evitar penalidades legais, multas e possíveis sanções que possam resultar de práticas não conformes.

As políticas ambientais e a legislação têm como objetivo a proteção do meio ambiente, elas estabelecem normas para evitar a poluição, proteger habitats naturais, preservar a biodiversidade e conservar os recursos naturais. A política ambiental proporciona às cooperativas um quadro estratégico para incorporar práticas sustentáveis e socialmente responsáveis em suas operações; isso não apenas atende às expectativas da sociedade, mas também reforça a imagem da cooperativa como uma entidade comprometida com a responsabilidade social e ambiental.

Adotar políticas ambientais rigorosas e cumprir a legislação contribui para a credibilidade da cooperativa. Pois, os consumidores, parceiros de negócios e a comunidade em geral tendem a confiar e apoiar organizações que demonstram um compromisso sério com a sustentabilidade ambiental.

À medida que a conscientização ambiental cresce entre os consumidores, investidores e parceiros de negócios, adotar políticas ambientais alinhadas com as expectativas do mercado torna-se cada vez mais importante, com isso pode abrir oportunidades de mercado e fortalecer a posição competitiva da cooperativa.

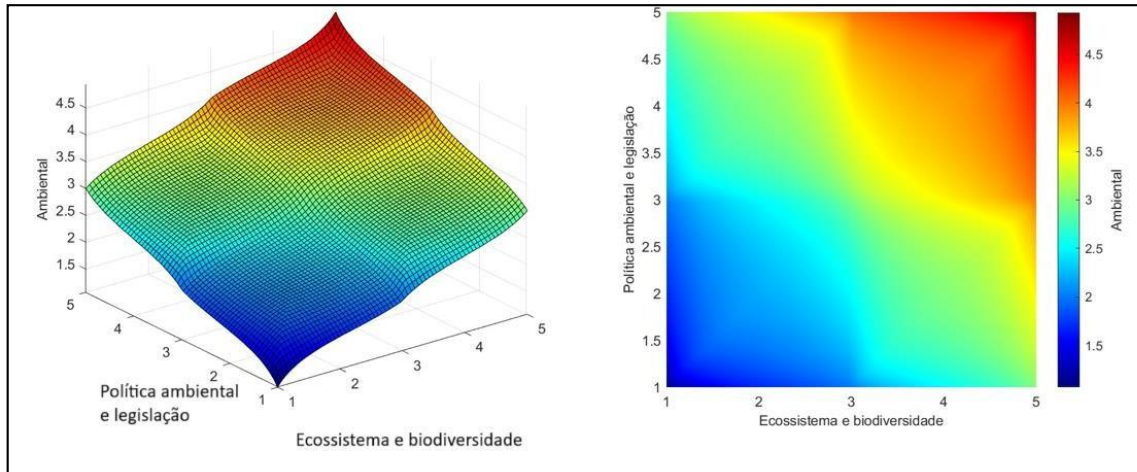
Para este indicador, estão relacionadas as variáveis sobre avaliação ambiental de seus fornecedores e cooperados; cumprimento da legislação em limites de emissão de odores; poluição sonora e visual; emissão de partículas de poeira; destinação adequada de resíduos; política ambiental, mapeamento e mitigação dos impactos negativos; preferência à compra de insumos ou serviços ambiental e socialmente legais.

A Figura 56 apresenta o gráfico tridimensional e o mapa de contorno das variáveis de entrada ecossistema e biodiversidade, e política ambiental e legislação.

Ao integrar e cumprir políticas ambientais e legislação relacionadas à biodiversidade e ecossistemas, as cooperativas não apenas atendem aos requisitos legais, mas também contribuem para a conservação ambiental e se posicionam como agentes responsáveis no contexto socioeconômico. Essa abordagem não só beneficia o meio

ambiente, mas também fortalece a reputação da cooperativa, promovendo práticas sustentáveis e éticas.

Figura 56 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Ecosistema e biodiversidade, e política ambiental e legislação.



Fonte: Elaborada pela autora por meio do software Matlab.

9 APLICAÇÃO DO MODELO

Este capítulo aborda a aplicação do modelo nas cooperativas participantes da pesquisa. Foram sete cooperativas, duas do estado de São Paulo e cinco de Minas Gerais. São analisados os indicadores: econômico, governança, social e ambiental.

9.1 PERFIL DAS COOPERATIVAS PARTICIPANTES DA PESQUISA

Foram sete cooperativas participantes da pesquisa, sendo cinco cooperativas da cultura do leite que estão sediadas no estado de Minas Gerais, e duas cooperativas da cultura do amendoim sediadas no estado de São Paulo.

As cooperativas da cultura de leite estão representadas graficamente como: CL1, CL2, CL3, CL4 e CL5; e as cooperativas da cultura do amendoim estão representadas graficamente como: CA1 e CA2. O Quadro 12 apresenta um panorama do perfil das cooperativas participantes da pesquisa.

Quadro 12 – Panorama das cooperativas participantes da pesquisa

Cooperativa	Cultura	Inauguração	Atuação/ mercado	Nº colaboradores	Mix de produtos
CA1 ⁸	Amendoim	1960	Nacional/ Internacional	520	limpeza, secagem, armazenagem, benefício e blanching de amendoim
CA2 ⁹	Amendoim	1963	Nacional/ Internacional	300	Produção e comercialização de amendoim; produtos de amendoim para o consumidor final; tratamento de sementes
CL1	Leite	1985	Regional	55	Captação de leite; nutrição animal; supermercado; farmácia; loja agropecuária
CL2	Leite	1993	Nacional	680	Leite longa vida (principal produto), achocolatadas, leite condensado, sucos,

⁸ A cooperativa CA1 possui outros segmentos de atuação, como: café, látex, pecuária e plano de saúde; porém os dados apresentados são referentes ao segmento amendoim.

⁹ A cooperativa CA2 possui outros segmentos de atuação, como: cana-de-açúcar, soja e outras culturas em menor escala; porém os dados apresentados são referentes ao segmento amendoim.

					vitaminas, entre outros
CL3	Leite	1959	Nacional	360	Leite longa vida, queijos, manteigas, creme de leite, achocolatados, entre outros
CL4	Leite	2006	Regional	13	Assistência agrícola, veterinária e zootécnica; orientação e acompanhamento da qualidade da produção; insumos, implementos e medicamentos; viabilidade comercial
CL5	Leite	1963	Regional	627	Leite, iogurte, manteigas e derivados; possui postos de combustíveis; farmácia; fábrica de ração; hipermercado; loja de produtos agropecuários

Fonte: Elaborado pela autora

As cooperativas CL1 e CL4 são de menor porte, contando com menos de 100 funcionários cada. Em contraste, as demais cooperativas possuem uma estrutura maior com mais de 300 colaboradores.

As organizações foram questionadas sobre frequência com que realizam reuniões do conselho/diretoria, sendo que a CL1 realiza reuniões semanalmente e a CL3 quinzenalmente, todas as demais realizam suas reuniões mensais, ou em alguns casos, podem ocorrer reuniões extraordinários, conforme necessidade.

Quando questionadas sobre a frequência das assembleias com os cooperados, as cooperativas apresentaram uma diversidade de respostas. Quatro cooperativas realizam assembleias anualmente, enquanto outras adotam diferentes intervalos: algumas realizam assembleias mensalmente, trimestralmente ou semestralmente.

O Quadro 13 ilustra a estrutura de governança das cooperativas, além de detalhar as frequências das reuniões do conselho e da assembleia com os cooperados.

Quadro 13 – Composição da estrutura de governança

Cooperativa	Como é formada a Estrutura de Governança Cooperativa?	Com que frequência a cooperativa realiza reuniões do conselho/diretoria?	Com que frequência são realizadas as assembleias com os cooperados?
CA1	Assembleia Geral, Conselho de Administração, Conselho Fiscal, Diretor Presidente, Diretor Superintendente, Marketing, Operações Comerciais, Conselho Externo, Controladoria.	Mensalmente	Anualmente
CA2	Conselho Diretor, Conselho Fiscal, Diretoria Executiva.	Mensalmente	Trimestralmente
CL1	Diretor Presidente; Diretor Comercial, Diretor Secretário.	Semanalmente	Semestralmente
CL2	Conselho de Administração, Conselho Fiscal, Diretoria eleita, dois diretores executivos de mercado.	Mensalmente	Anualmente
CL3	Conselho Administração (Presidente, vice-presidente e conselheiros).	Quinzenalmente	Anualmente
CL4	Diretoria Administrativa e Conselho Fiscal.	Mensalmente	Anualmente
CL5	Diretoria, Conselho Fiscal e Conselho Administrativo.	Mensalmente	Mensalmente

Fonte: Elaborado pela autora

Sobre a existência de procedimentos formais para a prestação de contas dos resultados econômicos, sociais e ambientais, todas as cooperativas afirmaram realizar tais procedimentos. No entanto, é importante destacar que as cooperativas CL1 e CL4 restringem sua divulgação apenas aos resultados econômicos, não incluindo os resultados sociais e ambientais em seus relatórios. Em relação aos relatórios de sustentabilidade somente a CA1 possui e publica anualmente, as demais ainda não possuem tais relatórios.

No que diz respeito aos fechamentos anuais contábeis, todas as cooperativas divulgam seus relatórios de demonstração de fluxo de caixa. Além disso, promovem reuniões específicas para prestação de contas, garantindo transparência e permitindo que os cooperados estejam plenamente informados sobre a situação financeira da cooperativa.

Em relação à prestação de contas dos investimentos na comunidade em seus relatórios de sustentabilidade, apenas três cooperativas - CA1, CA2 e CL3 - responderam positivamente. As demais cooperativas não adotam essa prática. O Quadro 14 apresenta as pontuações das cooperativas no modelo de indicadores de sustentabilidade.

Quadro 14 – Pontuação das cooperativas

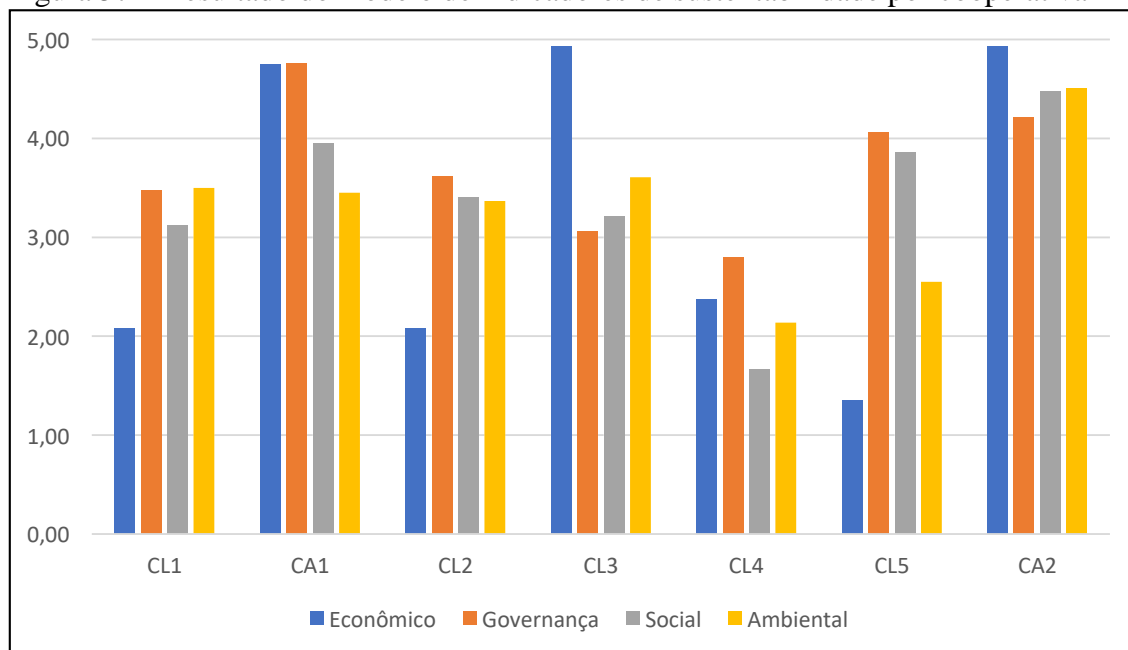
Indicador	Cooperativas ¹⁰						
	1	2	3	4	5	6	7
	CL1	CA1	CL2	CL3	CL4	CL5	CA2
Econômico	2,08	4,75	2,08	4,93	2,38	1,35	4,93
Governança	3,48	4,76	3,61	3,06	2,80	4,07	4,21
Social	3,12	3,95	3,40	3,22	1,66	3,86	4,47
Ambiental	3,50	3,45	3,37	3,61	2,14	2,55	4,51

Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 57 apresenta os resultados dos indicadores de sustentabilidade para cada cooperativa e suas respectivas vertentes. Observa-se que as cooperativas CA1 e CA2 mantêm uma padronização consistente em seus indicadores, refletindo uma sólida estrutura de governança e a implementação de procedimentos formais de prestação de contas. A cooperativa CA1 menciona sobre os procedimentos formais de prestação de contas dos resultados econômicos, sociais e ambientais: *“é uma atividade econômica orientada para a geração de valor econômico-financeiro, ético, social e ambiental, cujos resultados são compartilhados com nossos cooperados. Sua produção e comercialização são organizadas de modo a reduzir continuamente o consumo de bens naturais e de serviços ecossistêmicos, a conferir competitividade e continuidade à própria atividade e a promover e manter o desenvolvimento sustentável da sociedade cooperativa”* (Gestor da CA1).

¹⁰ *Onde: 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 representam respectivamente as cooperativas CL1, CL2, CL3, CL4, CL5, CA1 e CA2, para os gráficos gerados a partir da lógica *fuzzy*, evitando assim excesso de informações nos gráficos.

Figura 57 – Resultado do modelo de indicadores de sustentabilidade por cooperativa



Fonte: Elaborada pela autora

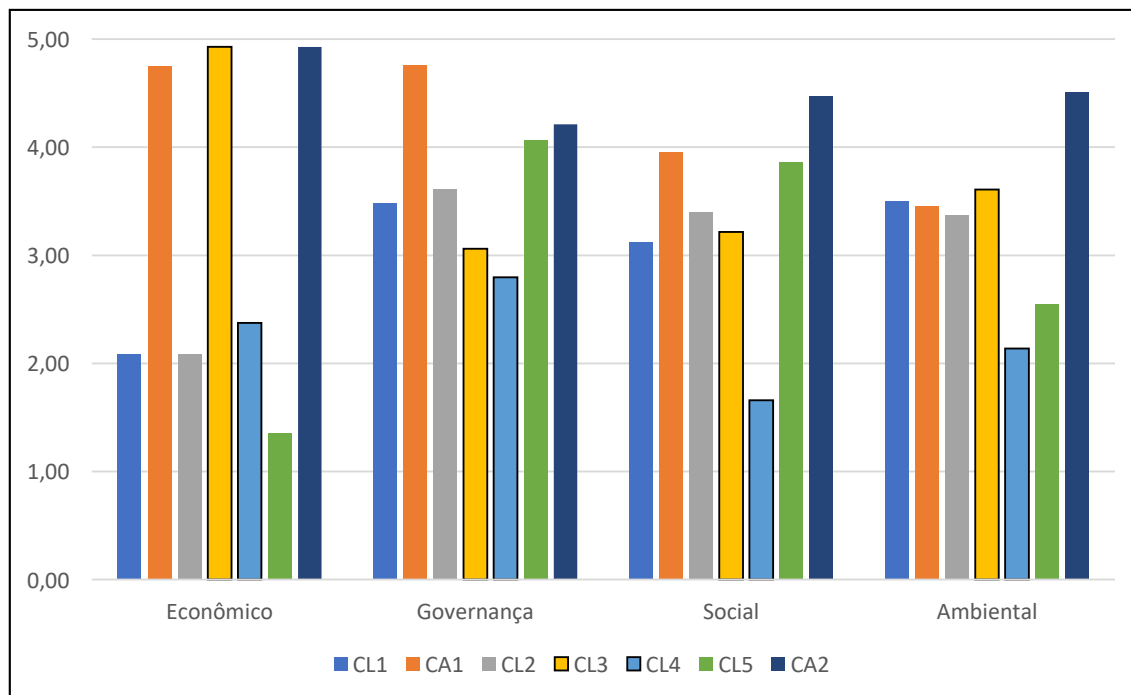
A Figura 58 apresenta os resultados por vertente de cada indicador da sustentabilidade avaliado. As cooperativas de amendoim CA1 e CA2, juntamente com a CL3, destacam-se na vertente econômica. A cooperativa CA2, em particular, demonstra bons resultados em todos os aspectos da sustentabilidade, refletindo sua sólida estrutura de governança. No entanto, apesar de seu desempenho, a CA2 não possui relatório de sustentabilidade, apenas informativos que divulga em seu website, limitando a prestação de conta contábil a comunicados internos.

Em relação a vertente governança, as cooperativas CA1 e CA2 aplicam totalmente com alta intensidade todos os fatores de análise. A CL4 que possui a menor avaliação em governança, pois não aplica ou aplica com baixa intensidade os fatores de análise.

Sobre a vertente social, são referências as cooperativas CA2 e CL5 pois aplicam os fatores de análise totalmente ou com alta intensidade, porém ainda necessitam de ações que melhorem suas atividades em relação as questões sociais. A CL4 possui menor relação com o indicador social, não aplica a maioria dos fatores de análise aplicados no modelo e alguns com baixa intensidade.

Em relação a vertente ambiental não existe muita variação entre as cooperativas, com destaque para CA2, mas é possível identificar que todas elas precisam desenvolver ações para melhorar seus aspectos ambientais.

Figura 58 – Resultado do modelo de indicadores de sustentabilidade por vertente da sustentabilidade



Fonte: Elaborada pela autora

9.1.1 Modelo Indicador Econômico

O indicador econômico de sustentabilidade é uma ferramenta de gestão eficiente de qualquer organização, incluindo às cooperativas. Esse indicador fornece uma visão clara e objetiva do equilíbrio financeiro e do desempenho econômico da cooperativa, permitindo uma gestão mais informada e estratégica.

Um dos benefícios desse indicador é a promoção da transparência. Em uma cooperativa, onde os cooperados são, ao mesmo tempo, proprietários e clientes, é importante que todos tenham acesso a informações claras e precisas sobre a situação financeira da organização. Os subindicadores de solvência, rentabilidade, estrutura de capital, a dinâmica do capital de giro e geração de caixa ajudam a fornecer uma visão detalhada do desempenho econômico, facilitando a prestação de contas aos cooperados.

Outro fator importante de se conhecer claramente o indicador econômico é para a tomada de decisões. Ele fornece dados concretos que ajudam os gestores a identificarem áreas de melhoria, avaliar o impacto de políticas e ações, e planejar o futuro da cooperativa. Por exemplo, a análise de indicadores de liquidez pode revelar a

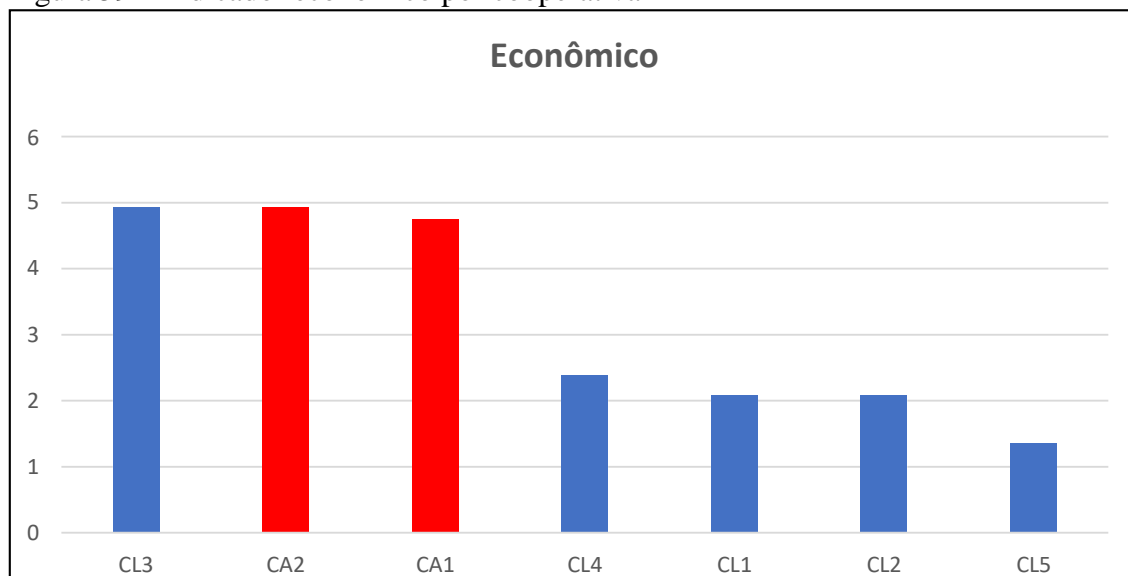
capacidade da cooperativa de honrar seus compromissos de curto prazo, enquanto indicadores de rentabilidade podem indicar a eficiência da organização em gerar lucros a partir de suas operações.

A sustentabilidade econômica está relacionada à capacidade da cooperativa de se manter viável e competitiva a longo prazo. Indicadores como crescimento da receita, endividamento e eficiência operacional auxiliam a avaliar a sustentabilidade da cooperativa. A análise contínua desses indicadores permite identificar tendências e tomar medidas preventivas contra possíveis crises financeiras, garantindo a longevidade e a prosperidade da cooperativa.

Indicadores econômicos permitem decisões de crescimento e expansão das operações, uma cooperativa muitas vezes precisa atrair investimentos e formar parcerias. Os indicadores de sustentabilidade econômica sólidos demonstram a estabilidade e a saúde financeira da cooperativa, tornando-a mais atrativa para investidores e parceiros. Indicadores como retorno sobre ativos (ROA) e retorno sobre patrimônio líquido (ROE) são frequentemente utilizados para avaliar o potencial de retorno do investimento, aumentando a confiança dos stakeholders na cooperativa.

Ao analisar os indicadores das cooperativas, os cooperados veem que a organização está financeiramente sustentável, eles tendem a se engajar mais ativamente e a contribuir para o seu sucesso. Na Figura 59 é possível identificar como a CA1, CL3 e CA2 possuem esta visão de sustentabilidade econômica da cooperativa, e como isso pode auxiliar na tomada de decisão, medidas de expansão, competitividade de longo prazo e transparência.

Figura 59 – Indicador econômico por cooperativa



Fonte: Elaborada pela autora

A Figura 60, demonstra, a partir do modelo *fuzzy* como as cooperativas se comportam em relação ao indicador econômico, neste exemplo, sendo utilizados os subindicadores rentabilidade e geração de caixa como variável de saída. Para esses subindicadores são considerados os fatores de análise: retornos (ROA, ROE e ROI) e avaliação do EBTIDA. Nesse caso, a cooperativa CL3, por exemplo, realiza mensalmente (5,0) acompanhamento dos fatores econômicos, de solvência, rentabilidade, estrutura de dinâmica de capital de giro e geração de caixa.

No modelo *fuzzy*, quanto mais próximo o posicionamento (da cooperativa) à cor vermelha, maior valor da variável de saída, indicando um desempenho melhor. Por outro lado, quanto mais próxima da cor azul, menores valores da variável de saída, sugerindo um desempenho mais fraco. No caso da cooperativa CL5, que monitora seus índices de liquidez apenas anualmente (2,0), a situação é agravada pelo fato de que não realiza (1,0) nenhuma avaliação de indicadores importantes como ROA, ROE, ROI, índices de endividamento, necessidade de capital de giro, fontes de financiamento e EBTIDA.

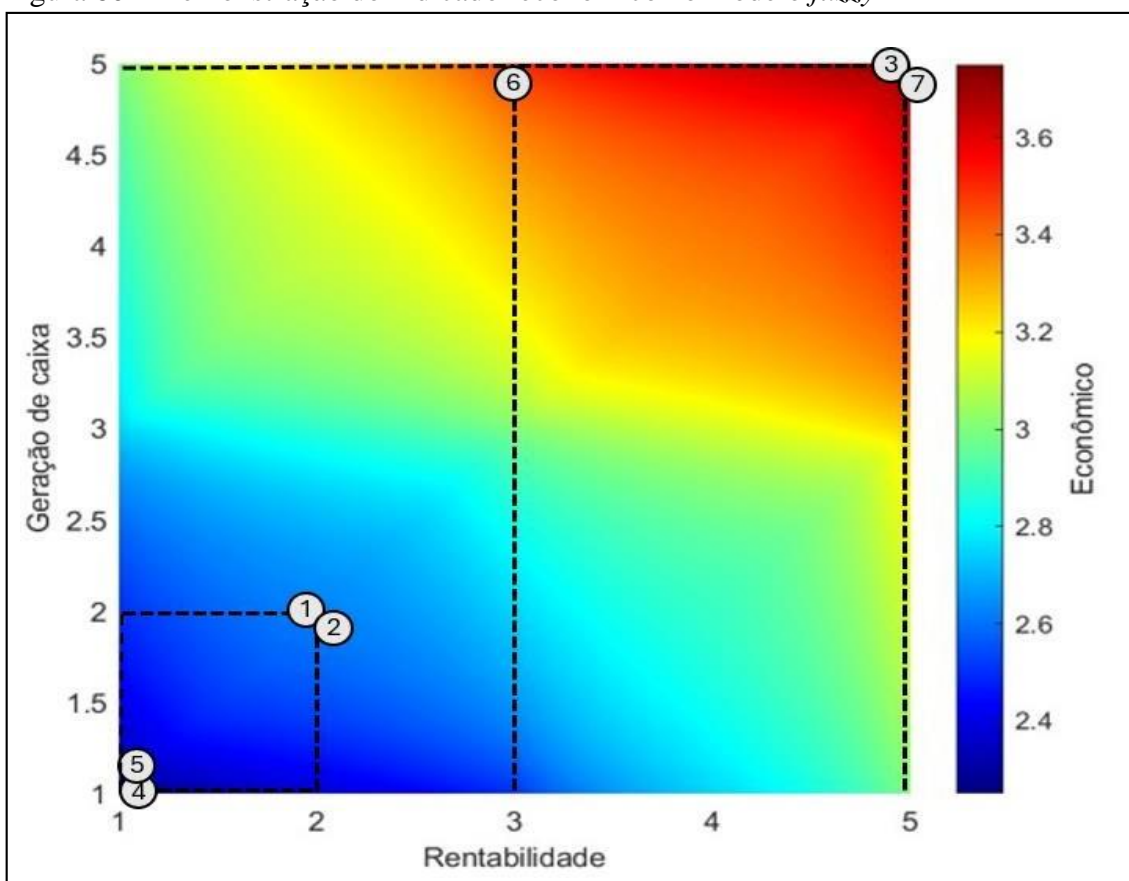
Por outro lado, as cooperativas CL1 e CL2 realizam essas avaliações, mas apenas anualmente (2,0). Isso destaca a necessidade de uma avaliação mais frequente desses fatores, que são importantes para a sustentabilidade econômica da cooperativa.

No caso da CA1, demonstra um bom indicador de sustentabilidade econômica ao analisar mensalmente (5,0) sua geração de caixa. No entanto, sua rentabilidade é

avaliada apenas semestralmente (3,0). Essa prática pode ser aprimorada ao aumentar a frequência da avaliação de fatores como ROA, ROE e ROI. Essas métricas são capazes de medir a capacidade da cooperativa de gerar lucros a partir de seus ativos, a rentabilidade dos recursos próprios dos cooperados, bem como a rentabilidade dos investimentos feitos pela cooperativa.

Portanto, embora a CA1 não possa ser considerada insustentável economicamente, melhorar a periodicidade dessas avaliações representaria uma gestão mais eficaz e uma visão clara de eficiência operacional.

Figura 60 – Demonstração do indicador econômico no modelo *fuzzy*



Fonte: Elaborada pela autora

*Onde: 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 representam respectivamente as cooperativas CL1, CL2, CL3, CL4, CL5, CA1 e CA2, para este gráfico e para todos os demais indicadores.

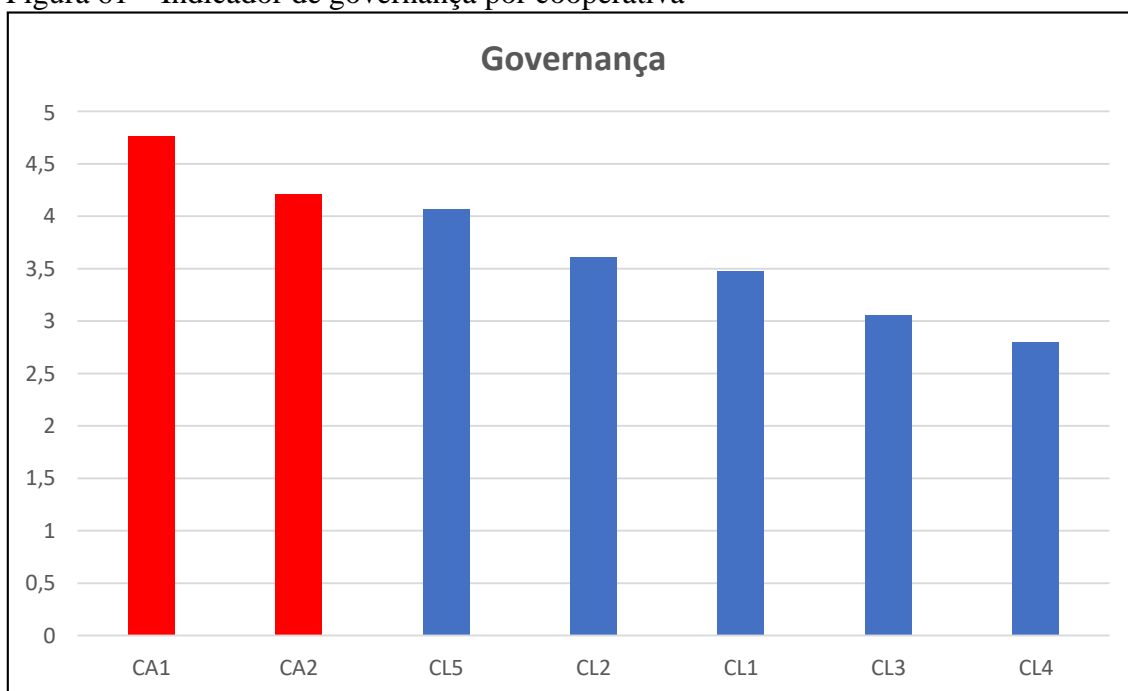
9.1.2 Modelo Indicador Governança

O indicador de governança permite assegurar sua eficácia, transparência e sustentabilidade em longo prazo. Refere-se às práticas e processos pelos quais as

cooperativas são dirigidas e controladas, incluindo a estrutura de liderança, os processos de tomada de decisão e mecanismos de prestação de contas. Em cooperativas onde os cooperados são também os proprietários, a governança assume papel de garantir que os interesses de todos sejam atendidos de forma justa e eficiente. Foram considerados como subindicadores a visão organizacional, gestão empresarial e visão estratégica da cooperativa.

A Figura 61 demonstra como as cooperativas aplicam este subindicador, que possuem importantes fatores de análise como, por exemplo, em relação aos princípios e valores cooperativos, balanço social e planejamento estratégico, código de conduta, sobre formação de comitês de auditoria, políticas de criação de valores, inclusão de cooperados na elaboração de políticas, entre outros. E nesse cenário, é possível observar que as cooperativas CA1, CA2 e CL5, por exemplo, possuem um melhor nível de aplicabilidade. A CA1 aplica a maioria dos fatores de análise totalmente, enquanto a CL4 não aplica de grande parte desses fatores em sua gestão.

Figura 61 – Indicador de governança por cooperativa



Fonte: Elaborada pela autora

A Figura 62, ilustra, com base no modelo *fuzzy*, como as cooperativas se configuram em relação ao indicador de governança, nesse exemplo, foram utilizados os

subindicadores visão organizacional e gestão empresarial. O modelo revela como as cooperativas CA1, CA2 e CL5 aplicam suas estratégias de governança.

Por outro lado, as cooperativas CL1, CL2 e CL3 podem facilmente melhorar seus índices de aplicabilidade nesses fatores de análise e, realizando avaliações mais frequentes e abrangentes. A cooperativa CL4, em particular, necessita intensificar seus indicadores de governança para alcançar um desempenho mais sólido.

O indicador de sustentabilidade de governança assegura que a cooperativa opera de maneira transparente, eficiente e justa, e que promove uma participação democrática dos cooperados.

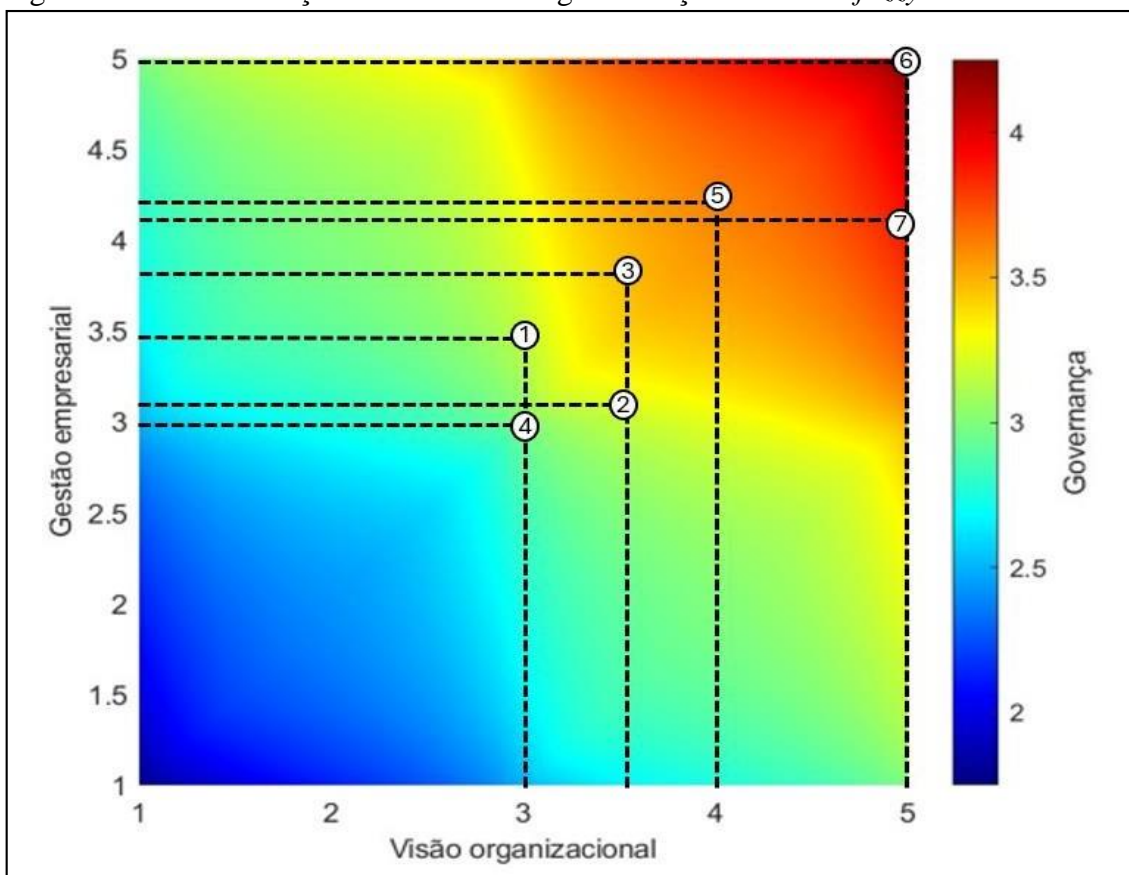
O modelo *fuzzy* para esse exemplo, que considera a gestão empresarial e a visão organizacional, representa pilares importantes para o sucesso e sustentabilidade das cooperativas. A gestão empresarial eficiente garante que os recursos sejam utilizados de maneira eficaz, as operações sejam bem coordenadas e os objetivos alcançados. Uma gestão robusta facilita a tomada de decisões informadas, promove transparência e fortalece a confiança entre os cooperados e comunidade, elementos importantes para o engajamento dentro e fora da cooperativa. E ao analisar o resultado das cooperativas sobre a gestão empresarial, percebe-se que CL1, CL2, CL3 e CL4 precisam melhorar esta aplicabilidade.

Um dos fatores de análise da gestão empresarial remete ao comprometimento da cooperativa com auditorias e certificações. Nesse aspecto foi possível identificar que a CA1 possui amplo envolvimento, pois além de conquistar vendas externas, possuem certificações como HALAL, KOSHER e FDA, sua indústria adequou seus processos para receber auditorias e a certificação BRC Global Standard Food Safety Issue 8, com foco em exportações para União Europeia.

Na visão organizacional, por sua vez, fornece um direcionamento claro e compartilhado para os cooperados e demais stakeholders, pois define a missão, visão, valores e os objetivos de longo prazo, e ser como guia para todas as atividades e decisões. A visão organizacional articulada inspira os cooperados, alinha os esforços coletivos e cria um senso de propósito comum. As cooperativas CL1, CL2, CL3 e CL4, também precisam aprimorar a aplicabilidade nesses fatores de análise. Em especial, a CL4 necessita alinhar melhor sua estratégia de gestão empresarial e visão organizacional, conforme destacado na Figura 60.

Em conjunto, a gestão empresarial e visão organizacional não apenas promovem a eficiência e eficácia operacionais, mas garantem que a cooperativa se mantenha fiel aos seus princípios, adaptam-se às mudanças e prosperem em um ambiente competitivo.

Figura 62 – Demonstração do indicador de governança no modelo *fuzzy*



Fonte: Elaborada pela autora

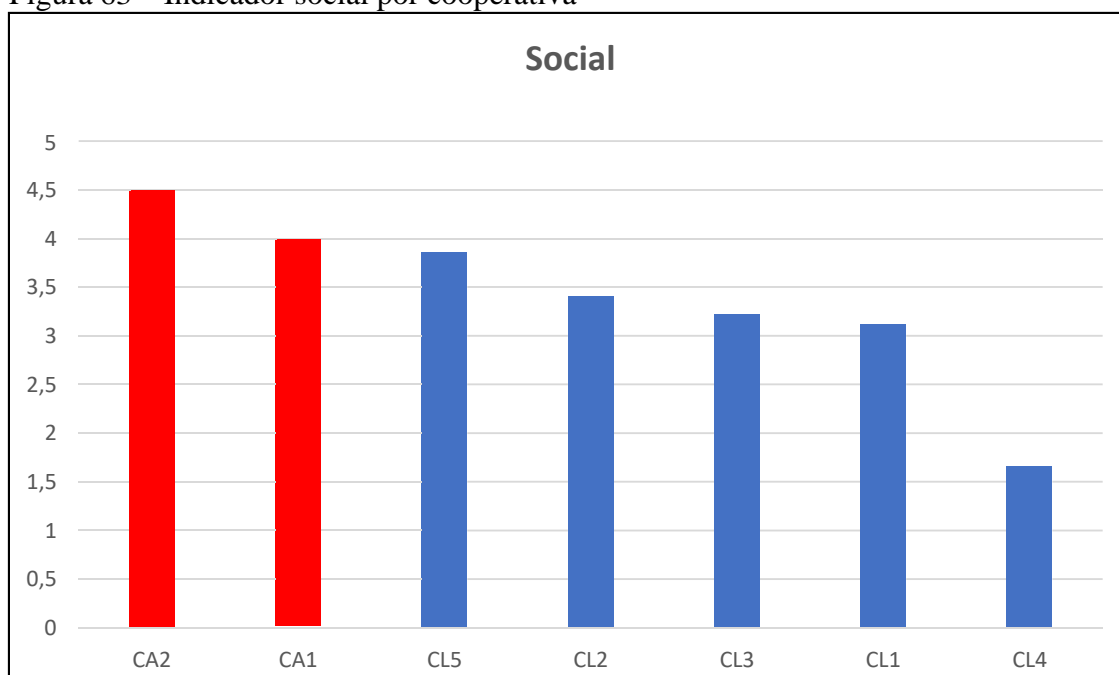
9.1.3 Modelo Indicador Social

O indicador de sustentabilidade social permite garantir que as organizações cooperativas cumpram sua missão de promover o bem-estar social e econômico de seus cooperados e da comunidade. Deste modo, colaboram com a cooperativa para monitorar e melhorar aspectos como satisfação dos cooperados, inclusão e equidade, por exemplo. A cooperativa é capaz de identificar áreas que necessitam de atenção e desenvolver estratégias para atender às necessidades de todos os envolvidos, e isso fortalece o compromisso com seus cooperados. Nesse sentido, observa-se na Figura 63, em qual

intensidade as cooperativas aplicam os fatores de análise relacionados aos subindicadores: relações de trabalho, remuneração e benefícios; treinamento e desenvolvimento; saúde, segurança e qualidade de vida; impactos e relacionamentos com a comunidade. A cooperativa CA2 aplica estes fatores com alta intensidade ou totalmente (4,47), e a torna com um resultado muito bom, o que reforça sua transparência e responsabilidade com os cooperados. A cooperativa CL4 não aplica, ou aplica com baixa e média intensidade esses fatores (1,66), e necessita melhorar esses aspectos e criar um ambiente de confiança mútua entre os cooperados, colaboradores e comunidade externa.

Ao medir e comunicar claramente o impacto social de suas ações, a cooperativa não só demonstra compromisso com os princípios cooperativos e sustentabilidade, mas também atrai novos cooperados e parceiros que compartilham os mesmos valores. Sendo assim, a avaliação constante de fatores sociais contribui com a sustentabilidade da cooperativa, assegurando que continue a prosperar.

Figura 63 – Indicador social por cooperativa



Fonte: Elaborada pela autora

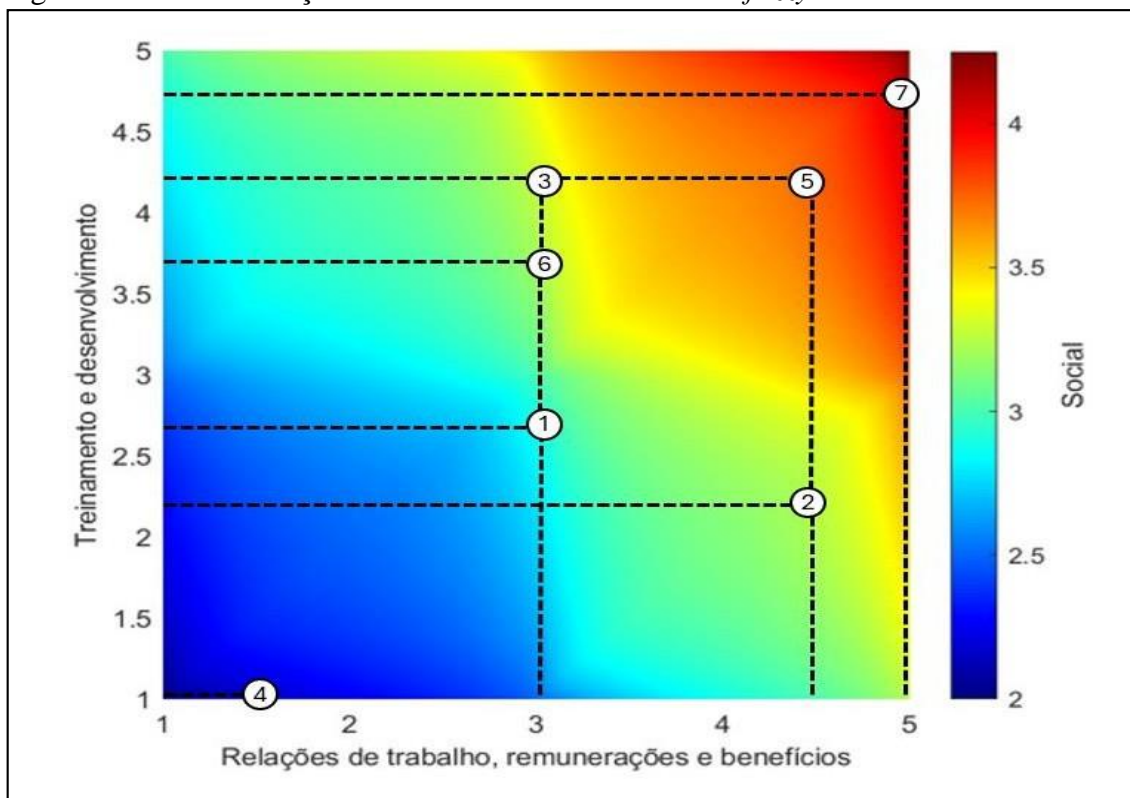
A Figura 64 demonstra, a partir do modelo *fuzzy*, como as cooperativas se comportam em relação ao indicador social, sendo que nesse exemplo foram utilizados os subindicadores relações de trabalho, remuneração e benefícios e treinamento e desenvolvimento. Para este exemplo de subindicadores, no subindicador treinamento e desenvolvimento a maior parte das cooperativas aplica com média ou alta intensidade, a

CA2 e CL5 aparecem com melhores pontuações, pois tratam este subindicador com alta intensidade. O contrário acontece com as cooperativas CL4, CL1 e CL2 que aplicam com média e baixa intensidade, no caso da CL4, não aplica esse subindicador.

A cooperativa CA2 possui o melhor desempenho nos fatores de análise do indicador social, e uma das demonstrações práticas está relacionada a capacitação entre os colaboradores e a segurança, disponibilizam os equipamentos de proteção individual (EPIs) e fiscalizam o seu uso além de adotar normas de saúde e segurança do trabalho (SST), segundo os gestores “implementamos ciclos de palestras mensais, com assuntos relacionados à segurança, saúde física e mental do colaborador, disponibilizamos canal de denúncias, bem como treinamentos em diversas áreas”(Gestor administrativo, 2023).

A cooperativa que possui um subindicador de treinamento e desenvolvimento constantes, possui um pilar frequente de sustentabilidade. Pois, investir em programas de capacitação permite que os cooperados e colaboradores desenvolvam novas habilidades e conhecimentos, nesse sentido, mantem a cooperativa competitiva e inovadora. Por outro lado, também promove a adaptabilidade e a prontidão para enfrentar desafios futuros, outro ponto positivo é fortalecer a capacidade de resposta da cooperativa às mudanças de mercado. Além do mais, é uma oportunidade de desenvolvimento pessoal e profissional, que empodera o engajamento entre os cooperados e colaboradores.

Em relação ao subindicador relações de trabalho, remuneração e benefícios, a cooperativa CA2 aplica totalmente e a cooperativa CL4 não aplica ou aplica com baixa intensidade. As demais cooperativas aplicam com média ou alta intensidade. Manter um ambiente de trabalho positivo, permite à cooperativa criar um ambiente cooperativo harmonioso, onde a colaboração e a solidariedade são incentivadas, a transparência e equidade nas relações de trabalho fortalecem a confiança e o engajamento. Em relação à remuneração e benefícios, igualmente importantes, refere-se a oferecer remuneração justa e competitiva, juntamente com benefícios abrangentes, não apenas atrai e retém talentos, como demonstra compromisso com o bem-estar dos colaboradores. A transparência e equidade nas políticas de remuneração são práticas que reforçam a confiança e a lealdade; tal medida contribui com a estabilidade da cooperativa. Outro fator importante trata-se de benefícios adicionais, como planos de saúde, previdência e programas de bem-estar, pois aumentam a motivação e qualidade de vida, e isso impacta positivamente a sustentabilidade, em longo prazo.

Figura 64 – Demonstração do indicador social no modelo *fuzzy*

Fonte: Elaborada pela autora

9.1.4 Modelo Indicador Ambiental

O indicador de sustentabilidade ambiental é importante para as cooperativas em vários aspectos, e a divulgação desse indicador permitem que as cooperativas prestem contas às partes interessadas, como os cooperados, clientes, comunidades locais e órgãos reguladores, deste modo, promove a transparência e confiança, constando o compromisso da cooperativa com a responsabilidade ambiental. Além do mais, ao analisar e demonstrar seus indicadores ambientais, as cooperativas podem tomar decisões mais informadas sobre suas operações e estratégias de negócios, em que inclui identificar áreas para melhorias ambientais, otimizar o uso de recursos naturais e reduzir impactos negativos no meio ambiente. Outro aspecto importante, é que, cada vez mais, os consumidores e empresas estão dando preferência a produtos e serviços provenientes de organizações ambientalmente responsáveis. Ao demonstrar um desempenho ambiental sólido, as cooperativas podem aumentar sua competitividade no mercado e acessar novos mercados.

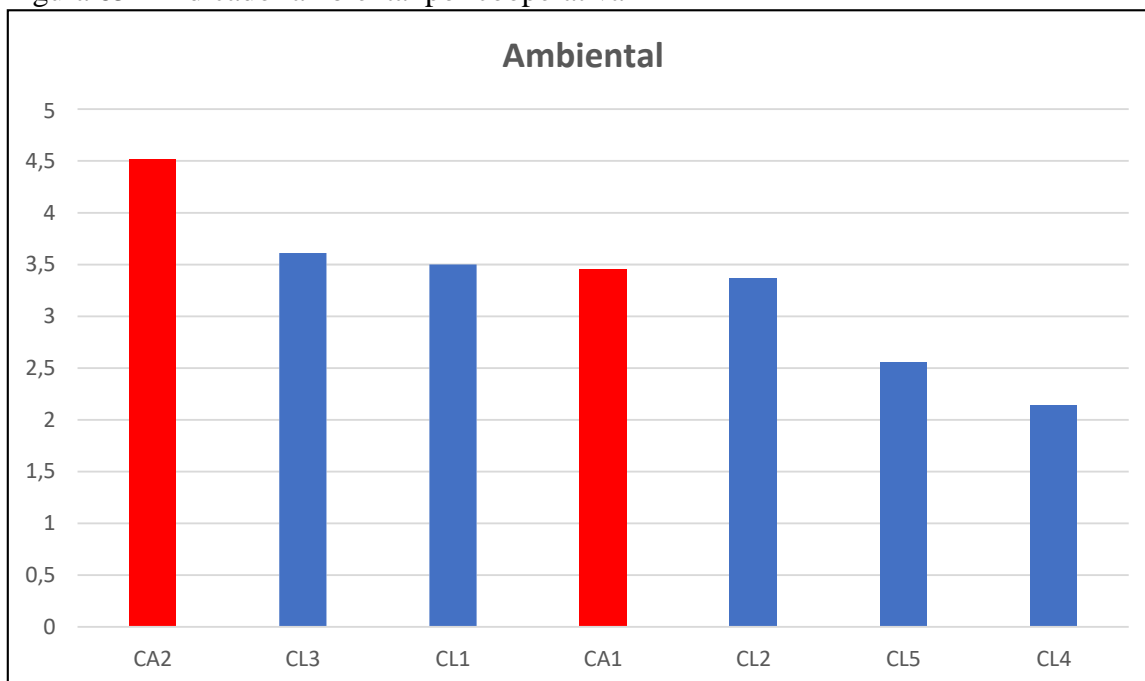
Nesse sentido, a Figura 65 retrata a intensidade das cooperativas aplicarem os fatores de análise para os subindicadores: ecossistema e biodiversidade, e política

ambiental e legislação. E é possível observar que a cooperativa CA2 aplica esses fatores com alta intensidade e totalmente, isso reforça seu compromisso e transparência com responsabilidade ambiental.

A CA2 afirma seus compromissos ambientais ao proporcionar ao produtor acesso aos serviços de laboratório da cooperativa, para a análise da matéria-prima, antes de iniciar a colheita, o que permite identificar a maturação e o momento ideal para a retirada da cana. A adoção da rotação de culturas leva a benefícios técnicos e financeiros, e se encaixa nas estratégias que compõem a sustentabilidade ambiental da produção. Os gestores da cooperativa informam que “fazemos uso da rotação de culturas ao final do ciclo do produto, introduzimos bioinsumos para reduzir o uso de defensivos e fertilizantes químicos e fazemos uso eficiente da água. Também adotamos equipamentos agrícolas mais modernos e dimensionados para reduzir o consumo de combustíveis, assim como a automação de processos, como o plantio e a colheita mecanizados, e análise de solo para determinar as necessidades exatas de nutrientes e evitar o excesso no uso de fertilizantes” (Gestor administrativo, 2023).

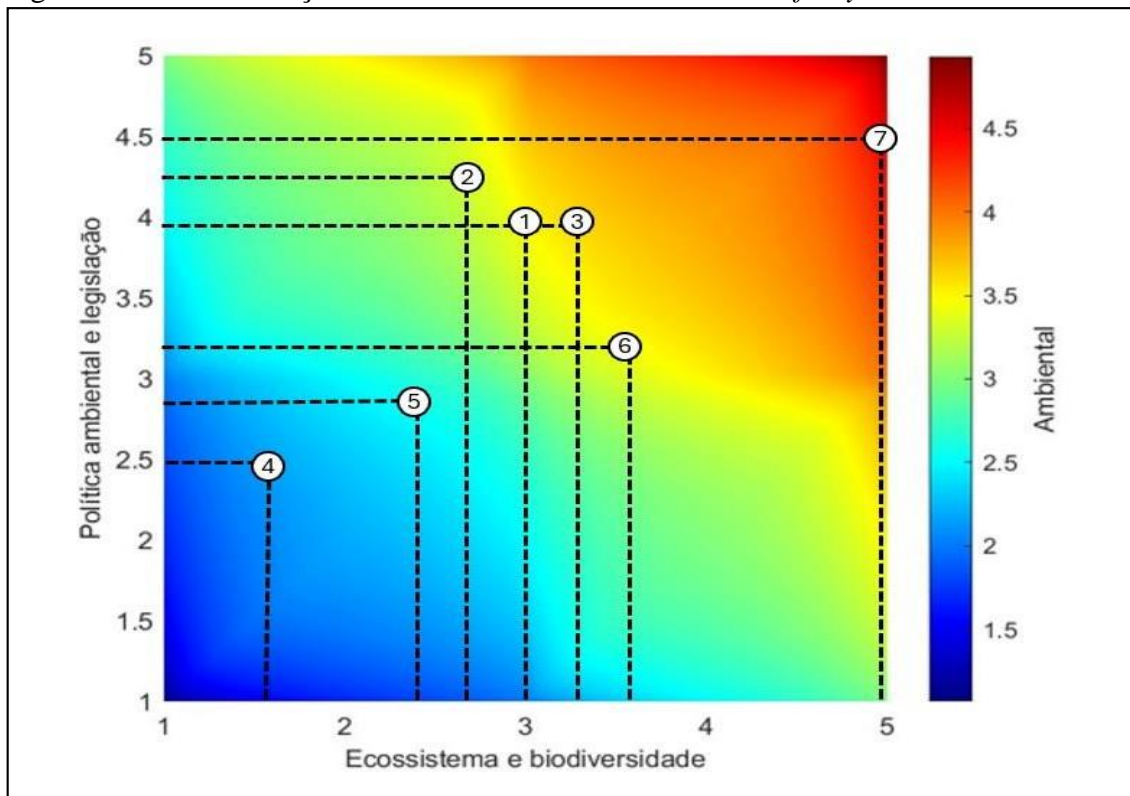
A cooperativa CA2 aplica estes fatores com alta intensidade ou totalmente (4,51), e a torna com um resultado muito bom, o que reforça sua transparência e responsabilidade com os cooperados. A cooperativa CL4 não aplica, ou aplica com baixa e média intensidade esses fatores (2,14), e necessita melhorar esses aspectos e criar um ambiente de confiança mútua entre os cooperados, colaboradores e comunidade externa. As cooperativas CL4 e CL5 precisam intensificar as questões relacionadas ao indicador de sustentabilidade ambiental, em ações, como: promover investimentos em proteção e preservação de nascentes de água; reúso de água; reflorestamento; tratamento de resíduos; utilização de energias renováveis; ou o desenvolvimento de programas de educação e conscientização ambiental, aplicável aos colaboradores e cooperados. A avaliação ambiental de seus fornecedores e cooperados reforçaria o compromisso com a responsabilidade com o meio ambiente envolto à cooperativa.

Figura 65 – Indicador ambiental por cooperativa



Fonte: Elaborada pela autora

Na Figura 66, que representa o modelo *fuzzy* de comportamento das cooperativas em relação ao indicador ambiental, é possível observar que a cooperativa CA2 apresenta bons resultados nos subindicadores política ambiental e legislação, e ecossistema e biodiversidade, pois aplica totalmente ou em alta intensidade, e neste sugere-se que a cooperativa está ciente das questões ambientais relevantes em suas operações e está tomando medidas proativas para mitigar impactos negativos. A cooperativa CA1 aplica as variáveis de análise com média e alta intensidade, isso reflete uma cultura organizacional que valoriza a sustentabilidade e promove a responsabilidade ambiental entre os colaboradores e cooperados. As cooperativas CL3, CL1, CA1 e CL2, e estão muito próximas de alcançarem bons resultados nos dois subindicadores ambientais. Isso permite que desfrutem de uma reputação positiva perante seus stakeholders, o que pode resultar em benefícios adicionais, como o acesso a mercados mais conscientes ambientalmente e a oportunidades de colaboração e parcerias com outras organizações comprometidas com a sustentabilidade ambiental.

Figura 66 – Demonstração do indicador ambiental no modelo *fuzzy*

Fonte: Elaborada pela autora

9.2 EXEMPLO DE SISTEMAS DE INFERÊNCIA *FUZZY* USANDO A APLICATIVO *FUZZY LOGIC DESIGNER*

É possível usar lógica *fuzzy* para desenvolver controles complexos e sistemas de tomada de decisão que podem ser descritos por regras.

Neste momento, é importante trazer o benefício de uma rápida visão geral da lógica *fuzzy*. Então, diferente de uma lógica binária onde há apenas uma verdade na declaração, diferente de ser apenas verdadeiro ou falso ou apenas 0 ou 1, a lógica *fuzzy* é um grau de verdade. E ela contém um intervalo de valores entre 0 e 1. Os sistemas *fuzzy* imitam a maneira como humanos tentam resolver problemas mapeando entradas para saídas usando regras lógicas, que são facilmente interpretáveis.

Ao analisar qual é o benefício de usar lógica *fuzzy* ou por que usar lógica *fuzzy*, entende-se que a lógica *fuzzy* pode ser benéfica e pode ser usada para modelar sistemas de decisão complexos que são difíceis de descrever usando outras abordagens de modelagem em geral, mas podem ser descritos por regras.

Com a abordagem *fuzzy*, é possível formular respostas usando regras linguísticas simples, semelhantes a como os humanos tentaram resolver os problemas, e, é nesse momento que a lógica *fuzzy* agrega valor.

São em diferentes áreas de aplicação que a lógica *fuzzy* pode ser usada, cobrindo principalmente as áreas amplas de design de controle, tomada de decisão inteligente, processamento de sinais e, mais recentemente, com as capacidades de ajuste *fuzzy* IA explicável.

Para criar sistemas *fuzzy*, foram utilizadas as caixas de ferramentas chamadas *Fuzzy Logic Toolbox*, que permite a projeção, análise e avaliação de sistemas de lógica *fuzzy*. Essa ferramenta fornece recursos por meio dos quais é possível usar o aplicativo *Fuzzy Logic Designer* para executar fluxos de trabalho interativos por meio de uma interface gráfica de usuário para projetar e avaliar sistemas *fuzzy*. Ou seja, é possível usar recursos de ajuste *fuzzy* para aprender regras e parâmetros de função de associação, à partir de dados.

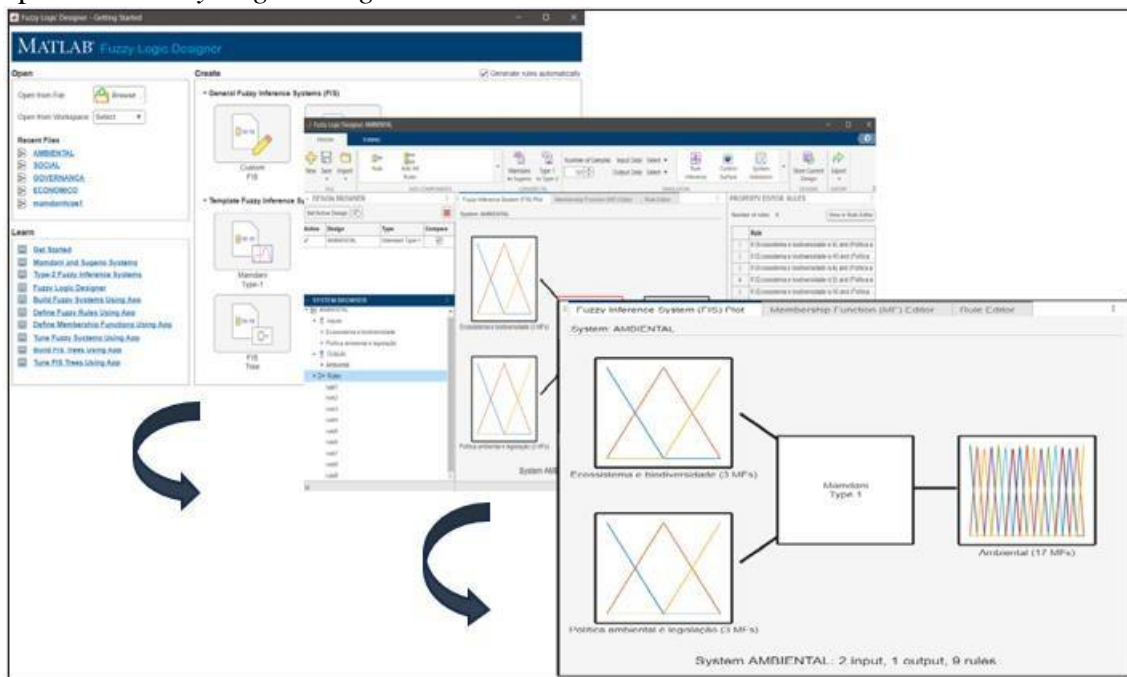
O fluxo de trabalho para criar e avaliar sistemas de inferência *fuzzy* usando o *Fuzzy Logic Toolbox* seria:

- Definir entradas e saídas
- Definir funções de associação
- Criar regras
- Avaliar sistema *fuzzy*

Então, em exemplo nesta tese, foi possível criar um sistema de indicador de sustentabilidade ambiental usando-se lógica *fuzzy*. Para este sistema, temos dois inputs: ecossistema e biodiversidade, e política ambiental e legislação¹¹. E um output: ambiental. Foram utilizadas para esse sistema nove regras *fuzzy* (conforme demonstrado na metodologia); as regras surgiram a partir de conhecimento especializado. Essas regras são implementadas em todas as combinações possíveis das funções de associação de entrada. A demonstração da elaboração do sistema é apresentada na Figura 67.

¹¹ Foram utilizados os resultados da CL1 para exemplificar

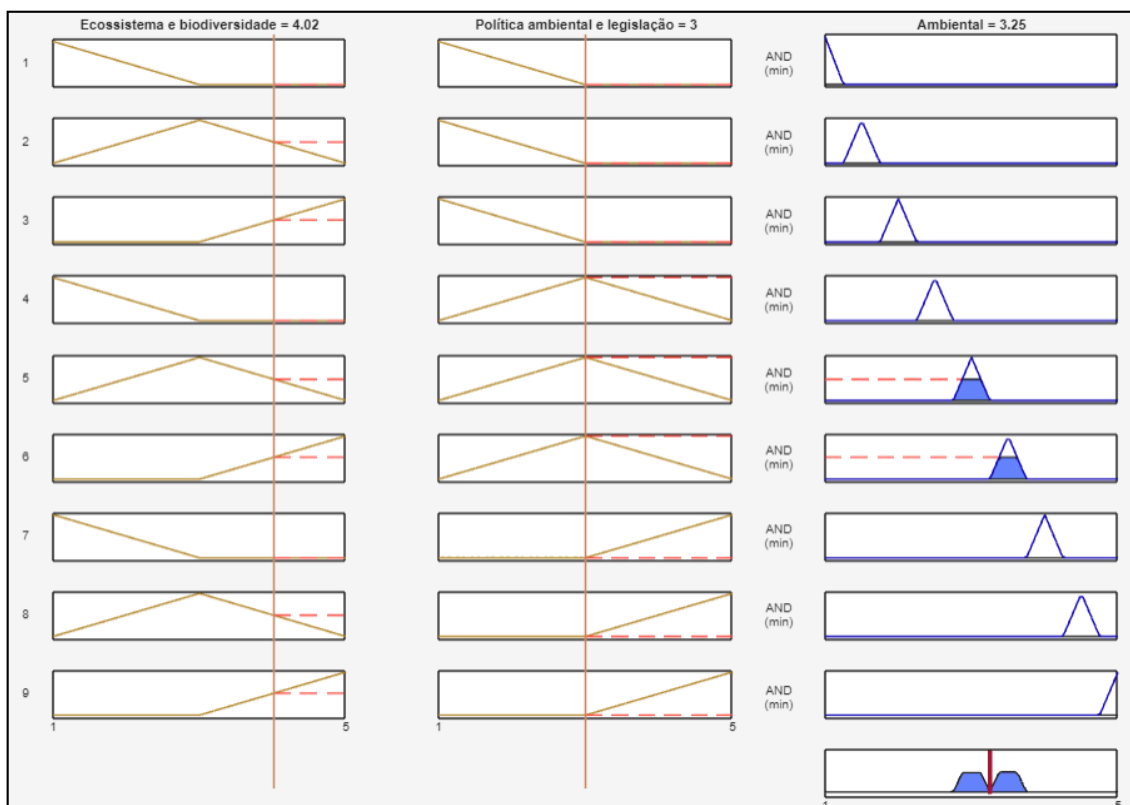
Figura 67 – Demonstração da elaboração do indicador de sustentabilidade ambiental no aplicativo *Fuzzy Logic Designer*



Fonte: Elaborada pela autora

Após a elaboração do sistema *fuzzy* usando-se as regras, o próximo passo é avaliar o sistema *fuzzy*. Usando a ferramenta Rule Inference, é possível usar os controles deslizantes para modelar diferentes cenários de valores de entrada, conforme demonstra a Figura 68. Ou seja, é possível definir diferentes valores de subindicadores ecossistema e biodiversidade, e política ambiental e legislação e ver simultaneamente qual o valor do indicador ambiental. Dessa forma, é realizável verificar o desempenho do sistema *fuzzy* e validar se ele está funcionando conforme o esperado. E ainda, analisar as melhores decisões em relação à capacidade de melhor o cenário dos subindicadores.

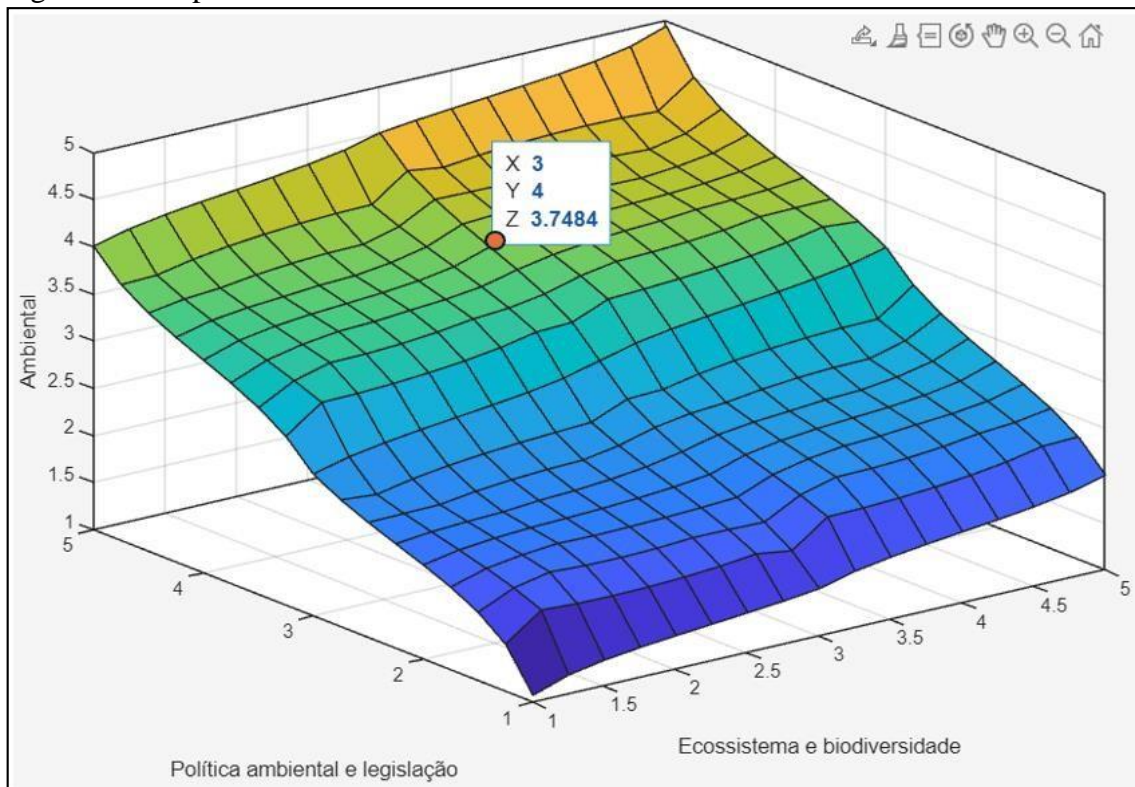
Figura 68 – *Rule Inference* para analisar diferentes cenários do indicador de sustentabilidade ambiental



Fonte: Elaborada pela autora

Outra abordagem ou outra maneira de verificar esse desempenho é observando-se a superfície de controle, sendo que na superfície de controle o eixo z é o indicador ambiental, e o eixo x e y são os subindicadores política ambiental e legislação, e ecossistema e biodiversidade. E essa superfície de controle mostra o mapeamento geral de todas as entradas e a saída, e foram utilizados os mesmos valores do sistema de inferência *fuzzy* de acordo com o resultado da pesquisa com as cooperativas participantes. A superfície de controle para este exemplo encontra-se na Figura 698.

Figura 69 – Superfície de controle do indicador de sustentabilidade ambiental



Fonte: Elaborada pela autora

Para finalizar a demonstração do aplicativo *Fuzzy Logic Designer*, a análise de superfície de controle revela que a cooperação entre diferentes aspectos ambientais, como a política ambiental e legislação (3,0) e a legislação e ecossistema e biodiversidade (4,0), resulta em um indicador de 3,75. Essa visualização no mapa de controle, com cores indicativas de proximidade aos valores mais altos, permite que a cooperativa identifique áreas de melhoria. Ao implementar ações focadas nessas áreas, a cooperativa pode não apenas elevar seu desempenho ambiental, mas também alinhar suas práticas com os padrões de sustentabilidade desejados. Essa abordagem visual e quantitativa proporciona uma base sólida para a tomada de decisões estratégicas, facilitando um progresso contínuo em direção a um impacto ambiental mais positivo.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como meta responder à seguinte questão principal: um modelo baseado em inteligência artificial, que incorpora indicadores de sustentabilidade nos aspectos econômico, social, ambiental e de governança, pode contribuir como uma ferramenta de gestão para as cooperativas brasileiras?

Mas antes de finalmente responder a esta questão, é importante ressaltar que o arcabouço teórico da pesquisa pautou em três pilares: cooperação, cooperativas e cooperativismo; sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e indicadores de sustentabilidade; e lógica *fuzzy*. Ao compreender esses três grandes pilares teóricos foi possível desenvolver um modelo baseado em inteligência artificial de indicadores de sustentabilidade, considerando as vertentes da sustentabilidade, econômico, social, ambiental e governança.

Com a revisão sistemática de literatura, foi possível identificar os subindicadores e fatores de análise que iriam compor o modelo. Na literatura mundial sobre indicadores de sustentabilidade dois aspectos se sobressaem: 1) os indicadores relacionados ao Triple Bottom Line se destacam nas pesquisas ao redor do mundo - ambientais, sociais e econômicos -, e ao falar de sistemas agroalimentares e, principalmente, de cooperativas, a vertente governança ainda é incipiente e necessita de mais atenção, além disso, aspectos que tratam as especificidades das cooperativas também devem ser levados em consideração em pesquisas de indicadores de sustentabilidade; 2) a diversificação de metodologias adotadas nas pesquisas para descrever os indicadores de sustentabilidade. O GRI é mundialmente conhecido em organizações como símbolo de modelo de relatório de sustentabilidade, contudo, uma metodologia que trate quantitativamente os indicadores de sustentabilidade, também se encontra num estágio primário.

Para a construção do modelo foram utilizadas as quatro vertentes da sustentabilidade (ambiental, social, econômico e governança), 14 subindicadores, 39 fatores de análise e 10 questões abertas. Este modelo passou por uma cooperativa como projeto piloto para possíveis ajustes. Contou com a colaboração de quatro especialistas (1 especialista em sustentabilidade, 1 especialista em cooperativas e 2 especialistas em

lógica *fuzzy*). Participaram da pesquisa sete cooperativas (duas do estado de São Paulo, especialistas em amendoim e cinco cooperativas de Minas Gerais, especialistas em leite).

As cooperativas de amendoim possuem atuação no mercado nacional e internacional, possuem certificações de controle de qualidade dos produtos, estão no mercado a mais de 60 anos. São cooperativas com número superior a 300 colaboradores. Possuem uma boa estrutura de governança e realizam reuniões de conselho administrativo mensalmente, fortalecendo sua governança.

As cooperativas de leite atuam no mercado regional e nacional, sendo duas cooperativas com número de colaboradores inferior a 100, e três cooperativas com número superior a 100 colaboradores. Duas cooperativas estão no mercado a mais de 60 anos, duas a mais de 30 anos e uma cooperativas está no mercado a 18 anos. Possuem boa estrutura de governança, e realizam periodicamente reuniões do conselho de administração e assembleias com os cooperados.

O modelo *fuzzy* foi desenvolvido com o apoio ferramental do Excel, Matlab (*Fuzzy Logic Toolbox* e app *Fuzzy Logic Designer*). O modelo de inferência *fuzzy*, por ser baseado em inteligência artificial, permite o aprendizado de máquina, isso o torna flexível para atualizações e modificações. Foi baseado em pesos adotados por especialistas, e isso é possível de ser modificado conforme, por exemplo, necessidades de mercado, tensões que possam alterar as necessidades das organizações ou da economia, implantações de políticas que alterem suas tomadas de decisões. Sendo assim, ao consultar outros especialistas e em outros momentos da economia mundial, é possível obter outros resultados.

Os resultados apresentados pelo modelo indicam que as cooperativas da cultura de amendoim apresentam desempenho superior nos indicadores econômico e de governança, embora ainda haja espaço para melhorias em alguns fatores no âmbito dessas vertentes. O modelo é eficaz em identificar pontos específicos que necessitam de aprimoramento. Em relação às vertentes sociais e ambientais, o modelo não detecta insustentabilidade das cooperativas, mas ressalta que certos aspectos importantes demandam atenção e aprimoramento. Na cultura do leite, o modelo conseguiu capturar uma cooperativa em especial (CL3) que apresenta bons resultados em todas as vertentes da sustentabilidade, e aponta claramente onde necessita de melhorias e investimentos. As demais cooperativas de leite, em todos os aspectos, demandam por atenção. E devido ao segmento, por não atuarem em mercados internacionais, aspectos da vertente econômico

e governança são os que mais necessitam de ações urgentes, enquanto valorizam as ações ambientais e sociais.

É importante destacar que, os indicadores de sustentabilidade são essenciais para orientar a transformação mundial em direção a um desenvolvimento sustentável. Eles fornecem as diretrizes necessárias para medir, avaliar e melhorar nosso impacto no planeta e na sociedade, promovendo um futuro mais justo e equilibrado para todos. E agora é possível responder à pergunta da pesquisa, e sim, um modelo baseado em inteligência artificial, que incorpora indicadores de sustentabilidade nos aspectos econômico, social, ambiental e de governança, pode sim contribuir como uma ferramenta de gestão para as cooperativas brasileiras. Oferecem informações e dados que permitem avaliar o progresso e identificar áreas que necessitam de melhorias, algumas até mesmo, urgentes para continuidade da cooperativa.

O modelo oferece uma ferramenta de gestão robusta que facilita a tomada de decisões informadas e estratégicas. Ao integrar múltiplos critérios de sustentabilidade, o modelo ajuda as cooperativas a identificarem áreas de melhoria e a implementar ações corretivas de maneira eficiente. Isso é especialmente relevante para as cooperativas que competem em diversos mercados, incluindo com organizações privadas e algumas com capital aberto na B3. A capacidade de avaliar e melhorar continuamente o desempenho nas vertentes ambiental, social, econômico e de governança permite que as cooperativas não só mantenham a sustentabilidade, mas também se destaquem em mercados competitivos, garantindo a confiança e a fidelidade dos membros.

Contudo, no decorrer da pesquisa e implantação do modelo foram identificadas algumas lacunas e sugestões de melhorias. Uma nova versão do modelo deve conseguir capturar as externalidades negativas - caso existam -, que as cooperativas proporcionam; isso deixaria o modelo claramente adequado para avaliar um “saldo” (ações positivas – ações negativas = cooperativa sustentável), principalmente quando consideramos as particularidades da organização cooperativa, onde o proprietário, também é fornecedor, então, uma oportunidade de avaliar a sustentabilidade dos cooperados, enquanto fornecedores das cooperativas.

Foi possível desenvolver o sistema de inferência *fuzzy* utilizando o conhecimento especializado na forma de regras lógicas. Contudo, para tais sistemas, quando o número de entradas ou de saídas aumenta, o número de regras e o número de parâmetros a serem configurados também cresceram significativamente. Esse aumento

torna desafiador adicionar manualmente todas essas regras e parâmetros de função de associação. Para enfrentar esse desafio, duas abordagens são sugeridas: a árvore *fuzzy* e o ajuste *fuzzy*. As árvores *fuzzy* simplificam a estruturação do sistema ao decompor o problema em várias sub-árvores menores e mais gerenciáveis, cada uma representando um subconjunto de regras. Por outro lado, o ajuste *fuzzy* utiliza algoritmos de otimização para ajustar automaticamente os parâmetros das funções de associação, melhorando a precisão e a eficiência do sistema.

REFERÊNCIAS

ABARGHANI, M. E.; SHOBEIRI, S. M.; MEIBOUDI, H. Implementation of a rural cooperative management for achieve sustainable development for the first time in Iran. **Advances in Environmental Biology**, v. 7, n. 7, p. 1937-1941, 2013.

ABATE, G. T. Drivers of agricultural cooperative formation and farmers' membership and patronage decisions in Ethiopia. **Journal of Co-operative Organization and Management**, v. 6, n. 2, p. 53-63, 2018.

AHMED, M. H.; MESFIN, H. M. The impact of agricultural cooperatives membership on the wellbeing of smallholder farmers: empirical evidence from eastern Ethiopia. **Agricultural and Food Economics**, v. 5, n. 1, p. 6, 2017.

AINSWORTH, G. B.; PITA, P., PITA, C.; ROUMBEDAKIS, K.; PIERCE, G. J.; LONGO, C.; ...; VILLASANTE, S. Identifying sustainability priorities among value chain actors in artisanal common octopus fisheries. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 33, n. 3, p. 669-698, 2023.

AJIJA, S. R. Evaluating financial performance of public cooperatives for women in east java, Indonesia. **Advanced Science Letters**, v. 23, n. 9, p. 8683-8689, 2017.

AKTAS, N.; CROCI, E.; PETMEZAS, D. Is working capital management value-enhancing? Evidence from firm performance and investments. **Journal of Corporate Finance**, v. 30, p. 98-113, 2015.

ALLAHYARI, M. S. Fisheries sustainability assessment in Guilan province, Iran. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 8, n. 3, p. 1300-1304, 2010.

ALLAHYARI, M. S. Social sustainability assessment of fishery cooperatives in Guilan Province, Iran. **Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 5, p. 216-222, 2010.

ALBANESE, M.; NAVARRA, C.; TORTIA, E. C. Employer moral hazard and wage rigidity. The case of worker owned and investor owned firms. **International review of Law and Economics**, v. 43, p. 227-237, 2015.

AMBROZINI, M. A.; MATIAS, A. B.; JÚNIOR, T. P. Análise dinâmica de capital de giro segundo o modelo Fleuriet: uma classificação das empresas brasileiras de capital aberto no período de 1996 a 2013. **Contabilidade Vista & Revista**, v. 25, n. 2, p. 15-37, 2014.

AMENDOLA, Mariangela; SOUZA, AL de; BARROS, Laécio Carvalho. Manual do uso da teoria dos conjuntos *Fuzzy* no MATLAB 6.5. **Biomatemática Brasil**, v. 1, p. 1-46, 2005.

ANDERIES, J. M.; RODRIGUEZ, A. A.; JANSSEN, M. A.; CIFDALOZ, O. Panaceas, uncertainty, and the robust control framework in sustainability science. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 39, p. 15194-15199, 2007.

- ANDREOLI, M.; ROSSI, R.; TELLARINI, V. Farm sustainability assessment: some procedural issues. **Landscape and urban planning**, v. 46, n. 1-3, p. 41-50, 1999.
- ANDRIANTIATSAHOLINIAINA, L. A.; KOUIKOGLU, V. S.; PHILLIS, YANNIS A. Evaluating strategies for sustainable development: *fuzzy* logic reasoning and sensitivity analysis. **Ecological Economics**, v. 48, n. 2, p. 149-172, 2004.
- ANTONIALLI, L. M. Influência da mudança de gestão nas estratégias de uma cooperativa agropecuária. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 4, p. 135-159, 2000.
- ANZILAGO, M.; PANHOCA, L.; BEZERRA, C. A.; BEUREN, I. M.; KASSAI, J. R. Values or hypocrisy: the global reporting initiative mapping in agricultural cooperatives in Paraná, Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v. 190, n. 8, p. 487, 2018.
- ARAÚJO, S. M. P. Eles, a cooperativa: um estudo sobre a ideologia da participação. **Industria Grafica Projeto**, 1982.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.
- ARFINI, F.; ANTONIOLI, F.; COZZI, E.; DONATI, M.; GUARESCHI, M.; MANCINI, M. C.; VENEZIANI, M. Sustainability, innovation and rural development: The case of Parmigiano-Reggiano PDO. **Sustainability**, v. 11, n. 18, p. 4978, 2019.
- ARFINI, F.; COZZI, E.; MANCINI, M. C.; FERRER-PEREZ, H.; GIL, J. M. Are geographical indication products fostering public goods? Some evidence from Europe. **Sustainability**, v. 11, n. 1, p. 272, 2019.
- ARIS, N. A.; MARZUKI, M. M.; OTHMAN, R.; RAHMAN, S. A.; ISMAIL, N. H. Designing indicators for cooperative sustainability: the Malaysian perspective. **Social Responsibility Journal**, 2018.
- ARRIGHI, G. O longo século XX: dinheiro, poder e as origens do nosso tempo. Rio de Janeiro; São Paulo: **Contraponto; UNESP**, 1996.
- ASSAF NETO, A. **Estrutura e análise de balanços: um enfoque econômico-financeiro**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- AXELROD, R. A evolução da cooperação. **São Paulo: Leopardo Editora**, 2010.
- AZEVEDO, P. F.; ALMEIDA, S. F. Poder compensatório: coordenação horizontal na defesa da concorrência. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 39, n. 4, p. 737-762, 2009.
- AZEVEDO, S. G.; SILVA, M. E.; MATIAS, J. C.; DIAS, G. P. The Influence of collaboration initiatives on the sustainability of the cashew supply chain. **Sustainability**, v. 10, n. 6, p. 2075, 2018.

BACHEV, H. A framework for assessing sustainability of farming enterprises. **Journal of Applied Economic Sciences (JAES)**, v. 11, n. 39, p. 24-26, 2016.

BACHEV, H. Sustainability level of Bulgarian farms. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 23, n. 1, p. 1-13, 2017.

BADEN, S.; PIONETTI, C. Women's collective action in agricultural markets: Synthesis of preliminary findings from Ethiopia, **Mali, and Tanzania**. 2011.

BAHTA, Y. T.; MYEKI, V. A. Adaptation, coping strategies and resilience of agricultural drought in South Africa: implication for the sustainability of livestock sector. **Heliyon**, v. 7, n. 11, 2021.

BANCO MUNDIAL. **Agriculture for development-world development report 2008**. Disponível em: <https://documents.worldbank.org/pt/publication/documents-reports/documentdetail/587251468175472382/world-development-report-2008-agriculture-for-development>. Acesso em: 20 set. 2022.

BAÑOS-CABALLERO, S.; GARCÍA-TERUEL, P. J.; MARTÍNEZ-SOLANO, P. Working capital management, corporate performance, and financial constraints. **Journal of business research**, v. 67, n. 3, p. 332-338, 2014.

BARBOSA, J. R.; LOPES, A. C. V.; CINTRA, R. F.; RIBEIRO, I. Reflexo do perfil e da destinação das sobras na sustentabilidade financeira e no desempenho das cooperativas agropecuárias. **GeSec: Revista de Gestao e Secretariado**, v. 14, n. 8, 2023.

BARCELLOS, C. R. H.; MANTELLI, J. Agroecologia e organização cooperativa como alternativa de sustentabilidade para a agricultura familiar. **Caminhos de Geografia**, v. 10, n. 29, 2009.

BARTON, D. G. What is a cooperative? In: COBIA, D. (ed.). **Cooperatives in Agriculture**. New Jersey: Regents/Prentice Hall, cap. 1, p. 1-20, 1989.

BEBER, C. L.; LAKNER, S.; SKEVAS, I. Organizational forms and technical efficiency of the dairy processing industry in Southern Brazil. **Agricultural and Food Economics**, v. 9, n. 1, p. 1-22, 2021.

BELE, B.; NORDERHAUG, A.; SICKEL, H. Localized agri-food systems and biodiversity. **Agriculture**, v. 8, n. 2, p. 22, 2018.

BELL, M. L.; DAVIS, D. L.; FLETCHER, T. A retrospective assessment of mortality from the london smog episode of 1952: The role of influenza and pollution. In: **Urban Ecology**. Springer, Boston, MA, p. 263-268, 2008.

BERDEGUÉ, S. Cooperating to compete: associative peasant business firms in Chile. **Cooperating to compete: associative peasant business firms in Chile**, 2001.

BERGE, S. T.; BOKOUMBO, K.; JOHNSON, K. A.; YABI, J. A.; YEGBEMEY, R. N. Cooperative Development: sustainability agricultural planning viewed through cooperative equilibrium management theory in Togo, Africa. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 758363, 2021.

BERNARD, T.; SPIELMAN, D. J. Reaching the rural poor through rural producer organizations? A study of agricultural marketing cooperatives in Ethiopia. **Food policy**, v. 34, n. 1, p. 60-69, 2009.

BERNARD, T.; TAFFESSE, A. S. Returns to scope? Smallholders' commercialisation through multipurpose cooperatives in Ethiopia. **Journal of African Economies**, v. 21, n. 3, p. 440-464, 2012.

BERTUOL, R.; CANÇADO, A. C.; SOUZA, M. F. A. A prática dos princípios cooperativistas: um estudo de caso no Tocantins. **Amazônia, Organizações e Sustentabilidade**, v. 1, n. 2, p. 7-18, 2013.

BIALOSKORSKI, S. Aspectos econômicos das cooperativas. **Mandamentos**, 2006.

BINDER, C. R.; FEOLA, G.; STEINBERGER, J. K. Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. **Environmental impact assessment review**, v. 30, n. 2, p. 71-81, 2010.

BING-BING, Z. H. O. U.; QIM, M. A.; JIAN-GUO, W. U.; GUO-HUA, H. U.; DE-HUA, M. A. O.; XIAO-JI, Z. E. N. G.; ...; LI-GANG, L. Y. U. Sustainability science revisited: Recent advances and new opportunities. **Yingyong Shengtai Xuebao**, v. 30, n. 1, 2019.

BIRCHALL, J. Rediscovering the cooperative advantage-Poverty reduction through self-help. **International Labour Organisation**, 2003.

BIRCHALL, J.; SIMMONS, R. What motivates members to participate in co-operative and mutual businesses? **Annals of Public and Cooperative Economics**, v. 75, n. 3, p. 465-495, 2004.

BIRCHALL, J.; KETILSON, L. H. Resilience of the cooperative business model in times of crisis. **International Labour Organisation**, 2009.

BIRCHALL, J.; SIMMONS, R. Co-operatives and poverty reduction. **Manchester: Co-op College**, 2009.

BLEKKING, J.; GATTI, N.; WALDMAN, K.; EVANS, T.; BAYLIS, K. The benefits and limitations of agricultural input cooperatives in Zambia. **World Development**, v. 146, p. 105616, 2021.

BOESCHE, L.; MAFIOLETTI, R. L. Evolução e indicadores do cooperativismo brasileiro e paranaense. **Curitiba: Sistema OCEPAR**, 2005.

BOGARDUS, E. S. **Princípios de cooperação**. Lidador, 1964.

- BÖHRINGER, C.; JOCHEM, P. EP. Measuring the immeasurable - A survey of sustainability indices. **Ecological economics**, v. 63, n. 1, p. 1-8, 2007.
- BOKOUMBO, K.; BERGE, S.; JOHNSON, K. A.; YABI, A. J.; YEGBEMEY, R. N. Cooperatives and sustainability: The case of maize producers in the plateaux region of Togo. **Heliyon**, v. 9, n. 6, 2023.
- BONAZZI, G.; IOTTI, M. Interest coverage ratios (ICRs) and financial sustainability: Application to firms with bovine dairy livestock. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 9, n. 4, p. 482, 2014.
- BOLAND, M. A.; BARTON, D. G. Overview of research on cooperative finance. **Journal of cooperatives**, v. 27, n. 1142-2016-92777, p. 1-14, 2013.
- BONIN, J. P.; JONES, D. C.; PUTTERMAN, L. Theoretical and empirical studies of producer cooperatives: will ever the twain meet? **Journal of economic literature**, v. 31, n. 3, p. 1290-1320, 1993.
- BONUS, H. The cooperative association as a business enterprise: a study in the economics of transactions. **Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE)/Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft**, p. 310-339, 1986.
- BORGEN, S. O.; AARSET, B. Participatory Innovation: Lessons from breeding cooperatives. **Agricultural Systems**, v. 145, p. 99-105, 2016.
- BORZAGA, C.; TORTIA, E. Worker motivations, job satisfaction, and loyalty in public and nonprofit social services. **Nonprofit and voluntary sector quarterly**, v. 35, n. 2, p. 225-248, 2006.
- BOURNE, M.; NEELY, A.; MILLS, J.; PLATTS, K. Implementing performance measurement systems: a literature review. **International Journal of Business Performance Management**, v. 5, n. 1, p. 1-24, 2003.
- BRAVO-OLIVAS, Myrna L.; CHÁVEZ-DAGOSTINO, Rosa M. Sustainable Fishing? Ecological Footprint Analysis of an Artisanal Fishing Organization. **The Open Environmental Research Journal**, v. 13, n. 1, 2020.
- BRISCOE, R. The co-operative idea. **Bank of Ireland Centre for Co-operative Studies**, University College, Cork, 1982.
- BRISCOE, R.; WARD, M. J. **The competitive advantages of co-operatives**. Centre for Co-operative Studies, National University of Ireland, Cork, 2000.
- BRUNDTLAND, G. H.; KHALID, M. Our common future. **New York**, v. 8, 1987.
- BRUNI, L. **Comunhão e as novas palavras em economia**. Editora Cidade Nova, 2015.
- BRUNORI, G.; GALLI, F. Sustainability of local and global food chains: Introduction to the special issue. **Sustainability**, v. 8, n. 8, p. 765, 2016.

CAKIR, M.; BALAGTAS, J. V. Estimating market power of US dairy cooperatives in the fluid milk market. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 94, n. 3, p. 647-658, 2012.

CALKINS, P.; NGO, A. The impacts of farmer cooperatives on the well-being of cocoa producing villages in Côte d'Ivoire and Ghana. **Canadian Journal of Development Studies/Revue canadienne d'études du développement**, v. 30, n. 3-4, p. 535-563, 2010.

CAMARGO, L. Cooperação e cooperativismo: Vol. 4. **Universidade de São Paulo, São Paulo**, 1960.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. O foco em arranjos produtivos e inovativos locais de micro e pequenas empresas. **Pequena empresa: cooperação e desenvolvimento local. Rio de Janeiro: Relume Dumará**, p. 21-34, 2003.

CASTAÑEDA-CCORI, J.; BILHAUT, A. G.; MAZÉ, A.; FERNÁNDEZ-MANJARRÉS, J. Unveiling cacao agroforestry sustainability through the socio-ecological systems diagnostic framework: the case of four amazonian rural communities in Ecuador. **Sustainability**, v. 12, n. 15, p. 5934, 2020.

CASTILLO-DÍAZ, F. J.; BELMONTE-UREÑA, L. J.; LÓPEZ-SERRANO, M. J.; CAMACHO-FERRE, F. Assessment of the sustainability of the European agri-food sector in the context of the circular economy. **Sustainable Production and Consumption**, v. 40, p. 398-411, 2023.

CATTANI, A. D. A outra economia: os conceitos essenciais. **Porto Alegre: Veraz**, p. 9-14, 2003.

CAZZUFFI, C. Membership size and co-operative performance: evidence from Ghanaian cocoa producers' societies, 1930-36. **Economic History of Developing Regions**, v. 27, n. 1, p. 67-92, 2012.

CECCONELLO, M. D. S.; BASSANEZI, R. C.; BRANDÃO, A. J. V.; BARROS, L. C. D.; JAFELICE, R. S. D. M.; VON ZUBEN, C. J.; RAFIKOV, M. Sistemas dinamicos em espaços metricos *fuzzy*: aplicações em biomatemática (**Doctoral dissertation**, [sn]), 2010.

CHAGWIZA, C.; MURADIAN, R.; RUBEN, R. Cooperative membership and dairy performance among smallholders in Ethiopia. **Food policy**, v. 59, p. 165-173, 2016.

CHAPARRO-AFRICANO, A. M. Toward generating sustainability indicators for agroecological markets. **Agroecology and sustainable food systems**, v. 43, n. 1, p. 40-66, 2019.

CHEN, M.; JHABVALA, R.; KANBUR, R.; RICHARDS, C. **Membership based organizations of the poor**. Routledge, 2007.

CHENG, J.; WANG, Q.; LI, D.; YU, J. Comparative analysis of environmental and economic performance of agricultural cooperatives and smallholder farmers for apple production in China. **Agriculture**, v. 12, n. 8, p. 1281, 2022.

CHOOBCHIAN, Sh et al. Measurement and Comparison of Different Dimensions of Sustainable Coastal Fishing Management in Beach Seine Cooperatives in Guilan. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 17, n. 6, p. 1463-1472, 2015.

COOK, M. L. The future of US agricultural cooperatives: A neo-institutional approach. **American journal of agricultural economics**, v. 77, n. 5, p. 1153-1159, 1995.

COTEUR, I.; MARCHAND, F.; DEBRUYNE, L.; LAUWERS, L. Structuring the myriad of sustainability assessments in agri-food systems: A case in Flanders. **Journal of cleaner production**, v. 209, p. 472-480, 2019.

CZECH, S. Mancur Olson's collective action theory 50 years later. A view from the institutionalist perspective. **Journal of International Studies**, v. 9, n. 3, 2016.

DALCERO, K.; DOMENICO, D. D.; FERREIRA, D. D. M. Environmental performance and financial return: case study in a Santa Catarina family dairy farm. **Custos e Agronegócio**, v. 15, n. Special Edition, p. 466-495, 2019.

DANSE, M.; WOLTERS, T. Sustainable coffee in the mainstream: The case of the SUSCOF Consortium in Costa Rica. **Greener Management International**, n. 43, p. 37-51, 2003.

DELAI, I.; TAKAHASHI, S. Sustainability measurement system: a reference model proposal. **Social Responsibility Journal**, 2011.

DERUNOVA, E.; KIREEVA, N.; PRUSCHAK, O. The level and quality of inclusive growth agri-food system in modern conditions. 2020.

DJEKIC, I.; MIOCINOVIC, J.; TOMASEVIC, I.; SMIGIC, N.; TOMIC, N. Avaliação do ciclo de vida ambiental de vários produtos lácteos. **Journal of Cleaner Production**, vol. 68, n.1, p. 64-72, 2014.

DU PISANI, J. A. Sustainable development—historical roots of the concept. **Environmental Sciences**, v. 3, n. 2, p. 83-96, 2006.

DUARTE, L. M. G.; WEHRMANN, M. E. S. F. Histórico do cooperativismo agrícola no Brasil e perspectivas para a agricultura familiar. **Associativismo, Cooperativismo e Economia Solidária no Meio Rural**, p. 13, 2006.

DUBOIS, D. J. **Fuzzy sets and systems: theory and applications**. Academic press, 1980.

ELKINGTON, J. Accounting for the triple bottom line. **Measuring Business Excellence**, 1998.

EMELIANOFF, Ivan. V. **Economic theory of cooperation: Economic structure of cooperative organizations**. 1948.

ESCALANTE, C. L.; TURVEY, C. G.; BARRY, P. J. Farm business decisions and the sustainable growth challenge paradigm. **Agricultural Finance Review**, v. 69, n. 2, p. 228-247, 2009.

EUROPEAN COMMISSION. **Support for Farmers' Cooperatives**. Executive Summary 2012. Disponível em: https://commission.europa.eu/food-farming-fisheries_en. Acessado em: 18 fev. 2021.

EYHORN, F.; MULLER, A.; REGANOLD, J. P.; FRISON, E.; HERREN, H. R.; LUTTIKHOLT, L.; ...; SMITH, P. Sustainability in global agriculture driven by organic farming. **Nature Sustainability**, v. 2, n. 4, p. 253-255, 2019.

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ATUÁRIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FEA/USP. Disponível em: <https://www.fea.usp.br/economia/pessoas/professores-emeritos/diva-benevides-pinho>. Acesso em: 13 jun. 2021.

FAGIOLI, F. F.; ROCCHI, L.; PAOLOTTI, L.; SŁOWIŃSKI, R.; BOGGIA, A. From the farm to the agri-food system: A multiple criteria framework to evaluate extended multi-functional value. **Ecological indicators**, v. 79, p. 91-102, 2017.

FANASCH, P.; FRICK, B. What makes cooperatives successful? Identifying the determinants of their organizational performance. **Journal of Wine Economics**, v. 13, n. 3, p. 282-308, 2018.

FANG, X.; ZHOU, B.; TU, X.; MA, Q.; WU, J. “What kind of a science is sustainability science?” An evidence-based reexamination. **Sustainability**, v. 10, n. 5, p. 1478, 2018.

FEI, S.; QIAN, Z.; SANTINI, G.; NI, J.; BING, Y.; ZHU, L.; ...; WANG, N. Towards the high-quality development of City Region Food Systems: Emerging approaches in China. **Cities**, v. 135, p. 104212, 2023.

FERRER, J. R.; GARCÍA-CORTIJO, M. C.; VALERO, J. S. C.; PINILLA, V.; SERRANO, R. Cooperatives and sustainability drivers in the Spanish wine sector. What differences do we find with investor owner firms? **Annals of Public and Cooperative Economics**, v. 95, n. 2, p. 505-526, 2024.

FERREIRA, G. M. V.; ARBAGE, A. P. Governança e sua relação com a fidelidade em cooperativa. **Porto Alegre: Ed. Buqui**, 2016.

FEYLIZADEH, M. R.; MAHMOUDI, A.; BAGHERPOUR, M.; LI, D. F. Project crashing using a *fuzzy* multi-objective model considering time, cost, quality and risk under

fast tracking technique: A case study. **Journal of Intelligent & Fuzzy Systems**, v. 35, n. 3, p. 3615-3631, 2018.

FIGUEIREDO, V.; FRANCO, M. Wine cooperatives as a form of social entrepreneurship: Empirical evidence about their impact on society. **Land Use Policy**, v. 79, p. 812-821, 2018.

FISCHER, E.; QAIM, M. Linking smallholders to markets: determinants and impacts of farmer collective action in Kenya. **World development**, v. 40, n. 6, p. 1255-1268, 2012.

FLEURY, M. T. L. Cooperativas agrícolas e capitalismo no Brasil. **Global Editora**, 1983.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges**. Disponível em: <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/472484/>. Acesso em: 14 ago. 2022.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Transforming Food and Agriculture to Achieve the SDGs. Disponível em: <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1140709/>. Acesso em: 12 ago. 2022.

FOLORUNSO, E. A.; RAHMAN, M. A.; SARFO, I.; DARKO, G.; OLOWE, O. S. Catfish farming: a sustainability study at Eriwe fish farming village in southwest Nigeria. **Aquaculture International**, v. 29, n. 2, p. 827-843, 2021.

FUKUDA-PARR, S.; MCNEILL, D. Knowledge and Politics in Setting and Measuring the SDG s: Introduction to Special Issue. **Global Policy**, v. 10, p. 5-15, 2019.

GABRIEL FILHO, Luís RA et al. Application of *fuzzy* logic for the evaluation of livestock slaughtering. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p. 813-825, 2011.

GALDEANO-GÓMEZ, E.; AZNAR-SÁNCHEZ, J. A.; PÉREZ-MESA, J. C. Sustainability dimensions related to agricultural-based development: the experience of 50 years of intensive farming in Almería (Spain). **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 11, n. 2, p. 125-143, 2013.

GALLI, F.; BARTOLINI, F.; BRUNORI, G. Handling diversity of visions and priorities in food chain sustainability assessment. **Sustainability**, v. 8, n. 4, p. 305, 2016.

GARFIELD, E. Historiographic mapping of knowledge domains literature. **Journal of Information Science**, v. 30, n. 2, p. 119-145, 2004.

GASPARATOS, A. Embedded value systems in sustainability assessment tools and their implications. **Journal of environmental management**, v. 91, n. 8, p. 1613-1622, 2010.

GASPARATOS, A.; EL-HARAM, M.; HORNER, M. A critical review of reductionist approaches for assessing the progress towards sustainability. **Environmental impact assessment review**, v. 28, n. 4-5, p. 286-311, 2008.

GAVA, O.; ARDAKANI, Z.; DELALIĆ, A.; AZZI, N.; BARTOLINI, F. Agricultural cooperatives contributing to the alleviation of rural poverty. The case of Konjic (Bosnia and Herzegovina). **Journal of Rural Studies**, v. 82, p. 328-339, 2021.

GAVA, O.; BARTOLINI, F.; VENTURI, F.; BRUNORI, G.; PARDOSSI, A. Improving Policy Evidence Base for Agricultural Sustainability and Food Security: A Content Analysis of Life Cycle Assessment Research. **Sustainability**, v. 12, n. 3, p. 1033, 2020.

GEBRE, Girma Gezimu; RIK, Eweg; KIJNE, Albertien. Analysis of banana value chain in Ethiopia: Approaches to sustainable value chain development. **Cogent Food & Agriculture**, v. 6, n. 1, p. 1742516, 2020.

GEBRE, G. G.; FIKADU, A. A.; GEBEYEHU, T. K. Is banana value chain in East Africa sustainable? Evidence from Ethiopia. **Resources, Environment and Sustainability**, v. 8, p. 100060, 2022.

GENTZOGLANIS, A. Economic and financial performance of cooperatives and investor-owned firms: An empirical study. **Strategies and structures in the agro-food industries**, p. 171-183, 1997.

GERMAIN, N.; HARTMANN, H. J.; MELO, F. J. F. R.; REYES-BONILLA, H. Ornamental reef fish fisheries: New indicators of sustainability and human development at a coastal community level. **Ocean & Coastal Management**, v. 104, p. 136-149, 2015.

GERTLER, M. *Rural Co-Operatives and Sustainable Development*; Centre for the Study of Co-Operatives, University of Saskatchewan: Saskatoon, SK, Canada, 2001.

GETNET, K.; ANULLO, T. Agricultural cooperatives and rural livelihoods: Evidence from Ethiopia. **Annals of public and cooperative Economics**, v. 83, n. 2, p. 181-198, 2012.

GIAGNOCAVO, C.; GALDEANO-GÓMEZ, E.; PÉREZ-MESA, J. C. Cooperative longevity and sustainable development in a family farming system. **Sustainability**, v. 10, n. 7, p. 2198, 2018.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE - GRI. **Sustainability reporting guidelines**. Disponível em: <https://www.globalreporting.org/>. Acesso em 16 mar. 2020.

GODOY-DURÁN, Á.; GALDEANO-GÓMEZ, E.; PÉREZ-MESA, J. C.; PIEDRA-MUÑOZ, L. Assessing eco-efficiency and the determinants of horticultural family-farming in southeast Spain. **Journal of Environmental Management**, v. 204, p. 594-604, 2017.

GOLDSTEIN, B. E. Resilience to surprises through communicative planning. **Ecology and society**, v. 14, n. 2, 2009.

GOMIDE, Fernando Antonio Campos; GUDWIN, Ricardo Ribeiro. Modelagem, controle, sistemas e lógica *fuzzy*. **SBA controle & Automação**, v. 4, n. 3, p. 97-115, 1994.

GORDON-NEMBHARD, Jessica. Understanding and measuring the benefits and impacts of cooperatives. **Cooperatives for Sustainable Communities: Tools to Measure Cooperative Impact and Performance**, p. 152-179, 2015.

HAGEDORN, K.; ARZT, K.; PETERS, U. Institutional arrangements for environmental co-operatives: a conceptual framework. **Hagedorn, Konrad (Hg): Environmental Co-operation and Institutional Change**. Edward Elgar, Cheltenham, p. 3-25, 2002.

HALE, J.; LEGUN, K.; CAMPBELL, H.; CAROLAN, M. Social sustainability indicators as performance. **Geoforum**, v. 103, p. 47-55, 2019.

HANSMANN, H. Organizational law in contractual perspective. In: **conference on 'Achievements and failures of Law and Economics**. 1996.

HANSMANN, H. Ownership of the Firm. **Journal of Law, Economics, & Organization**, v. 4, n. 2, p. 267-304, 1988.

HANSMANN, H. The ownership of enterprise. **Harvard University Press**, 2000.

HART, S. L.; MILSTEIN, M. B. Creating sustainable value. **Academy of Management Perspectives**, v. 17, n. 2, p. 56-67, 2003.

HELLIN, J.; LUNDY, M.; MEIJER, M. Farmer organization, collective action and market access in Meso-America. **Food policy**, v. 34, n. 1, p. 16-22, 2009.

HELMBERGER, P.; HOOS, S. Cooperative enterprise and organization theory. **Journal of farm economics**, v. 44, n. 2, p. 275-290, 1962.

HOBSBAWM, E. J. A era das revoluções: 1789 - 1848. São Paulo: **Ed. Paz e Terra**, 2010.

HOLLOWAY, G.; NICHOLSON, C.; DELGADO, C.; STAAL, S.; EHUI, S.; Agroindustrialization through institutional innovation Transaction costs, cooperatives and milk-market development in the east-African highlands. **Agricultural economics**, v. 23, n. 3, p. 279-288, 2000.

HOUSHYAR, E.; CHEN, B.; CHEN, G. Q. Environmental impacts of rice production analyzed via social capital development: An Iranian case study with a life cycle assessment/data envelopment analysis approach. **Ecological indicators**, v. 105, p. 675-687, 2019.

HUBEAU, M.; MARCHAND, F.; COTEUR, I.; MONDELAERS, K.; DEBRUYNE, L.; VAN HUYLENBROECK, G. A new agri-food systems sustainability approach to identify shared transformation pathways towards sustainability. **Ecological Economics**, v. 131, p. 52-63, 2017.

HUBEAU, M.; MARCHAND, F.; VAN HUYLENBROECK, G. Sustainability experiments in the agri-food system: Uncovering the factors of new governance and collaboration success. **Sustainability**, v. 9, n. 6, p. 1027, 2017.

HUGON, P. **História das doutrinas econômicas**. Editora Atlas, 1973.

HUSTED, B.W. Governance choices for corporate social responsibility: to contribute, collaborate or internalize? **Long. Range Plan**, v. 36, p. 481e498, 2003.

ILIOPOULOS, C.; VALENTINOV, V. Cooperative longevity: Why are so many cooperatives so successful? 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio Contínua (Pnad Contínua), 2019**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 fev. de 2021.

INTERNATIONAL COOPERATIVE ALLIANCE - ICA-COOP. **Co-operative enterprises build a better world**. Disponível em: <http://ica.coop/fr/directory/members>. Acesso em: 17 fev. 2021.

INTERNATIONAL COOPERATIVE ALLIANCE - ICA-COOP. **Facts and figures**. Disponível em: <http://www.ica.coop/en/cooperatives/facts-and-figures>. Acesso em: 15 fev. 2021.

INTERNATIONAL COOPERATIVE ALLIANCE - ICA-COOP. **Online Library**. Disponível em: <https://www.ica.coop/en/media/library/press-releases/dia-internacional-das-cooperativas-2014-cooperativas-conquistam>. Acesso em: 18 fev. 2021.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION – ILO. **Cooperatives and the World of Work**. Disponível em: <https://www.ilo.org/publications/cooperatives-and-world-work>. Acesso em: 02 jun. 2024.

INTERNACIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/wcs-004.pdf>. Acesso em: 12 fev. de 2021.

IOCOLA, I.; ANGEVIN, F.; BOCKSTALLER, C.; CATARINO, R.; CURRAN, M.; MESSÉAN, A.; ... CANALI, S. An actor-oriented multi-criteria assessment framework to support a transition towards sustainable agricultural systems based on crop diversification. **Sustainability**, v. 12, n. 13, p. 5434, 2020.

JACOBS, E. T.; BURGESS, J. L.; ABBOTT, M. B. The Donora smog revisited: 70 years after the event that inspired the clean air act. **American journal of public health**, v. 108, n. S2, p. S85-S88, 2018.

JANG, Jyh-Shing Roger; SUN, Chuen-Tsai; MIZUTANI, Eiji. Neuro-*fuzzy* and soft computing-a computational approach to learning and machine intelligence [Book Review]. **IEEE Transactions on automatic control**, v. 42, n. 10, p. 1482-1484, 1997.

JARVIS, A.; LAU, C.; COOK, S.; WOLLENBERG, E.; HANSEN, J.; BONILLA, O.; CHALLINOR, A. An integrated adaptation and mitigation framework for developing agricultural research: synergies and trade-offs. **Experimental Agriculture**, v. 47, n. 2, p. 185-203, 2011.

JAYARAMAN, V.; SINGH, R.; ANANDNARAYAN, A. Impact of sustainable manufacturing practices on consumer perception and revenue growth: an emerging economy perspective. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 5, p. 1395-1410, 2012.

JIMÉNEZ-ORTEGA, A. D.; AGUILAR IBARRA, A.; GALEANA-PIZAÑA, J. M.; NÚÑEZ, J. M. Changes over time matter: A cycle of participatory sustainability assessment of organic coffee in Chiapas, Mexico. **Sustainability**, v. 14, n. 4, p. 2012, 2022.

JIN, T. T.; ZAILANI, S. Antecedent and outcomes study on green value chain initiatives: a perspective from sustainable development and sustainable competitive advantage. **International Journal of Value Chain Management**, v. 4, n. 4, p. 319-364, 2010.

KAJIKAWA, Y.; OHNO, J.; TAKEDA, Y.; MATSUSHIMA, K.; KOMIYAMA, H. Creating an academic landscape of sustainability science: an analysis of the citation network. **Sustainability Science**, v. 2, n. 2, p. 221-231, 2007.

KAMADA, T.; KAWAI, S. An algorithm for drawing general undirected graphs. **Information processing letters**, v. 31, n. 1, p. 7-15, 1989.

KARANTININIS, K.; ZAGO, A. Endogenous membership in mixed duopsonies. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 83, n. 5, p. 1266-1272, 2001.

KATES, R. W.; CLARK, W. C.; CORELL, R.; HALL, J. M.; JAEGER, C. C.; LOWE, I., ...; SVEDIN, U. Sustainability science. **Science**, v. 292, n. 5517, p. 641-642, 2001.

KATES, R. W.; PARRIS, T. M. Long-term trends and a sustainability transition. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 14, p. 8062-8067, 2003.

KIESCHNICK, R.; LAPLANTE, M.; MOUSSAWI, R. Working capital management and shareholders' wealth. **Review of finance**, v. 17, n. 5, p. 1827-1852, 2013.

KING, D. C.; WALKER, J. L. The provision of benefits by interest groups in the United States. **The Journal of Politics**, v. 54, n. 2, p. 394-426, 1992.

KIRWAN, J.; MAYE, D.; BRUNORI, G. Acknowledging complexity in food supply chains when assessing their performance and sustainability. **Journal of Rural Studies**, v. 52, p. 21-32, 2017.

KISELITSA, E. P.; SHILOVA, N. N.; LIMAN, I. A.; NAUMENKO, E. E. Impact of spatial development on sustainable entrepreneurship. **Entrepreneurship and Sustainability Issues**, v. 6, n. 2, p. 890-911, 2018.

KLIR, G.; YUAN, B. **Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and Applications**. New Jersey: Prentice hall, 1995.

KORMELINCK, A. G.; PLAISIER, C.; MURADIAN, R.; RUBEN, R. Social capital and agricultural cooperatives: experimental evidence from Ethiopia. In: **Cooperatives, economic democratization and rural development**. Edward Elgar Publishing, 2016.

KUNSCH, M. M. K. A comunicação estratégica nas organizações contemporâneas. **Média & Jornalismo**, v. 18, n. 33, p. 13-24, 2018.

KUNZ, A.; ALMEIDA, R. S.; ASTA, D. D.; ABÍLIO, V. Determinantes de Estrutura de Capitais em Cooperativas Agroindustriais do Oeste do Paraná através da visão das Teorias de Pecking Order e Trade--Off. In **21o USP INTERNATIONAL CONFERENCE IN ACCOUNTING**. São Paulo, SP: julho, 2021.

LANDES, D. Prometeu desacorretado. Transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa ocidental, de 1750 até os dias de hoje. Rio de Janeiro, **Elsevier**, 2005.

LEE, C. C. *Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller*. I. **IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics**, v. 20, n. 2, p. 404-418, 1990.

LIU, P.; HENDIANI, S.; BAGHERPOUR, M.; GHANNADPOUR, S. F.; MAHMOUDI, A. Utility-numbers theory. **IEEE Access**, v. 7, p. 56994-57008, 2019.

LUDDEN, M. T.; WELSH, R.; WEISSMAN, E.; HILCHEY, D.; GILLESPIE, G. W.; GUPTILL, A. The Progressive Agriculture Index: Assessing the advancement of agri-food systems. **Journal of agriculture, food systems, and community development**, v. 8, n. 3, p. 159-185, 2018.

LUSCH, R. F.; BROWN, J. R. Interdependency, contracting, and relational behavior in marketing channels. **Journal of marketing**, v. 60, n. 4, p. 19-38, 1996.

LUZZANI, G.; LAMASTRA, L.; VALENTINO, F.; CAPRI, E. Development and implementation of a qualitative framework for the sustainable management of wine companies. **Science of The Total Environment**, v. 759, p. 143462, 2021.

LYONS, R. A.; RODGERS, S. E.; THOMAS, S.; BAILEY, R.; BRUNT, H.; THAYER, D.; ...; SNOOKS, H. Effects of an air pollution personal alert system on health service usage in a high-risk general population: a quasi-experimental study using linked data. **J Epidemiol Community Health**, v. 70, n. 12, p. 1184-1190, 2016.

MA, W.; ABDULAI, A. Does cooperative membership improve household welfare? Evidence from apple farmers in China. **Food Policy**, v. 58, p. 94-102, 2016.

MACAGNAN, Clea Beatriz; SEIBERT, Rosane Maria. Sustainability Indicators: Information Asymmetry Mitigators between Cooperative Organizations and Their Primary Stakeholders. **Sustainability**, v. 13, n. 15, p. 8217, 2021.

MACLEOD, D.; CLARKE, N. Engaging for success: enhancing performance through employee engagement: a report to government. **Office of Public Sector Information**, London, 2009.

MAHARJAN, K. L.; FRADEJAS, C. C. Role of cooperative in improving accessibility to production resources and household economy of backyard Pig raisers in Batangas, **Philippines**. 2006.

MAHMOUDI, A.; FEYLIZADEH, M. R.; DARVISHI, D.; LIU, S. Grey-fuzzy solution for multi-objective linear programming with interval coefficients. **Grey Systems: Theory and Application**, 2018.

MALDONADO, T. V.; ALLIEVI, F.; PANHOCA, L. Sustainability of the Amazon Nut in Mato Grosso: An Application of the MuSIASEM Method. **Sustainability**, v. 13, n. 17, p. 9777, 2021.

MAMDANI, E. H. Applications of *fuzzy* algorithms for control of simple dynamic plant. **Proc. Iee**, v. 121, p. 1585-1588, 1974.

MANERA, C.; SERRANO, E. Management, Cooperatives and Sustainability: A New Methodological Proposal for a Holistic Analysis. **Sustainability**, v. 14, n. 12, p. 7489, 2022.

MARCIS, J.; LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G. Model for assessing sustainability performance of agricultural cooperatives'. **Journal of Cleaner Production**, v. 234, p. 933-948, 2019.

MARCIS, J.; LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G. Sustainability performance indicators of agricultural cooperatives operations. **Custos e Agrogronegócio**, v. 14, n. Special Edition, p. 267-289, 2018.

MARKELOVA, H.; MEINZEN-DICK, R.; HELLIN, J.; DOHRN, S. Collective action for smallholder market access. **Food policy**, v. 34, n. 1, p. 1-7, 2009.

MARQUES, L.; SANTOS, V. Abordagem dinâmica do capital de giro em trabalhos publicados nos periódicos nacionais Qualis CAPES. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2011.

MATARAZZO, D. C. **Análise Financeira de Balanços: abordagem básica e gerencial**. 7. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MCCARTHY, O.; BRISCOE, R.; WARD, M. People in Control: The Promise of the Co-operative Business Approach. **Irish Business & Society: Governing, Participating, & Transforming in the 21st Century, Dublin: Gill & Macmillan, 2010.**

MEEMKEN, E. M.; SPIELMAN, D. J.; QAIM, M. Trading off nutrition and education? A panel data analysis of the dissimilar welfare effects of Organic and Fairtrade standards. **Food Policy**, v. 71, p. 74-85, 2017.

MERRY, S. E. The Sustainable Development Goals confront the infrastructure of measurement. **Global Policy**, v. 10, p. 146-148, 2019.

MIOLA, A.; SCHILTZ, F. Measuring sustainable development goals performance: How to monitor policy action in the 2030 Agenda implementation? **Ecological economics**, v. 164, p. 106373, 2019.

MODIGLIANI, F.; MILLER, M. El costo del capital, las finanzas corporativas y la teoría de la inversión. **The American Economic Review**, v. 48, n. 3, p. 261-297, 1958.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G.; PRISMA GROUP*. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **PLoS med**, v. 6, n. 7, p. e1000097, 2009.

MOJO, D.; FISCHER, C.; DEGEFA, T. Social and environmental impacts of agricultural cooperatives: evidence from Ethiopia. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 22, n. 5, p. 388-400, 2015.

MOJO, D.; FISCHER, C.; DEGEFA, T. The determinants and economic impacts of membership in coffee farmer cooperatives: recent evidence from rural Ethiopia. **Journal of rural studies**, v. 50, p. 84-94, 2017.

MOREIRA, A. T.; JONES, G. D. C.; TAVARES, M.; FEHR, L. C. F. D. A.; SILVA FILHO, O. A. D. Um estudo comparativo do EBITDA e do Fluxo de Caixa Operacional em empresas brasileiras do setor de Telecomunicações. **Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade**, v. 4, n. 3, p. 05-22, 2014.

MUEHLHOFF, E.; BENNETT, A.; MCMAHON, D. Leite e produtos lácteos em Nutrição Humana, **Alimentação e Agricultura Organização das Nações Unidas (FAO)**, Roma, 2013.

MUNDA, G.; NARDO, M. Noncompensatory/nonlinear composite indicators for ranking countries: a defensible setting. **Applied Economics**, v. 41, n. 12, p. 1513-1523, 2009.

MYERS, S. C. Capital structure puzzle. **The Journal of Finance**, v. 39, n. 3, 1984.

NATIONS, U. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. **New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs**, 2015.

NEMERY, B.; HOET, P. H. M; NEMMAR, A. The Meuse Valley fog of 1930: an air pollution disaster. **The lancet**, v. 357, n. 9257, p. 704-708, 2001.

NETO, S. B. Gobierno y papel de los cuadros directivos en las cooperativas brasileñas: estudio comparativo. **CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa**, n. 48, p. 225-241, 2004.

NGUYEN, P. T.; WELLS, S.; NGUYEN, N. A systemic indicators framework for sustainable rural community development. **Systemic Practice and Action Research**, v. 32, n. 3, p. 335-352, 2019.

NICOLETTI, M. C.; CAMARGO, H. A. Fundamentos da Teoria de Conjuntos *Fuzzy*. **Série Apontamentos**. São Carlos, SP: EdUFSCar, 2004.

NINAUT, E. S.; MATOS, M. A. Panorama do cooperativismo no Brasil: censo, exportações e faturamento. **Informações Econômicas, São Paulo**, v. 38, n. 8, p. 43-55, 2008.

NOTARNICOLA, B.; SALA, S.; ANTON, A.; MCLAREN, S. J.; SAOUTER, E.; SONESSON, U. The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 399-409, 2017.

NOURSE, E. G. The economic philosophy of co-operation. **The American Economic Review**, v. 12, n. 4, p. 577-597, 1922.

NOVKOVIC, S. Defining the co-operative difference. **The Journal of Socio-Economics**, v. 37, n. 6, p. 2168-2177, 2008.

NOVKOVIC, S. Cooperative identity as a yardstick for transformative change. **Annals of Public and Cooperative Economics**, v. 93, n. 2, p. 313-336, 2022.

OERTHER, S. Localizing the United Nations Sustainable Development Goals to rural communities in America through university extension programmes. **Nursing open**, v. 6, n. 3, p. 662, 2019.

OLAWUMI, T. O.; CHAN, D.I W. M. A scientometric review of global research on sustainability and sustainable development. **Journal of cleaner production**, v. 183, p. 231-250, 2018.

OLIVEIRA, D. D. P. R. D. **Manual de gestão das cooperativas: uma abordagem prática**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2015.

OLIVER, P. " If you don't do it, nobody else will": Active and token contributors to local collective action. **American sociological review**, p. 601-610, 1984.

OLSON, M. Power and prosperity: outgrowing communist and capitalist dictatorships. **New York: Basic Books**, p. 233, 2000.

OLSON, M. The logic of the collective action: public goods and the theory of groups. **Cambridge: President and Fellows of Harvard College**, p.185, 1971.

OLSON, M. The logic of collective action: Public goods and the theory of groups, second printing with a new preface and appendix. **Harvard University Press**, 2009.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction; **OECD: Paris, France**, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS BRASILEIRA – OCB. **Números do Cooperativismo Brasileiro/2019**. Disponível em: <http://www.ocb.org.br/numeros>. Acesso em 18 fev. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU **Cooperatives in social development**. V. A/56/73-E/, New York, NY, 2001.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Cooperatives in social development and implementation of the International Year of Cooperatives**. V. A/66/136, New York, NY, 2011.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE. Measuring sustainable development: achievements and challenges. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/550096?v=pdf>. Acesso em: 20 fev. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - OCESP. **Cooperativismo Paulista**. Disponível em: <https://www.sistemaocesp.coop.br/?a=institucional&e=3>. Acesso em 18 fev. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS BRASILEIRAS - OCB: **5 Boas práticas de governança e gestão das cooperativas brasileiras**. Disponível em: <https://somoscooperativismo.coop.br/noticias-saber-cooperar/5-boas-praticas-de-governanca-e-gestao-das-cooperativas-brasileiras>. Acesso em: 28 jun. 2024.

ORTEGA, Neli Regina Siqueira. Aplicação da teoria de conjuntos *fuzzy* a problemas da biomedicina. **São Paulo (SP): Instituto de Física/USP**, 2001.

ORTMANN, G. F.; KING, R. P. Agricultural cooperatives I: History, theory and problems. **Agrekon**, v. 46, n. 1, p. 18-46, 2007.

OSTROM, E. Governing the commons: the evolution of institutions for collective actions. **Cambridge: Cambridge University Press**, 1990.

OSTROM, E. Understanding institutional diversity. **Princeton university press**, 2009.

PADOVEZE, C. L. **Manual de contabilidade básica: contabilidade introdutória e intermediária**. São Paulo: Atlas, 2014.

PADUA-GOMES, J. B.; GOMES, E. P.; PADOVAN, M. P. Desafios da comercialização de produtos orgânicos oriundos da agricultura familiar no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 12, n. 1, 2016.

PAGOTTO, M.; HALOG, A. Towards a circular economy in Australian agri-food industry: an application of input-output oriented approaches for analyzing resource efficiency and competitiveness potential. **Journal of Industrial Ecology**, v. 20, n. 5, p. 1176-1186, 2016.

PAKSOY, T.; PEHLIVAN, N. Y.; KAHRAMAN, C. Organizational strategy development in distribution channel management using *fuzzy* AHP and hierarchical *fuzzy* TOPSIS. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 3, p. 2822-2841, 2012.

PAUMGARTEN, F.; KASSA, H.; ZIDA, M.; MOELIONO, M. Benefits, challenges, and enabling conditions of collective action to promote sustainable production and marketing of products from Africa's dry forests. **Review of Policy Research**, v. 29, n. 2, p. 229-250, 2012.

PEANO, C.; TECCO, N.; DANSERO, E.; GIRGENTI, V.; SOTTILE, F. Evaluating the sustainability in complex agri-food systems: The SAEMETH framework. **Sustainability**, v. 7, n. 6, p. 6721-6741, 2015.

PEANO, C.; MIGLIORINI, P.; SOTTILE, F. A methodology for the sustainability assessment of agri-food systems: an application to the Slow Food Presidia project. **Ecology and Society**, v. 19, n. 4, 2014.

PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. **An introduction to fuzzy sets: analysis and design**. Cambridge: MIT press, 1998.

PENROSE-BUCKLEY, C. **Producer organisations: A guide to developing collective rural enterprises**. Oxfam, 2007.

PEREIRA, G.A.; GENARO, P.S.; PINHEIRO, M.M.; SZEJNFELD, V.L.; MARTINI, L.A. Cálculo dietético: estratégias para otimizar o consumo. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 49, n.2, p.164-171, 2009.

PERRY, W. Social sustainability and the argan boom as green development in Morocco. **World Development Perspectives**, v. 20, p. 100238, 2020.

PETIT, G.; YANNOU-LE BRIS, G.; TRYSTRAM, G.; LALLMAHOMED, A. Sustainability for the actors of a food value chain: how to cooperate? **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 12, n. 8, p. 1370–1382, 2017.

PHILLIS, Y. A.; ANDRIANTIATSAHOLINIAINA, L. A. Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using *fuzzy* logic. **Ecological economics**, v. 37, n. 3, p. 435-456, 2001.

PICCOLI, P.; BIANCHINI JUNIOR, N.; COSER, J.; MOREIRA, V. R. Short-term financial sustainability of agricultural cooperatives. **Agricultural Finance Review**, 81(3), 444-457, 2021.

PINHO, D. B. Avaliação do cooperativismo brasileiro. 2. ed. São Paulo: **Editora Ato Cooperativo**, 1980.

PINHO, D. B. Economia e cooperativismo. **São Paulo: Saraiva**, 1977.

PINHO, Diva Benevides. O cooperativismo no Brasil: da vertente pioneira à vertente solidária. **Editora Saraiva**, 2004.

PIVOTO, D. Governança cooperativa: os problemas dos direitos de propriedades difusos em cooperativas agropecuárias. **Porto Alegre: Buqui**, 2015.

POPP, J.; LAKNER, Z.; HARANGI-RAKOS, M.; FARI, M. The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 32, p. 559-578, 2014.

PRABHU, R.; MCDUGALL, C.; FISHER, R. Adaptive collaborative management: A conceptual model. **Adaptive collaborative management of community forests in Asia**, p. 16, 2008.

PRETTY, J.; WARD, H. Social capital and the environment. **World development**, v. 29, n. 2, p. 209-227, 2001.

PRIYADARSHINI, P.; ABHILASH, P. C. Policy recommendations for enabling transition towards sustainable agriculture in India. **Land Use Policy**, v. 96, p. 104718, 2020.

PUECH, C.; BRULAIRE, A.; PARAISSO, J.; FALOYA, V. Collective design of innovative agroecological cropping systems for the industrial vegetable sector. **Agricultural Systems**, v. 191, p. 103153, 2021.

QUIGGIN, J. Environmental economics and the Murray–Darling river system. **Australian journal of agricultural and resource economics**, v. 45, n. 1, p. 67-94, 2001.

RAJAK, S.; VINODH, S. Application of *fuzzy* logic for social sustainability performance evaluation: A case study of an Indian automotive component manufacturing organization. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 1184-1192, 2015.

RAJAK, S.; PARTHIBAN, P.; DHANALAKSHMI, R. Sustainable transportation systems performance evaluation using *fuzzy* logic. **Ecological Indicators**, v. 71, p. 503-513, 2016.

RECH, D. **Cooperativas: uma alternativa de organização popular**. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

REIG-MARTÍNEZ, E.; GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; PICAZO-TADEO, A. J. Ranking farms with a composite indicator of sustainability. **Agricultural economics**, v. 42, n. 5, p. 561-575, 2011.

REZNIK, L. **Fuzzy controllers handbook: how to design them, how they work**. Elsevier, 1997.

RINCON-ROLDAN, F.; LOPEZ-CABRALES, A. The impact of employment relationships on firm sustainability. **Employee Relations: The International Journal**, v. 44, n. 2, p. 386-406, 2022.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R.; JORDAN, B. D. **Administração financeira**, Tradução Katia Aparecida Roque, 8. ed. Volume 2. São Paulo: McGraw Hill, 2008.

RICCIARDI, L.; LEMOS, R. J. **Cooperativa, a empresa do século XXI: como os países em desenvolvimento podem chegar a desenvolvidos**. São Paulo: LTR, 2000.

RIOS, G. S. L. O que é cooperativismo. **Brasiliense**, 2017.

RIVERA, A.; GELCICH, S.; GARCÍA-FLÓREZ, L.; ACUÑA, J. L. Social attributes can drive or deter the sustainability of bottom-up management systems. **Science of The Total Environment**, v. 690, p. 760-767, 2019.

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. D. A.; RODRIGUES, I. A.; MEDEIROS, C. B. A collaborative research initiative for the environmental management of ostrich production. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 9, n. 4, p. 221-228, 2007.

RONNER, E.; VAN DE VEN, G. J.; NOWAKUNDA, K.; TUGUMISIRIZE, J.; KAYIITA, J.; TAULYA, G.; ... DESCHEEMAER, K. K. E. What future for banana-based farming systems in Uganda? A participatory scenario analysis. **Agricultural Systems**, v. 209, p. 103669, 2023.

ROYER, J.; MCKEE, G. Optimal capital structure in agricultural cooperatives and implications for equity retirement. **Agricultural Finance Review**, v. 81, n. 2, p. 277-291, 2021.

RUFATTO, I.; WERNKE, R. Comparação entre os indicadores EVA e EBITDA em cooperativa agropecuária. **Revista de Gestão e Organizações Cooperativas**, v. 6, n. 11, p. 61-84, 2019.

RUIZ-ALMEIDA, A.; RIVERA-FERRE, M. G. Internationally-based indicators to measure Agri-food systems sustainability using food sovereignty as a conceptual framework. **Food Security**, v. 11, n. 6, p. 1321-1337, 2019.

SACHS, J. D. From millennium development goals to sustainable development goals. **The lancet**, v. 379, n. 9832, p. 2206-2211, 2012.

SANGOI, J. M. **Compliance: ética, governança corporativa e a mitigação de riscos**. Editora Dialética, 2022.

SANTOS, L. P.; SCHMIDT, C. M.; MITHÖFER, D. Impact of Collective Action Membership on the Economic, Social and Environmental Performance of Fruit and Vegetable Farmers in Toledo, Brazil. **Journal of Co-operative Organization and Management**, v. 8, n. 1, p. 100107, 2020.

SARAIVA, A. **Valor Econômico**. Disponível em: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2020/10/22/maioria-das-empresas-no-pais-nao-dura-10-anos-e-1-de-5-fecha-apos-1-ano.ghtml>. Acesso em: 22 fev. 2021.

SARDONE, R.; DE LEO, S.; LONGHITANO, D.; HENKE, R. The The new CAP and the challenge of sustainability: a synthetic indicator for the Italian wine sector. **Wine Economics and Policy**, v. 12, n. 1, p. 63-80, 2023.

SAUNILA, M.; UKKO, J.; RANTALA, T. Sustainability as a driver of green innovation investment and exploitation. **Journal of Cleaner Production**, v. 179, p. 631-641, 2018.

SCHADER, C.; GRENZ, J.; MEIER, M. S.; STOLZE, M. Scope and precision of sustainability assessment approaches to food systems. **Ecology and society**, v. 19, n. 3, 2014.

SCHMITT, E.; GALLI, F.; MENOZZI, D.; MAYE, D.; TOUZARD, J. M.; MARESCOTTI, A.; ...; BRUNORI, G. Comparing the sustainability of local and global food products in Europe. **Journal of Cleaner Production**, v. 165, p. 346-359, 2017.

SCHNEIDER, J. O. A doutrina do cooperativismo nos tempos atuais. **Cadernos Cedope. São Leopoldo**, v. 6, n. 12, p. 7-23, 1994.

SCHNEIDER, J. O. **Democracia, participação e autonomia cooperativa**. Editora Unisinos, 1999.

SCHNEIDER, J. O. A doutrina do cooperativismo: análise do alcance, do sentido e da atualidade dos seus valores, princípios e normas nos tempos atuais. **Cadernos Gestão Social**, v. 3, n. 2, p. 251-273, 2012.

SCOPINHO, R. A. Sobre cooperação e cooperativas em assentamentos rurais. **Psicologia & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 84-94, 2007.

SELISHCHEVA, T. A.; MIROPOLSKII, D. I.; DIATLOV, S. A.; KUZMINYKH, I. V.; POTAPENKO, A. V. Problems and prospects of sustainable development of supply chain (Case Study: The EEU Countries). **International Journal of Supply Chain Management**, v. 7, n. 5, p. 886-893, 2018.

SEMBADA, P.; DUTEURTRE, G.; MOULIN, C. The essential role of farm capital in the sustainability of smallholder farms in West Java (Indonesia). **Cahiers Agricultures**, v. 28, p. 8 p., 2019.

SEMOU, V.; SERGAKI, P.; TREMMA, O. The importance of the role of agricultural cooperatives in the development of the agricultural sector: the case of Greece. **Indian Journal of Agricultural Research**, v. 56, n. 4, p. 496-501, 2022.

SEXTON, R. J.; ISKOW, J. What do we know about the economic efficiency of cooperatives: an evaluative survey. **Journal of Agricultural Cooperation**, v. 8, n. 1141-2016-92584, p. 15-27, 1993.

SHARPE, Rosalind; BARLING, David. 'The right thing to do': ethical motives in the interpretation of social sustainability in the UK's conventional food supply. **Agriculture and human values**, v. 36, n. 2, p. 329-340, 2019.

SHCHERBAK, V. G.; BRIZGAN, I.; CHEVHANOVA, V.; SVISTUN, L.; HRYHORYEVA, O. Impact of forced migration on the sustainable development of rural territories. **Global Journal of Environmental Science and Management**, v. 6, n. 4, p. 481-496, 2020.

SHEKUN, W. A. N. G.; ZHENHUA, M. I. A. O. Connotation of the Principle of Environmental Protection First. **Journal of China University of Mining & Technology (Social Sciences)**, p. 01, 2018.

SHIFERAW, B.; OBARE, G.; MURICHO, G.; SILIM, S. Leveraging institutions for collective action to improve markets for smallholder producers in less-favored areas. **African Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 3, n. 1, p. 1-18, 2009.

SIMÕES, M. G.; SHAW, I. S. Controle e modelagem *fuzzy*. **Editora Blucher**, 2007.

SINGER, P. Introdução à economia solidária. **Fundação Perseu Abramo**, 2002.

SINGH, R. K.; MURTY, H. R.; GUPTA, S. K.; DIKSHIT, A. K. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological indicators**, v. 9, n. 2, p. 189-212, 2009.

SINGH, R. K.; MURTY, H. R.; GUPTA, S. K.; DIKSHIT, A. K. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological Indicators**, v. 15, n. 1, p. 281-299, 2012.

SILVA, F. F.; BAGGIO, D. K.; SANTOS, D. F. L. Governance and performance model for agricultural cooperatives. **Estudios Gerenciales**, v. 38, n. 165, p. 464-478, 2022.

SOBOH, R. A.; LANSINK, A. O.; GIESEN, G.; VAN DIJK, G. Performance measurement of the agricultural marketing cooperatives: the gap between theory and practice. **Review of Agricultural Economics**, v. 31, n. 3, p. 446-469, 2009.

SOUNDARARAJAN, K.; HO, H. K.; SU, B. Sankey diagram framework for energy and exergy flows. **Applied energy**, v. 136, p. 1035-1042, 2014.

SOULÉ, E.; CHARBONNIER, R.; SCHLOSSER, L.; MICHONNEAU, P.; MICHEL, N.; BOCKSTALLER, C. A new method to assess sustainability of agricultural systems by integrating ecosystem services and environmental impacts. **Journal of Cleaner Production**, v. 415, p. 137784, 2023.

SOUZA, A. R.; CUNHA, G. C.; DAKUZAKU, R. Y. Uma outra economia é possível: Paul Singer e a economia solidária. **Contexto**, 2003.

STAATZ, J. M. Farmers' incentives to take collective action via cooperatives: a transaction cost approach. **Cooperative theory: New approaches**, v. 18, p. 87-107, 1987.

STAATZ, J. M. The structural characteristics of farmer cooperatives and their behavioral consequences. **Cooperative theory: New approaches**, v. 18, p. 33-60, 1987.

STOLL, J.; POON, J. P.H.; HAMILTON, T. Sustainable Practice? An Examination of Canada's Agricultural and Energy Cooperatives. **The Professional Geographer**, v. 67, n. 2, p. 187-194, 2015.

STONEHOUSE, D. P. Sustainability issues in the agri-food sector in Ontario, Canada. **Journal of sustainable agriculture**, v. 23, n. 3, p. 109-124, 2004.

STROZZI, F.; COLICCHIA, C. Literature review on complex network methods applied to measure robustness in supply chain design. **Liuc Papers**, n. 249, Serie Metodi Quantitativi 20, luglio 2012

SVENSSON, G.; WAGNER, B. Implementing and managing economic, social and environmental efforts of business sustainability: Propositions for measurement and structural models. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, 2015.

S&P GLOBAL INC. **Dow Jones sustainability world indexes guide**. Disponível em: <https://www.spglobal.com/spdji/en/indices/sustainability/dow-jones-sustainability-world-index/#news-research>. Acesso em 16 mar. 2020.

TABEI, S. M. A.; BAGHERPOUR, M.; MAHMOUDI, A. Application of *fuzzy* modelling to predict construction projects cash flow. **Periodica Polytechnica Civil Engineering**, v. 63, n. 2, p. 647-659, 2019.

TANSCHKEIT, R. Sistemas *fuzzy*. **Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro**, p. 338-353, 2004.

TEFERA, D. A.; BIJMAN, J.; SLINGERLAND, M. A. Agricultural co-operatives in Ethiopia: evolution, functions and impact. **Journal of International Development**, v. 29, n. 4, p. 431-453, 2017.

THE CLUB OF ROME. **The Limits to Growth**. Disponível em: <https://www.clubofrome.org/publication/the-limits-to-growth/>. Acesso em: 19 fev. 2021.

THE WORLD CO-OPERATIVE MONITOR – WRC. Exploring the Co-Operative Economy. Disponível em: http://www.euricse.eu/wp-content/uploads/2017/11/WCM_2017-web-EN.pdf. Acesso em: 19 fev. 2021.

TOMISLAV, K. The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues. **Zagreb International Review of Economics & Business**, v. 21, n. 1, p. 67-94, 2018.

TORTORELLA, M. M.; DI LEO, S.; COSMI, C.; FORTES, P.; VICCARO, M.; COZZI, M.; ...; ROMANO, S. A Methodological Integrated Approach to Analyse Climate Change Effects in Agri-Food Sector: The TIMES Water-Energy-Food Module. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 21, p. 7703, 2020.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; MARCOS, J.; BURR, M. Co-producing management knowledge. **Management Decision**, 2004.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

UNGER, B.; WAARDEN, F. V. Interest associations and economic growth: a critique of Mancur Olson's Rise and Decline of Nations. **Review of International Political Economy**, v. 6, n. 4, p. 425-467, 1999.

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. World Population Prospects. The 2017 Revision, Key Findings & Advance Tables; **United Nations: New York, NY, USA**, 2017.

VALENTINOV, V. Why are cooperatives important in agriculture? An organizational economics perspective. **Journal of institutional Economics**, v. 3, n. 1, p. 55-69, 2007.

VAN DIJK, G. Implementing the Sixth Reason for Co-operation: New Generation Co-operatives in Agribusiness. In: **Strategies and Structures in the Agro-food Industries**, p. 94-110, 1997.

VAN OEL, P. R.; KROL, M. S.; HOEKSTRA, A. Y. A river basin as a common-pool resource: A case study for the Jaguaribe basin in the semi-arid Northeast of Brazil. **International journal of river basin management**, v. 7, n. 4, p. 345-353, 2009.

VAN PASSEL, S.; MEUL, M. Multilevel and multi-user sustainability assessment of farming systems. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 32, n. 1, p. 170-180, 2012.

VELEVA, V.; ELLENBECKER, M. Indicators of sustainable production: framework and methodology. **Journal of cleaner production**, v. 9, n. 6, p. 519-549, 2001.

VERHOFSTADT, E.; MAERTENS, M. Smallholder cooperatives and agricultural performance in Rwanda: do organizational differences matter? **Agricultural economics**, v. 45, n. S1, p. 39-52, 2014.

VIEIRA, J. B.; BARRETO, R. T. S. **Governança, gestão de riscos e integridade**. 2019.

VIGUIER, L.; CAVAN, N.; BOCKSTALLER, C.; CADOUX, S.; CORRE-HELLOU, G.; DUBOIS, S.; ... ANGEVIN, F. Combining diversification practices to enhance the sustainability of conventional cropping systems. **European Journal of Agronomy**, v. 127, p. 126279, 2021.

VILPOUX, O. F. Agrarian reform and cooperation between settlers in the Midwest of Brazil: An institutional approach. **Land Use Policy**, v. 39, p. 65-77, 2014.

VON WIRÉN-LEHR, S. Sustainability in agriculture—an evaluation of principal goal-oriented concepts to close the gap between theory and practice. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 84, n. 2, p. 115-129, 2001.

WANYAMA, F. O.; DEVELTERE, P.; POLLET, I. Encountering the evidence: cooperatives and poverty reduction in Africa. **Working Papers on Social and Co-operative Entrepreneurship WP-SCE**, p. 08-02, 2008.

WAGNER, Beverly; SVENSSON, Göran. A framework to navigate sustainability in business networks: The transformative business sustainability (TBS) model. **European Business Review**, 2014.

WENYUAN, N.; NING, M.; YIJUN, L. World Sustainable Development: From Action to Science - Sustainability Science and the Annual Report for World Sustainable Development. **Bulletin of Chinese Academy of Sciences**, v. 30, n. 5, p. 573-585, 2015.

WIGGINS, S.; KIRSTEN, J.; LLAMBÍ, L. The future of small farms. **World development**, v. 38, n. 10, p. 1341-1348, 2010.

WILLY, D. K.; NGARE, L. W. Analysis of participation in collective action initiatives for addressing unilateral agri-environmental externalities. **Environmental Science & Policy**, v. 117, p. 1-7, 2021.

WILSON, J.; TYEDMERS, P.; PELOT, R. Contrasting and comparing sustainable development indicator metrics. **Ecological indicators**, v. 7, n. 2, p. 299-314, 2007.

WOHLENBERG, J.; HOELTZ, M.; SCHAEFER, J.; NARA, E. O. B.; BENITEZ, G.; SCHNEIDER, R. Sustainability In Agriculture: Analysing The Environmental And Social Aspects Of The Family Farmers' Economy. **J. Sustain. Sci. Manag**, v. 17, p. 251-261, 2022.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT - WCED. **Our Common Future**. Oxford University Press, UK, 1987.

WORLD POPULATION PROSPECTS. **World Population Prospects 2019**.

Disponível em:

https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf. Acesso em 30 julho de 2020.

WYNNE-JONES, S. Understanding farmer co-operation: Exploring practices of social relatedness and emergent affects. **Journal of Rural Studies**, v. 53, p. 259-268, 2017.

XIE, H.; ZHANG, Y.; ZENG, X.; HE, Y. Sustainable land use and management research: A scientometric review. **Landscape Ecology**, p. 1-31, 2020.

YAKAR PRITCHARD, G.; ÇALİYURT, K. T. Sustainability reporting in cooperatives. **Risks**, v. 9, n. 6, p. 117, 2021.

YANG, L.; HUANG, B.; MAO, M.; YAO, L.; NIEDERMANN, S.; HU, W.; CHEN, Y. Sustainability assessment of greenhouse vegetable farming practices from environmental, economic, and socio-institutional perspectives in China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 17, p. 17287-17297, 2016.

YIN, R. K. **Estudo de Caso-: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2015.

ZADEH, L. A. *Fuzzy sets*. **Information and control**, vol. 8, pp. 338–353, 1965.

ZADEH, L. A. "Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes". **IEEE Trans. on Systems Man & Cybernetics**, Vol.3: 28-44, 1973.

ZADEH, L. A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. **Information sciences**, v. 8, n. 3, p. 199-249, 1975.

ZADEH, L. A. "A *Fuzzy* Algorithmic Approach to the Definition of Complex or Imprecise Concepts". **Int. Journal of Man-Machine Studies**, Vol. 8:249-291, 1976.

ZADEH, L. A. "*Fuzzy* Sets as a Basis for a Theory of Possibility". **Fuzzy Sets and Systems**, Vol. 1: 3-28, 1976.

ZARE, A.; FEYLIZADEH, M.; MAHMOUDI, A.; LIU, S. Suitable computerized maintenance management system selection using grey group TOPSIS and *fuzzy* group VIKOR: a case study. **Decision Science Letters**, v. 7, n. 4, p. 341-358, 2018.

ZARTE, M.; PECHMANN, A.; NUNES, I. L. *Fuzzy* Inference model for decision support in sustainable production planning processes—a case study. **Sustainability**, v. 13, n. 3, p. 1355, 2021.

ZEULI, K. A.; RADEL, J. Cooperatives as a community development strategy: Linking theory and practice. **Journal of Regional Analysis and Policy**, v. 35, n. 1100-2016-89741, 2005.

ZEULI, K. A.; LAWLESS, G.; DELLER, R.; CROPP, R.; HUGHES, W. **Measuring the economic impact of cooperatives: results from Wisconsin (2003)**. Disponível em: <https://www.rd.usda.gov/sites/default/files/RR196.pdf>. Acessado em: 19 de fevereiro de 2021.

ZHENG, S.; WANG, Z.; AWOKUSE, T. O. Determinants of producers' participation in agricultural cooperatives: evidence from Northern China. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 34, n. 1, p. 167-186, 2012.

ZIMMERMANN, H. J. *Fuzzy set theory*. **Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics**, v. 2, n. 3, p. 317-332, 2010.

PÊNDICE A – SÍNTESE TEÓRICA

Apêndice A– Síntese teórica

Abordagens	A que se refere	Autores
Cooperação, cooperativas e cooperativismo	Conceitos	Camargo (1960); Pinho (1962, 1980); Olson (1965, 1971, 2000); Harsanyi (1980); Araújo (1982); Briscoe (1982); Fleury (1983); Oliver (1984); Bonus (1986); Staatz (1987); Hansmann (1988, 1996); Ostrom (1990, 2009); King e Walker (1992); Bonin <i>et al.</i> (1993); Lusch e Brown (1996); Gentzoglanis (1997); Unger e Waarden (1999); Briscoe e Ward (2000); Holloway <i>et al.</i> (2000); Berdegué <i>et al.</i> (2001); Brito (2001); Karantininis e Zago (2001); Pretty e Ward (2001); Quiggin (2001); Singer (2002); Hagedorn <i>et al.</i> (2002); Cattani (2003); Souza <i>et al.</i> (2003); Meinzen-Dick e Di Gregorio (2004); Poteete e Ostrom (2004); Bruni (2005); Bialoskorski (2006); Oliveira (2006); Chen <i>et al.</i> (2007); Ortamann e King (2007); Valentinov (2007); Banco Mundial (2008); Prabhu <i>et al.</i> (2008); Wanyama <i>et al.</i> (2008); Bernard e Spielman (2009); Birchall e Ketilson (2009); Goldstein (2009); Hellin <i>et al.</i> (2009); Shiferaw <i>et al.</i> (2009); Markelova <i>et al.</i> (2009); Van Oel <i>et al.</i> (2009); Axelrod (2010); McCarthy <i>et al.</i> (2010); Wiggins <i>et al.</i> (2010); Baden e Pionetti (2011); Jarvis <i>et al.</i> (2011); Bernard e Taffesse (2012); Cakir e Balagtas (2012); Cazzuffi (2012); Ficher e Qaim (2012); Getnet e Anullo (2012); Verhofstadt e Maertens (2014); Vilpoux (2014); Albanese e Navarra (2015); Willy <i>et al.</i> (2016); Kormelinck (2016); Ahmed e Mesfin, (2017); Rios (2017); Tefera <i>et al.</i> (2017); Abate (2018); Czech (2016); Fanasch e Frick (2018); Iliopoulos e Valentinov (2018); Santos <i>et al.</i> (2020); Willy e Ngare (2021); Blekking <i>et al.</i> (2021).
	Contexto Histórico - Enfoques Doutrinários	Emilianoff (1948); Bogardus (1964); Drimer (1973); Hugon (1973); Lambert (1975); Rios (1976); Hobsbawm (1977); Pinho (1977, 2004); Novaes (1981); Schneider (1981, 1994, 1999, 2012); Aranzadi (1984); Rech (2000); Ricciardi e Lemos (2000); Gertler (2001); Birchall (2003); Birchall (2003); Zeuli <i>et al.</i> (2003); Zeuli e Radel (2005); Penrose-Buckley (2007); Scopinho (2007); Ortmann e King (2007); Novkovic (2008); Birchall e Simmons (2009); Azevedo e Almeida (2009); Barcellos e Martinelli (2009); European Commission (2012); Fischer e Qaim (2012); Paumgarten <i>et al.</i> (2012); Gordon-Nembhard (2015); Ica-Coop (2015); Ma e Abdulai (2016); Mojo <i>et al.</i> (2017); Wynne-Jones (2017); Gava <i>et al.</i> (2021).
	Contexto Histórico - Enfoque Economico	Emelianoff (1942); Enke (1945); Philips (1953); Robotka (1957); Sosnick (1960); Helmberger e Hoss (1962); Lambert (1963); Williamson (1981); Garoyan (1983); LeVay (1983); Staatz (1987a); Staatz (1987b); Van Barton (1989, 2004); Sexton e Iskow (1993); Cook (1995); Hansmann (1996); Dijk (1997); Williamson (1979b); Antonialli (2000); Bourne <i>et al.</i> (2003); Chaddad e Cook (2004); Cook, Chaddad e Iliopoulos (2004); Boesche e Mafioletti (2005); Duarte <i>et al.</i> (2006); Soboh <i>et al.</i> (2009); Boland e Barton (2013); Fridreich <i>et al.</i> (2015); Pivoto (2015); Borgen e Aarset (2016).
	Organizações Internacionais e Nacionais	Organização das Nações Unidas (ONU); International Co-operative Alliance (ICA); Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB).
	Cenário Mundial	OCB (2019, 2020); IBGE (2019); Saraiva (2020); WCM (2020).

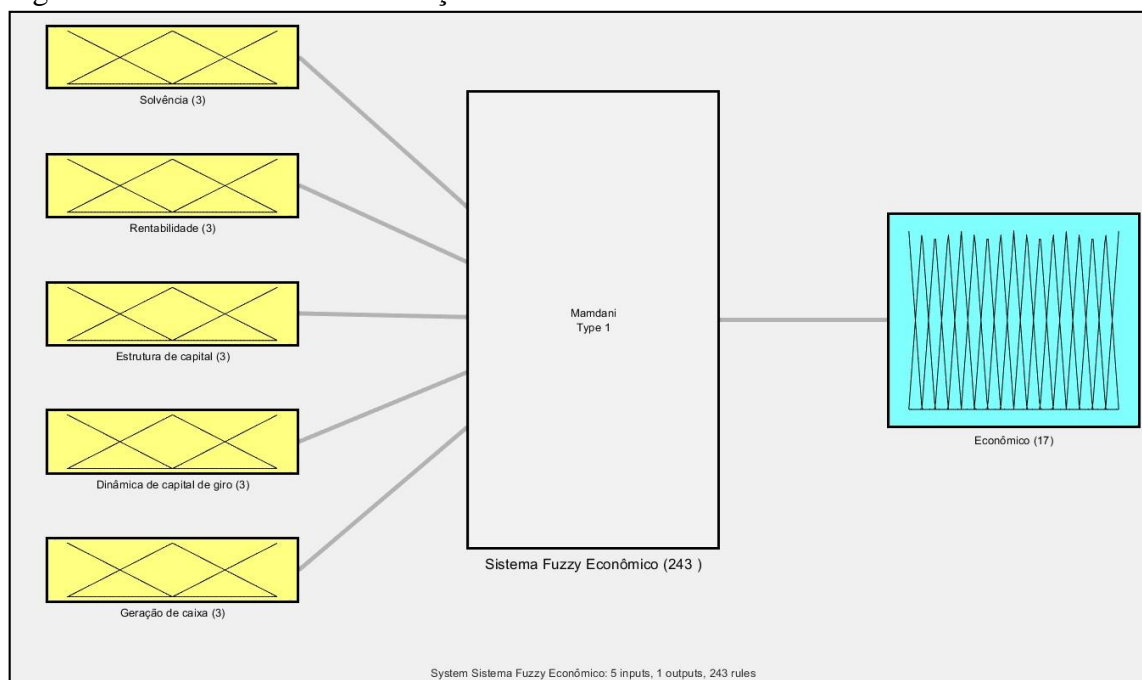
Desenvolvimento Sustentável	Contexto Histórico	World Commission on Environment and Development (1987); Sachs (1993, 2007, 2008); Arrighi (1996); Andreoli <i>et al.</i> (1999); Nemery (2001); Kates (2003); Landes (2005); Du Pisani (2006); Kajikawa <i>et al.</i> (2007); Anderies <i>et al.</i> (2007); Bell (2008); Hobsbawm (2010); OCDE (2012); Popp <i>et al.</i> (2014); United Nations (2015, 2019, 2021); Wenyuan <i>et al.</i> (2015); Lyons (2016); Notarnicola <i>et al.</i> (2017); Fao (2017, 2018, 2021); Fang <i>et al.</i> (2018); Jacobs (2018); Olawumi <i>et al.</i> (2018); Shekun (2018); Tomislav (2018); Miola e Schiltz (2019); Fukuda-Parr e Mcneill (2019); Merry (2019); Bing-Bing <i>et al.</i> (2019); Gava <i>et al.</i> (2020); Tortorella <i>et al.</i> (2020); European Comission (2021);The Club of Rome (2021).
Indicadores de sustentabilidade	Conceitos e dimensões	John Elkington (1998); GRI (2002); Husted (2003); OCDE (2005); Wilson <i>et al.</i> (2007); Böhringer e Jochem, 2007; Gasparatos <i>et al.</i> (2008); Munda e Nardo (2009); Singh <i>et al.</i> (2009); Gasparatos (2010); Jayaraman <i>et al.</i> (2012); Schader <i>et al.</i> (2014); FAO (2014); Choobchian <i>et al.</i> (2015); Brunori e Galli (2016); Bachev (2016, 2017); Brunori <i>et al.</i> (2016); Galli <i>et al.</i> (2016); Meemken <i>et al.</i> , 2017; Schmitt <i>et al.</i> (2017); Aris <i>et al.</i> (2018); Kiselitsa <i>et al.</i> (2018); Marcis <i>et al.</i> (2018, 2019); Nguyen <i>et al.</i> (2019); Oerther (2019); Rivera <i>et al.</i> (2019); Shcherbak <i>et al.</i> (2020); Jin e Zailani (2020).

Fonte: Elaborado pela autora com base nas contribuições teóricas da tese

APÊNDICE B – MODELO COMPLETO DE FUZZIFICAÇÃO PELO MATLAB®

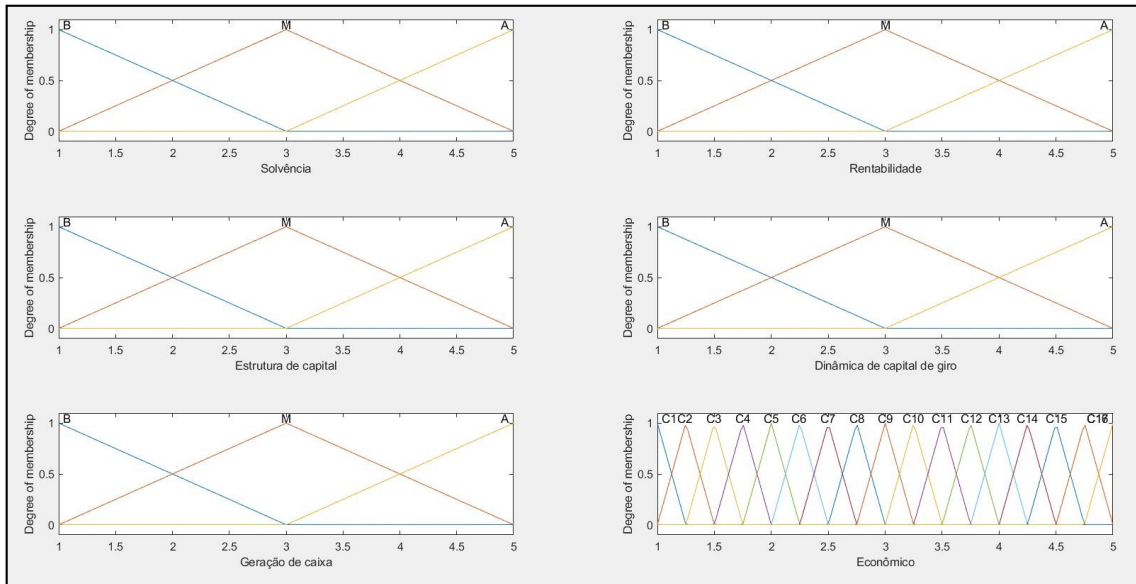
Indicador Econômico

Figura 01 – Estrutura de fuzzificação dos subindicadores econômicos



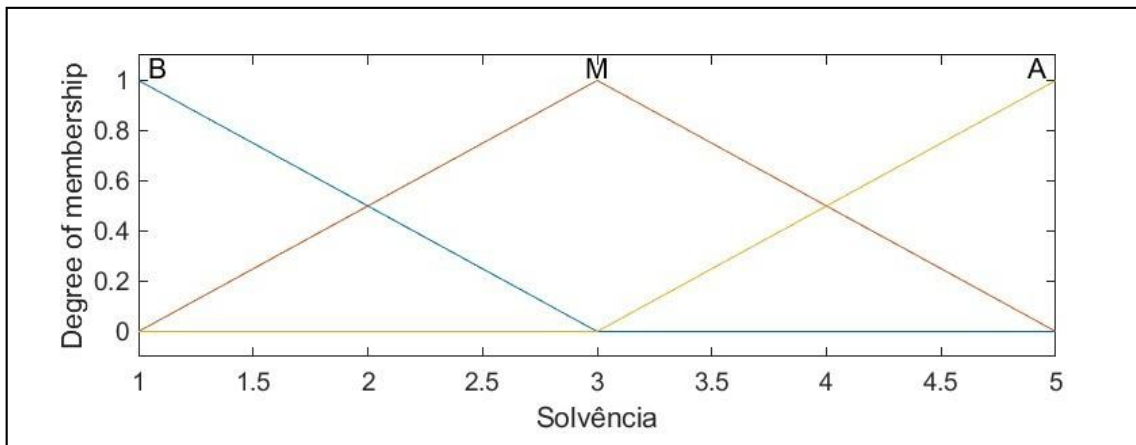
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 2 – Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada e saída – Indicador econômico



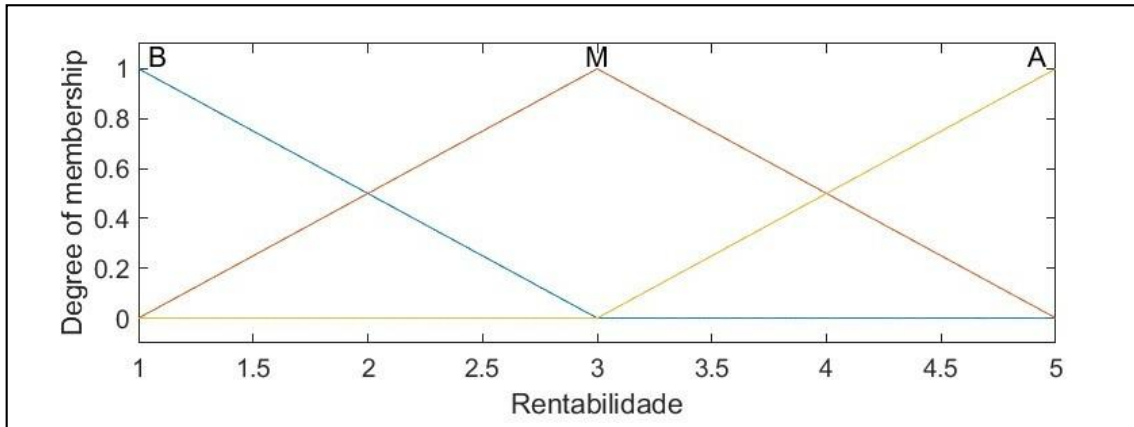
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 3 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Solvência.



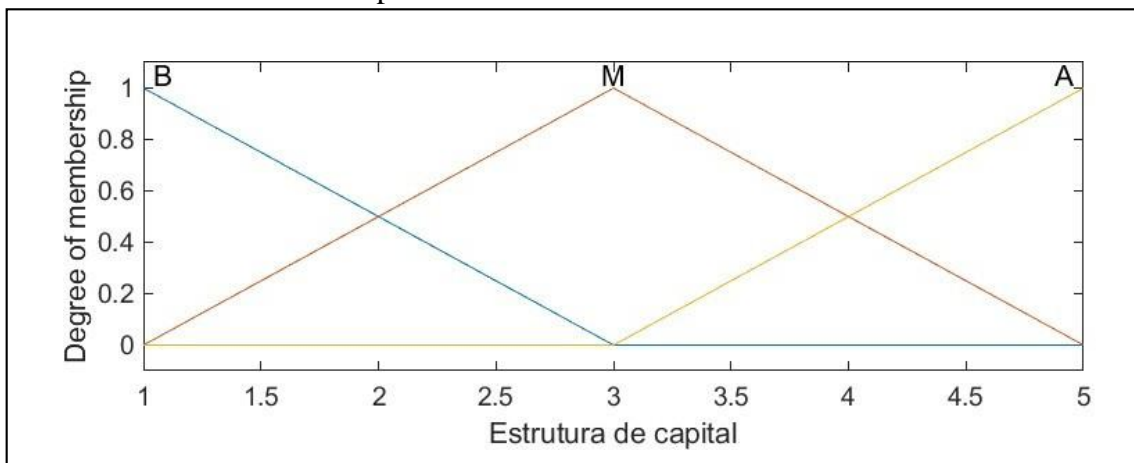
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 4 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Rentabilidade.



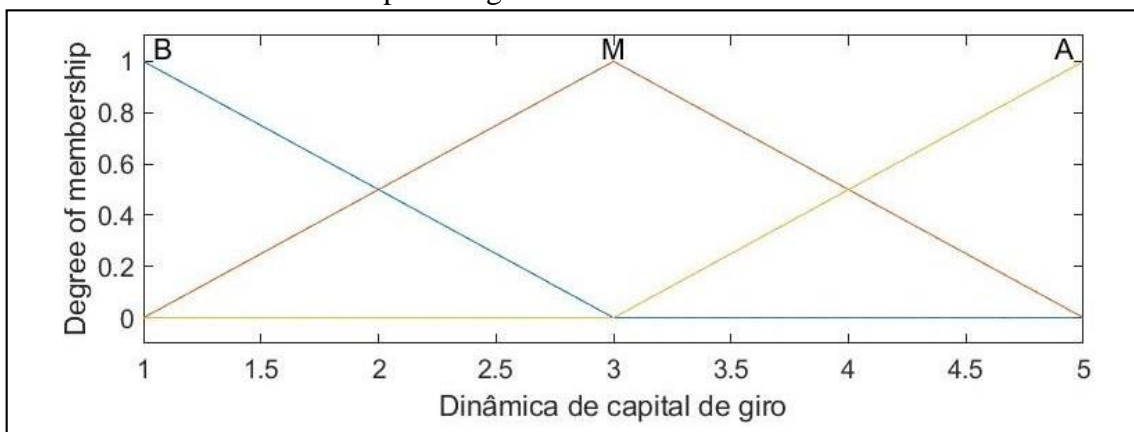
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 5 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Estrutura de capital.



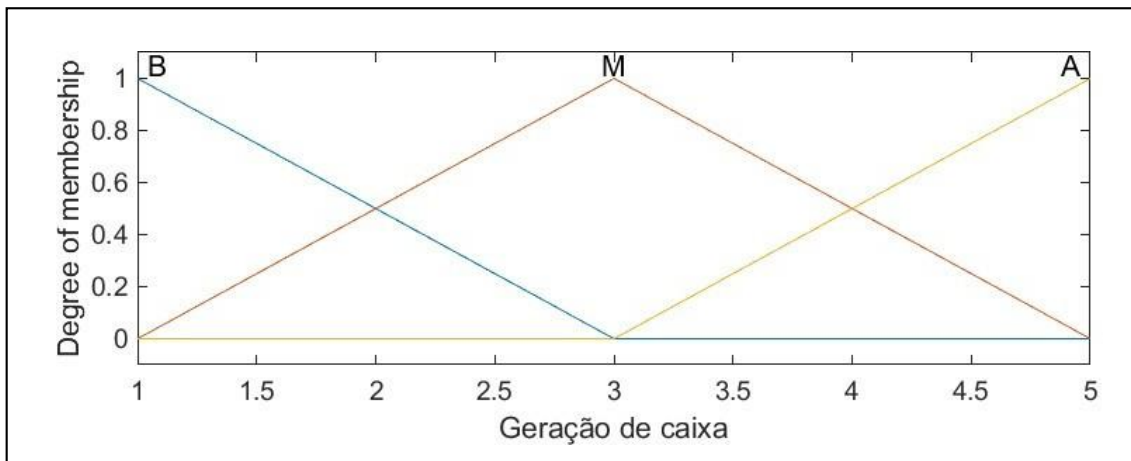
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 6 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Dinâmica de capital de giro.



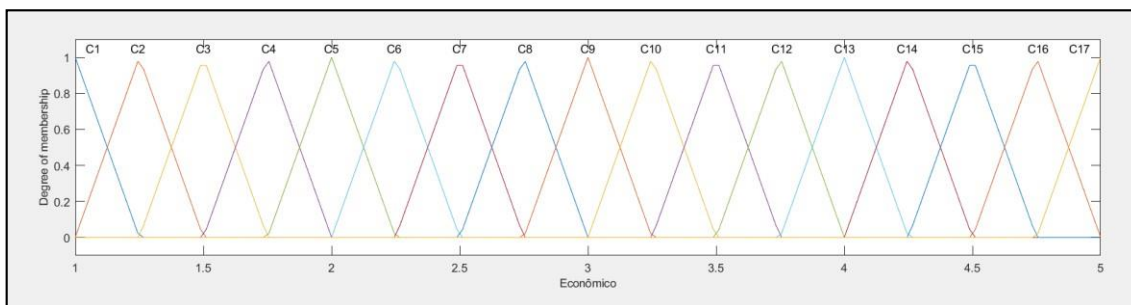
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 7 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Geração de caixa.



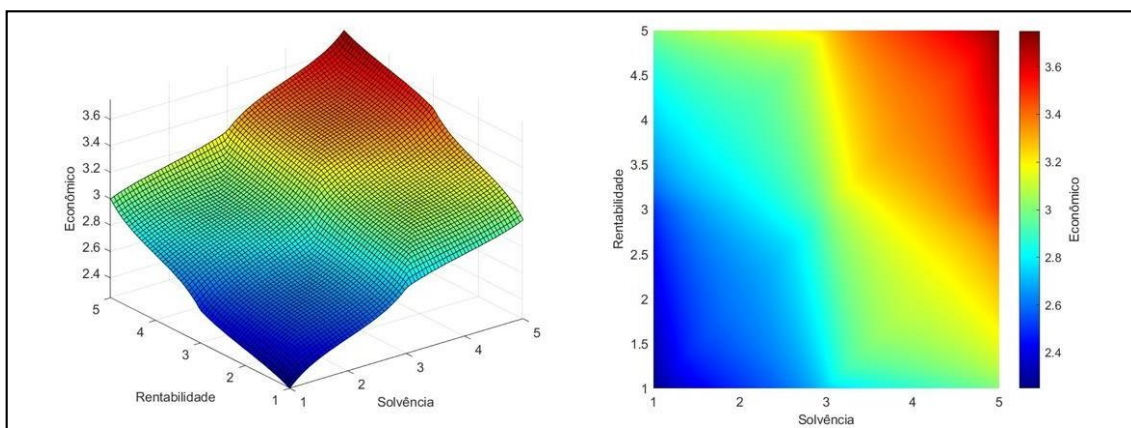
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 8 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de saída – Indicador econômico.



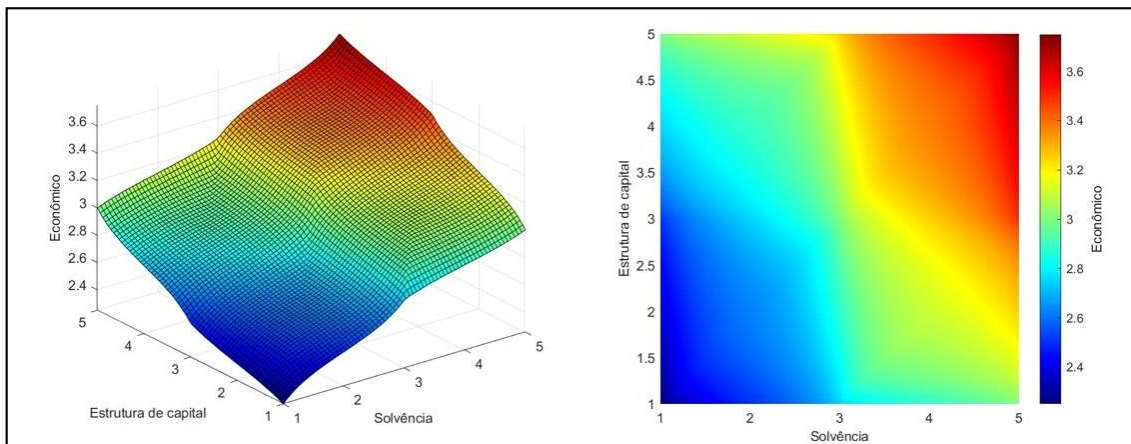
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 9 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Rentabilidade e Solvência.



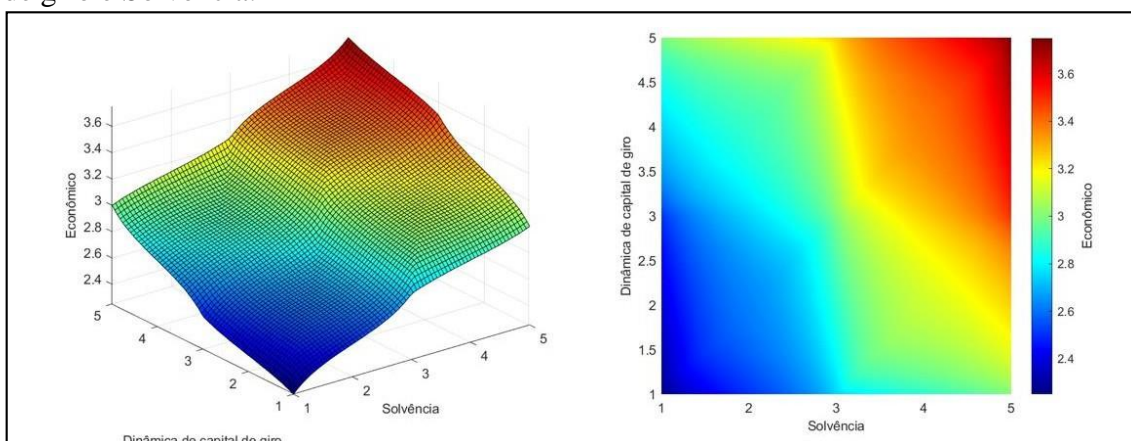
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 10 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Estrutura de capital e Solvência.



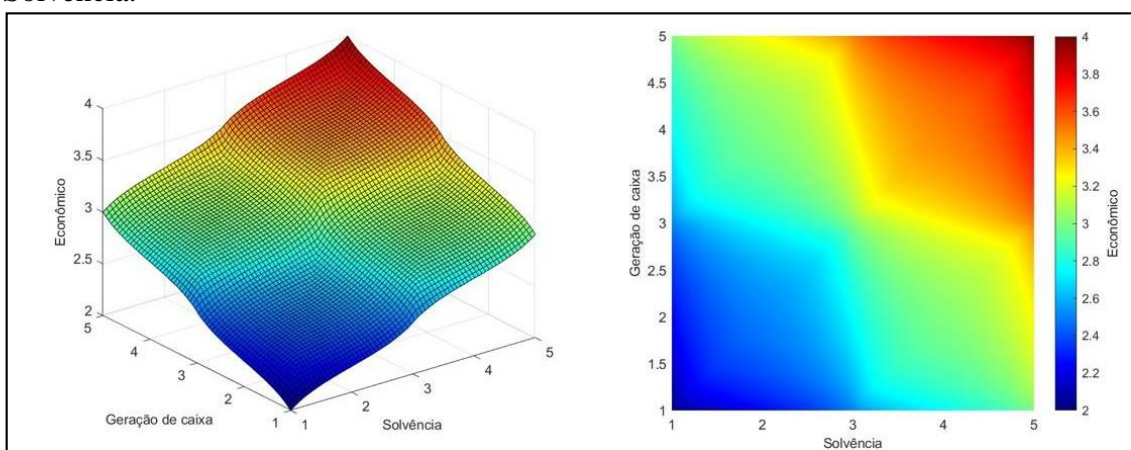
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 11 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Dinâmica de capital de giro e Solvência.



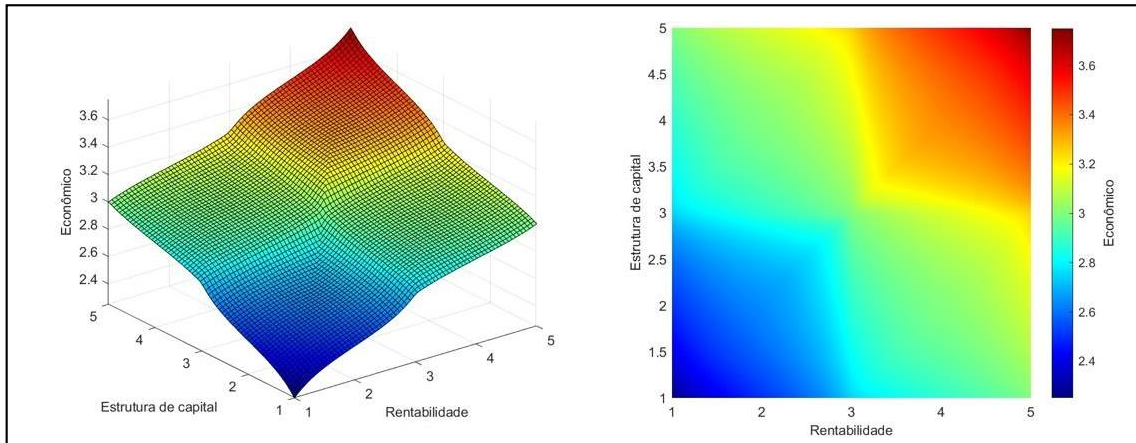
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 12 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Geração de caixa e Solvência.



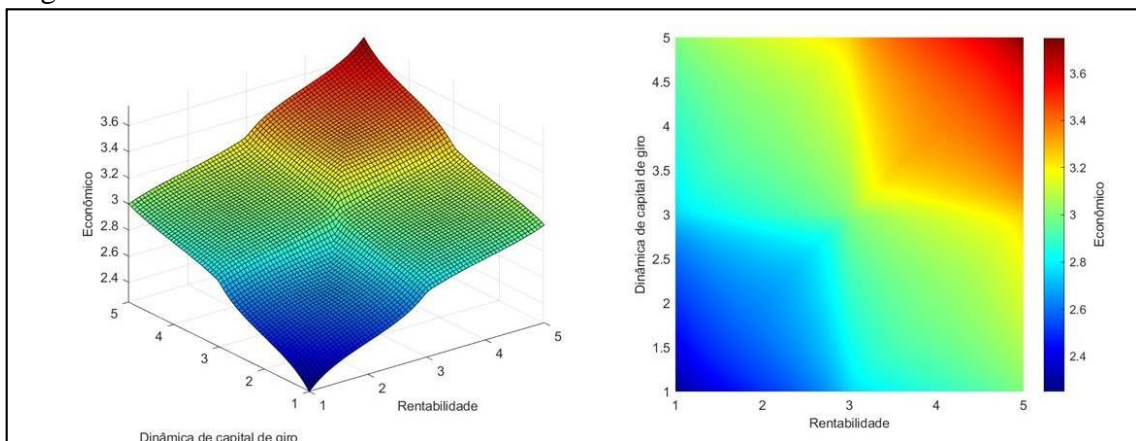
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 13 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Estrutura de capital de giro e Rentabilidade.



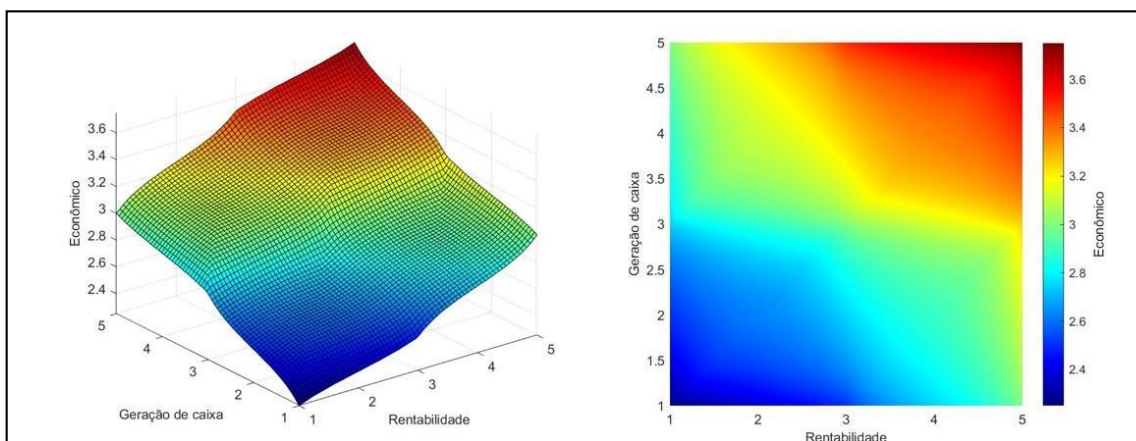
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 14 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Dinâmica de capital de giro e Rentabilidade.



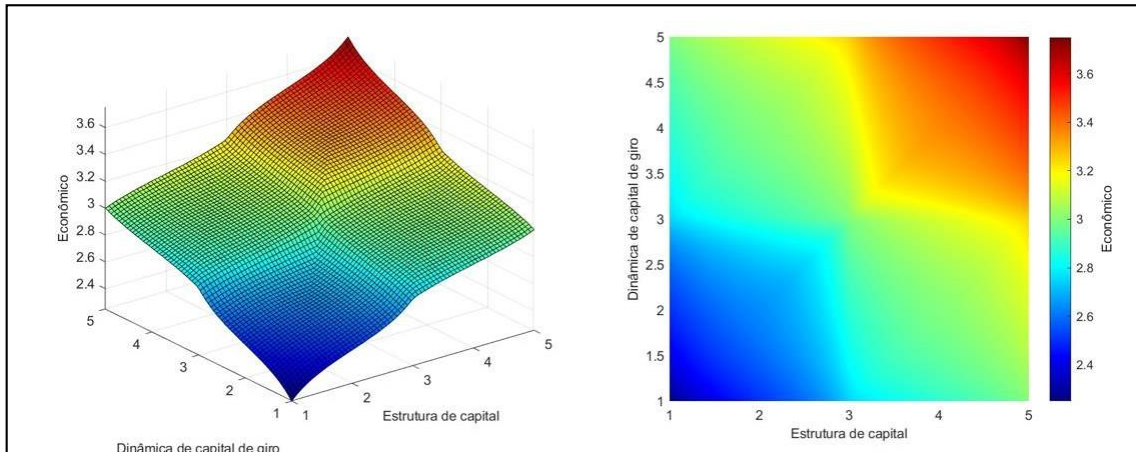
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 15 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Geração de caixa e Rentabilidade.



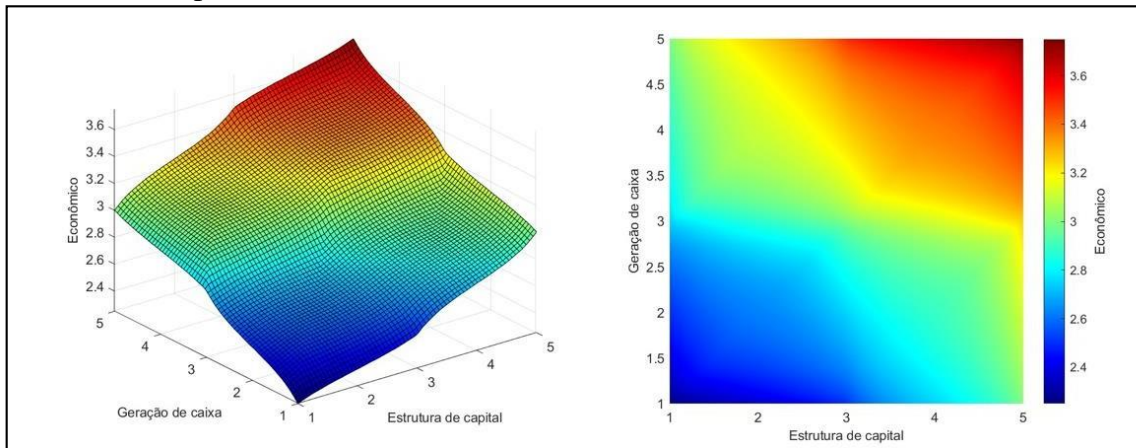
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 16 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Dinâmica de capital de giro e Estrutura de capital.



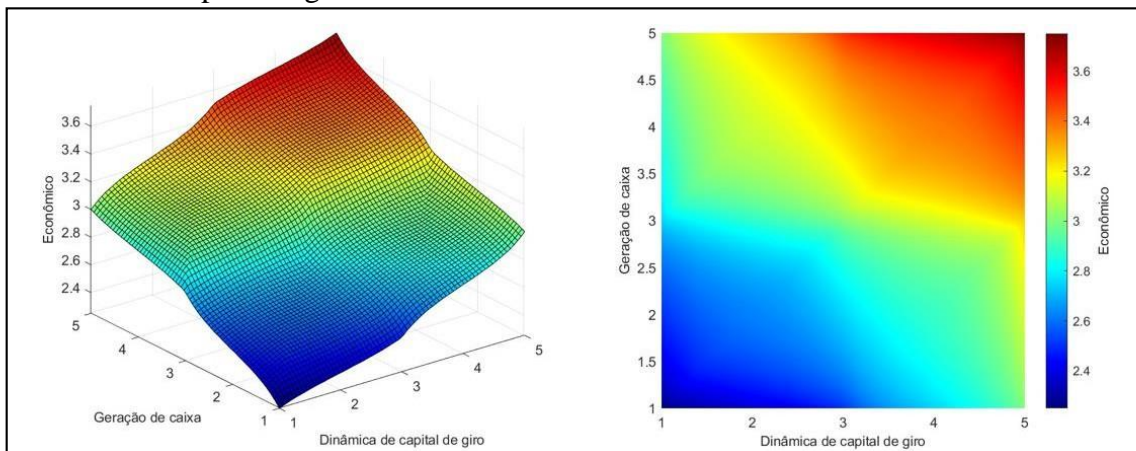
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 17 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Geração de caixa e Estrutura de capital.



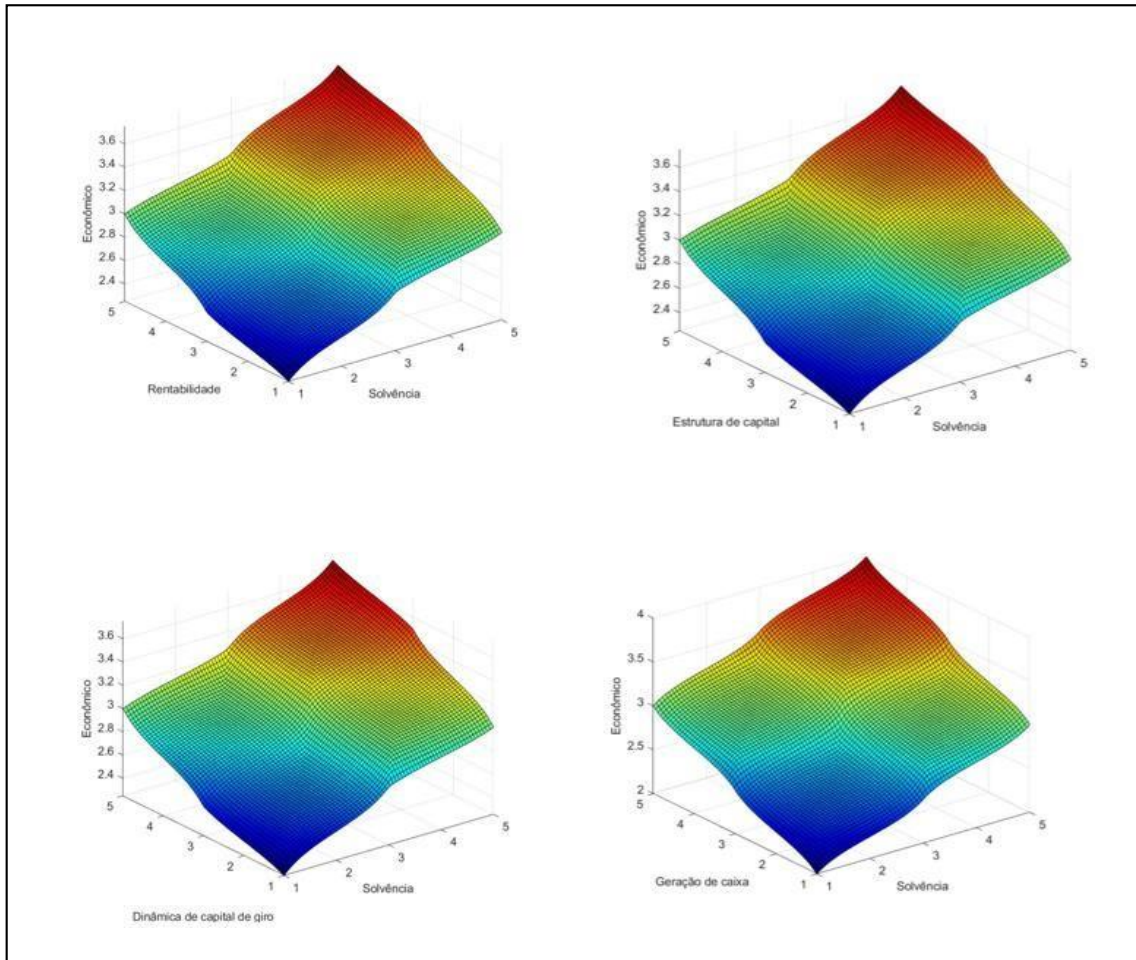
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 18 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Geração de caixa e Dinâmica de capital de giro.



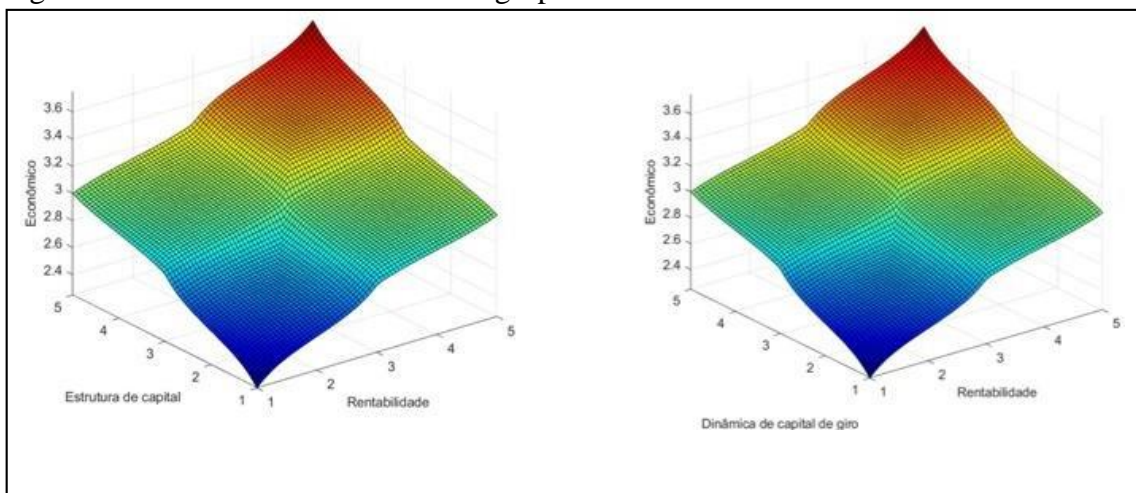
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 19 – Gráficos tridimensionais agrupados.



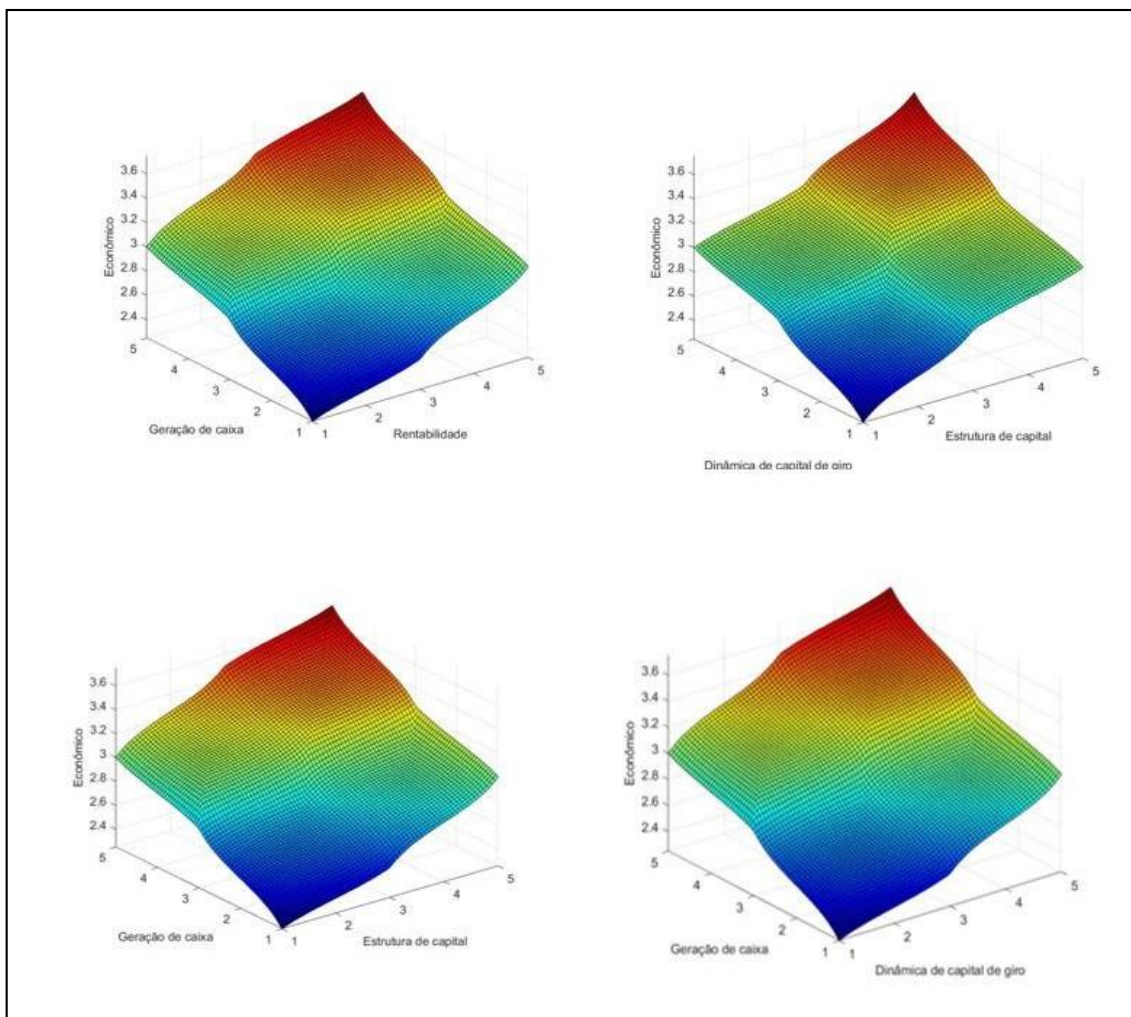
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 20 – Gráficos tridimensionais agrupados.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

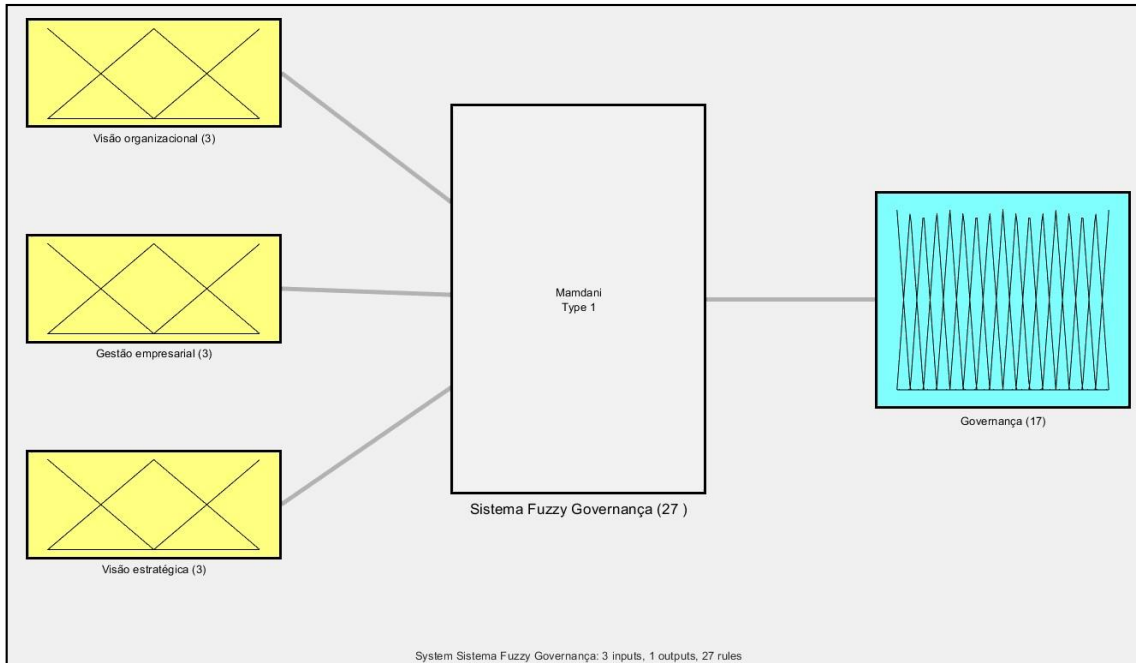
Figura 21 – Gráficos tridimensionais agrupados.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

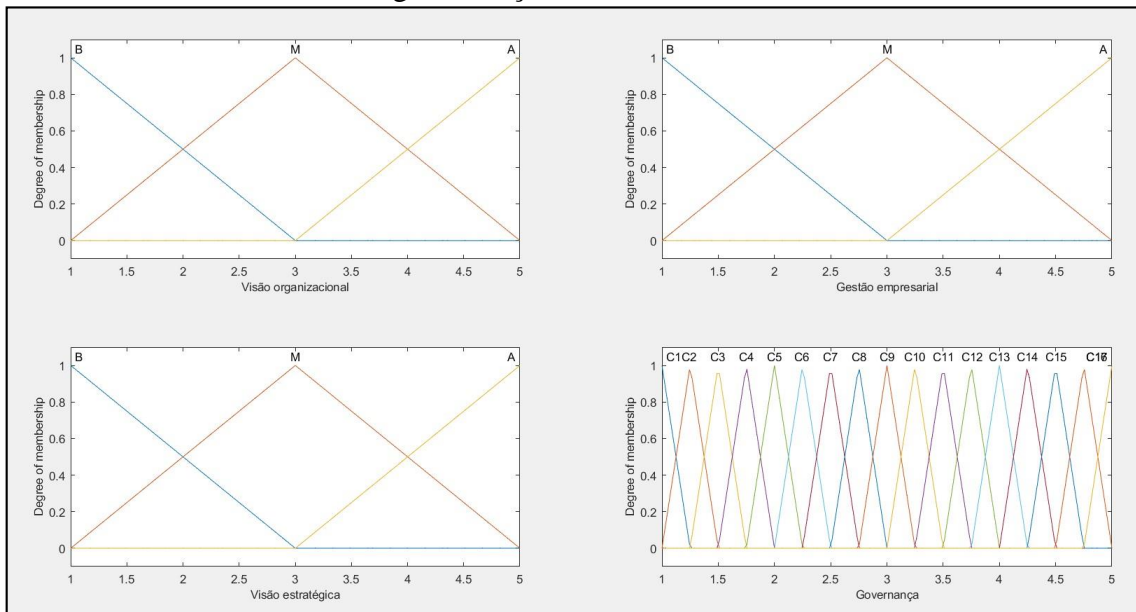
Indicador Governança

Figura 22 – Estrutura de fuzzificação dos subindicadores de governança.



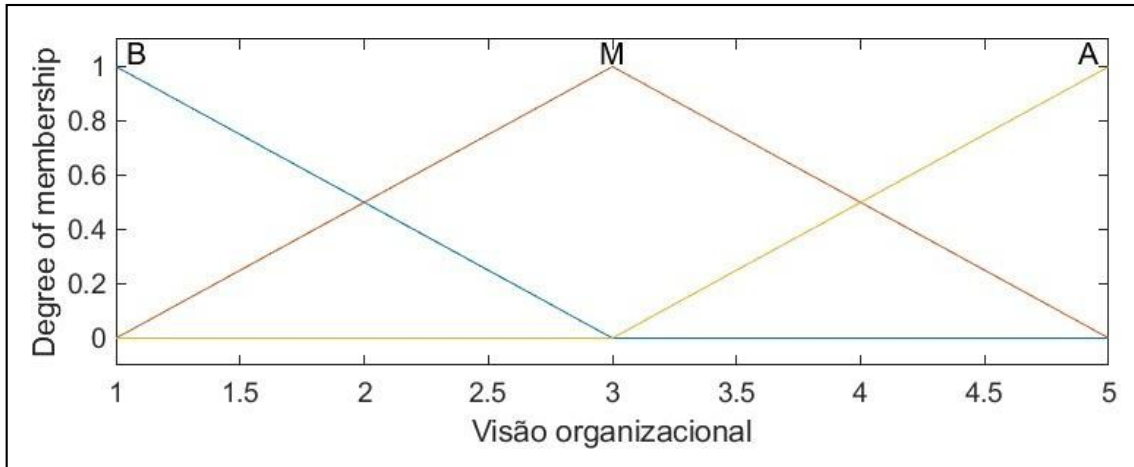
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 23 – Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada e saída – Indicador de governança.



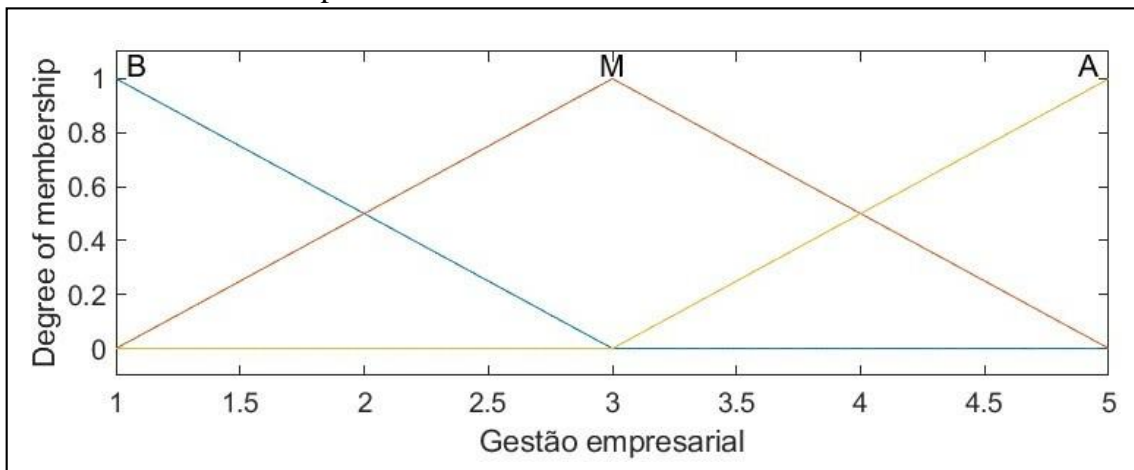
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 24 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Visão organizacional.



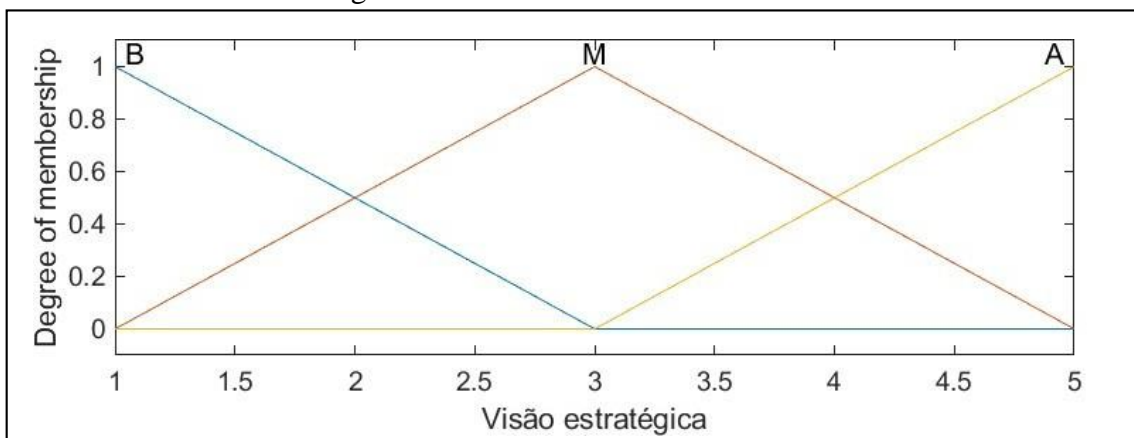
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 24 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Gestão empresarial.



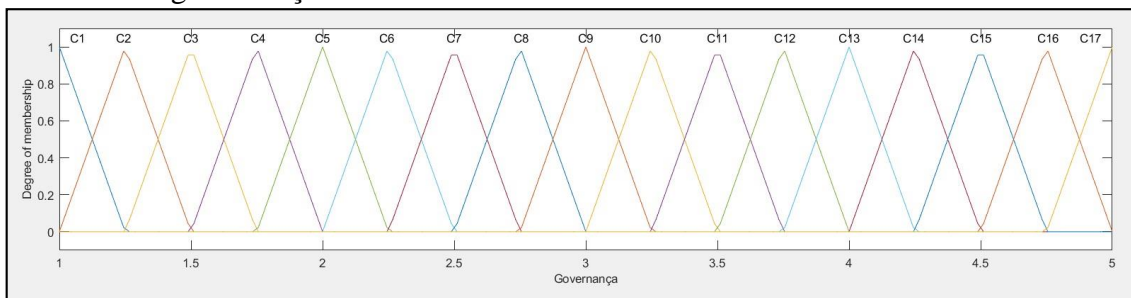
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 26 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Visão estratégica.



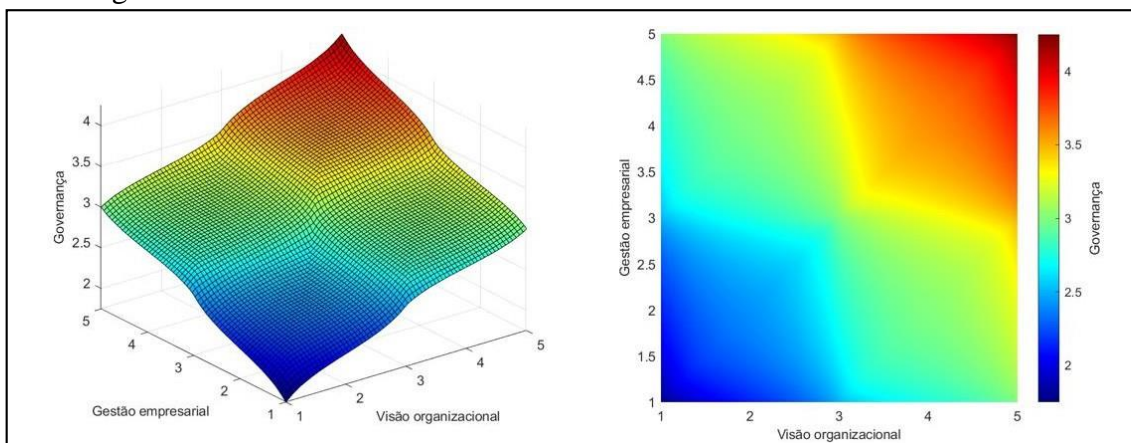
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 27 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de saída – Indicador de governança.



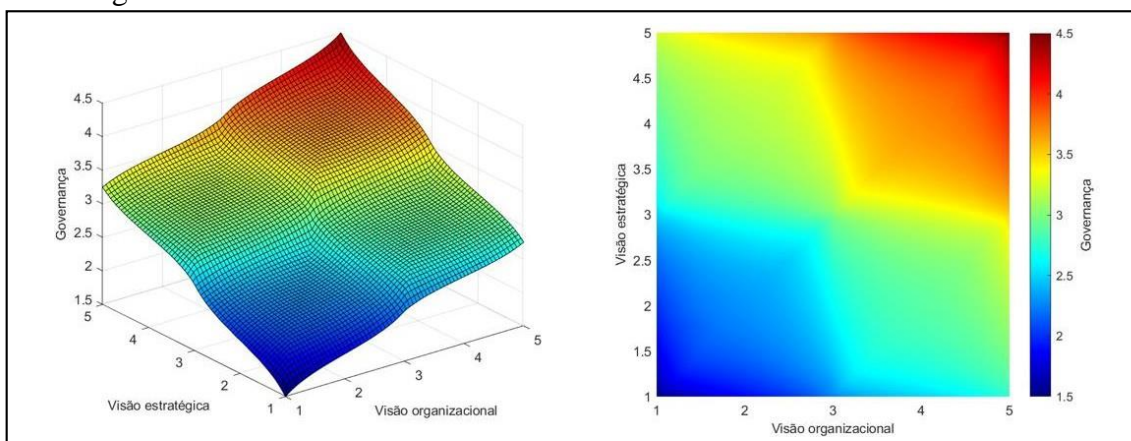
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 28 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Gestão empresarial e Visão organizacional.



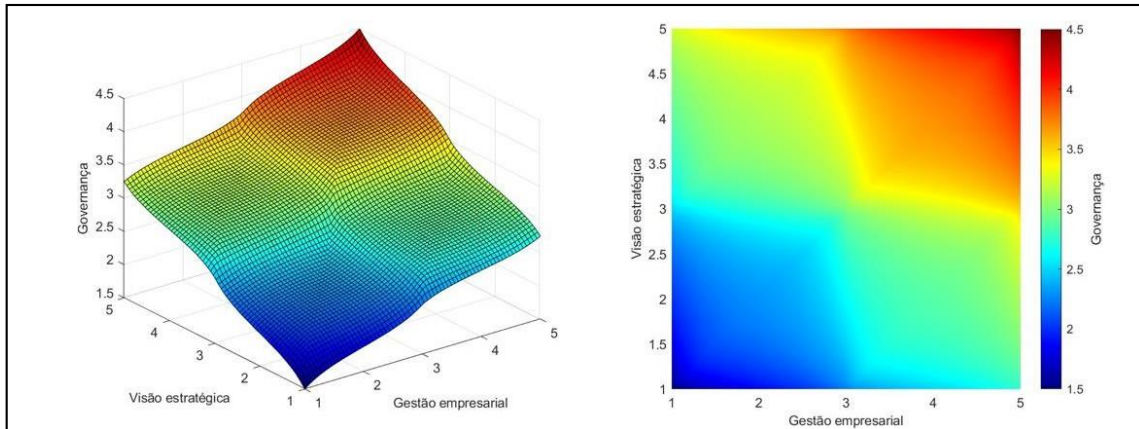
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 29 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Visão estratégica e Visão organizacional.



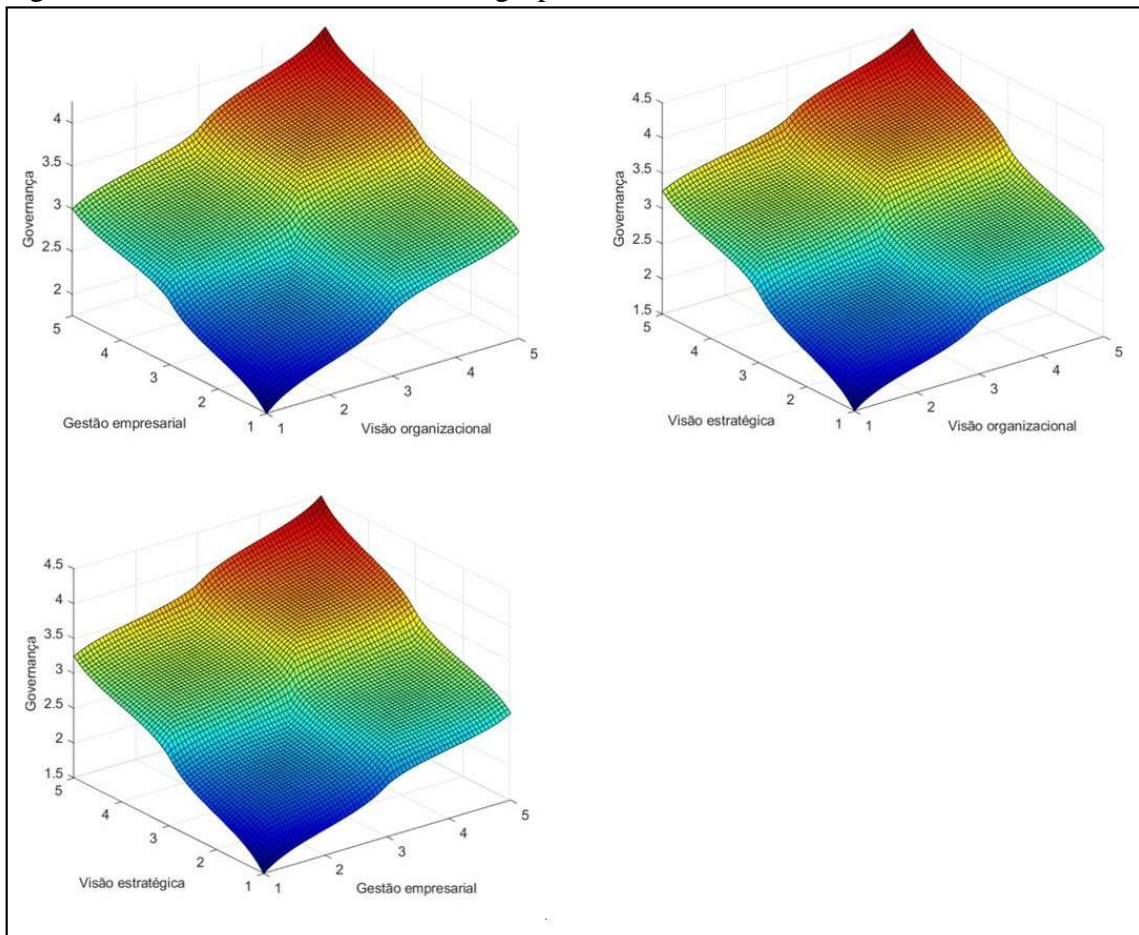
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 30 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Visão estratégica e Gestão empresarial.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

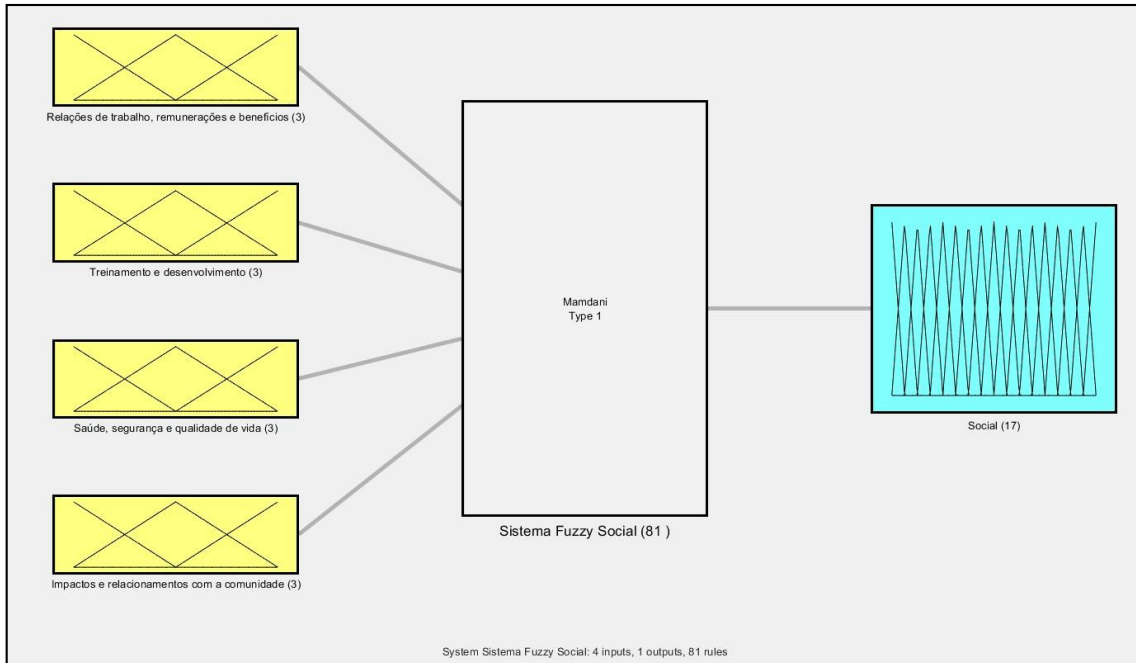
Figura 31 – Gráficos tridimensionais agrupados.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

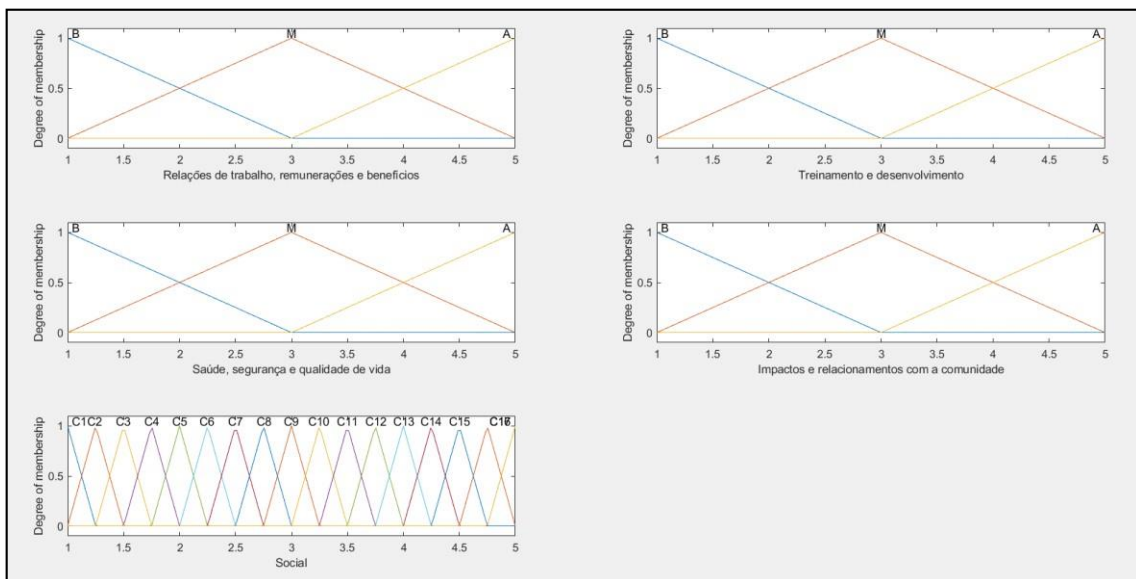
Indicador Social

Figura 32 – Estrutura de fuzzificação dos subindicadores sociais.



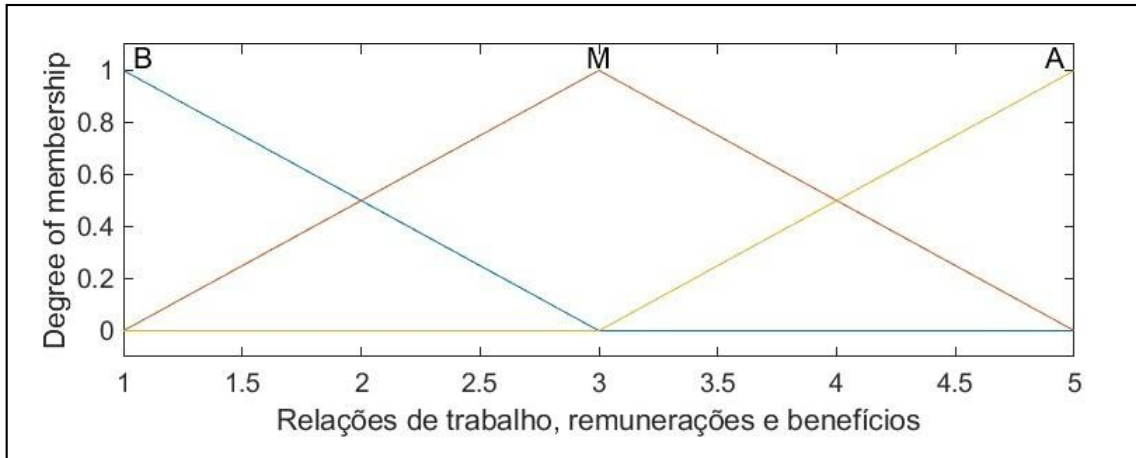
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 33 – Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada e saída – Indicador social.



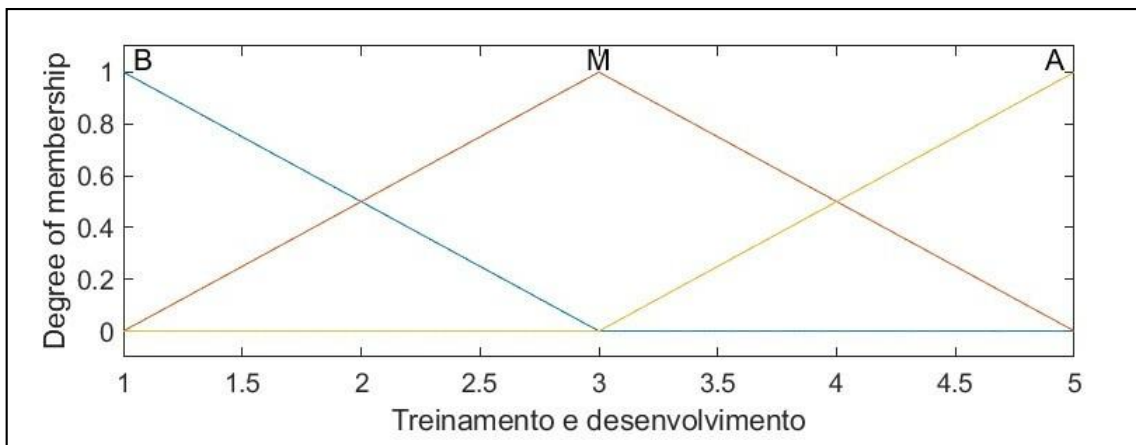
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 34 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Relações de trabalho, remuneração e benefícios.



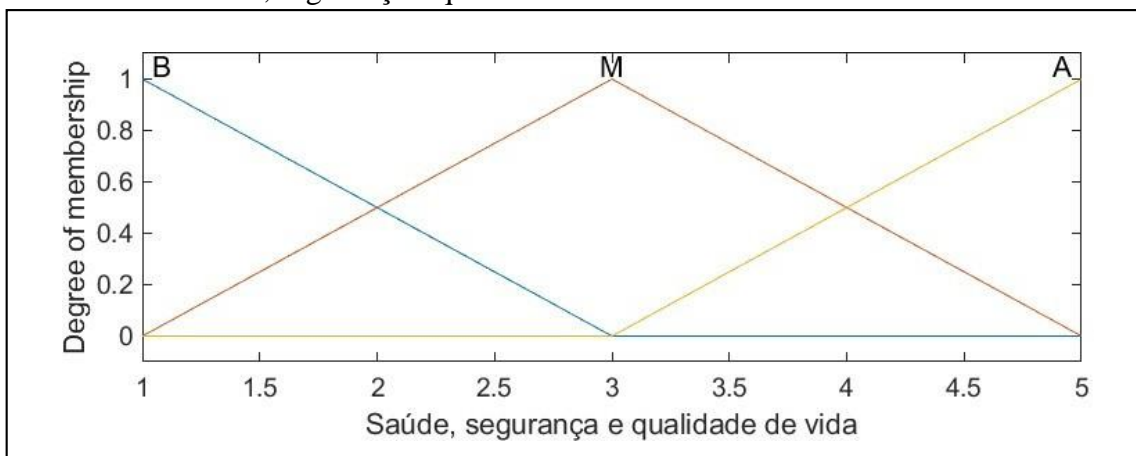
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 35 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Treinamento e desenvolvimento.



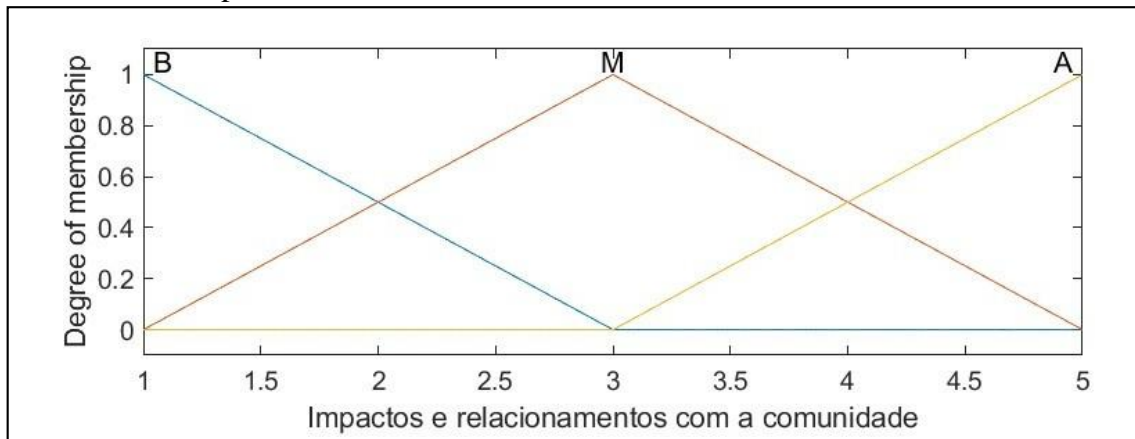
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 36 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Saúde, segurança e qualidade de vida.



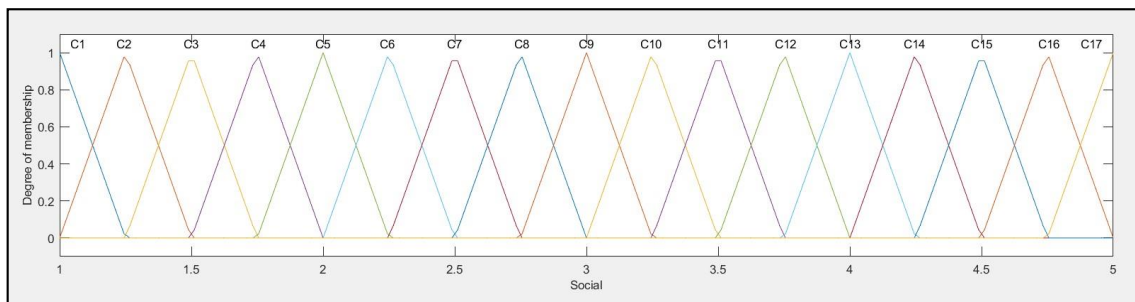
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 37 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Impactos e relacionamentos com a comunidade.



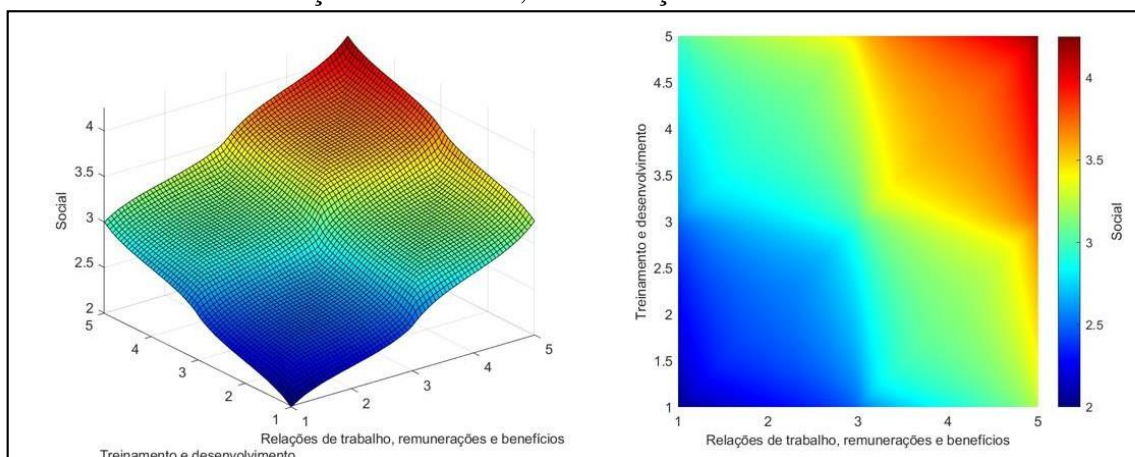
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 38 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de saída – Indicador social.



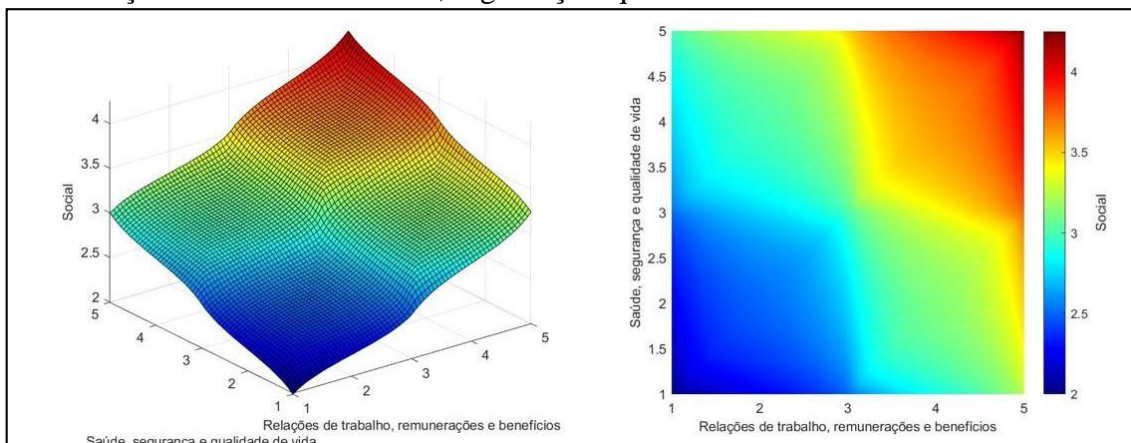
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 39 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Treinamento e desenvolvimento e Relações de trabalho, remuneração e benefícios.



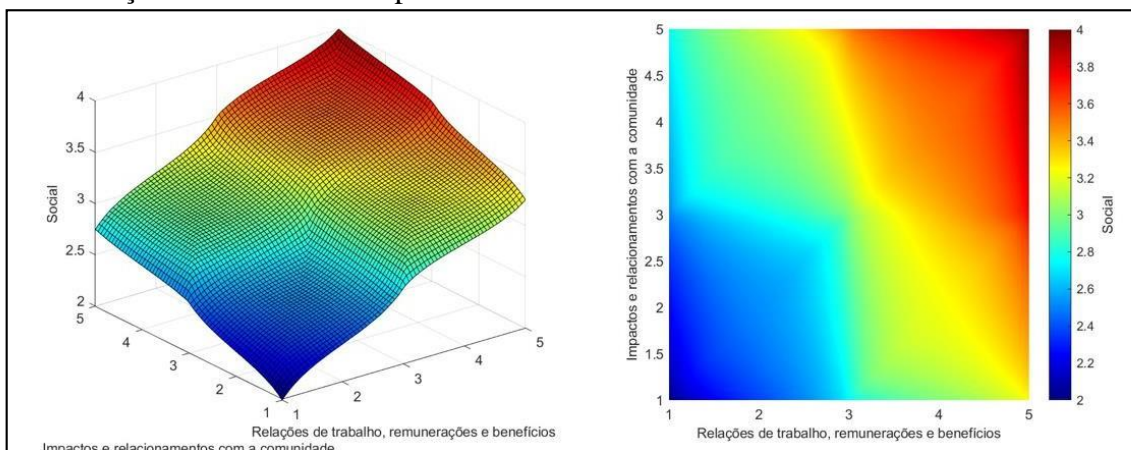
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 40 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Relações de trabalho, remuneração e benefícios e Saúde, segurança e qualidade de vida.



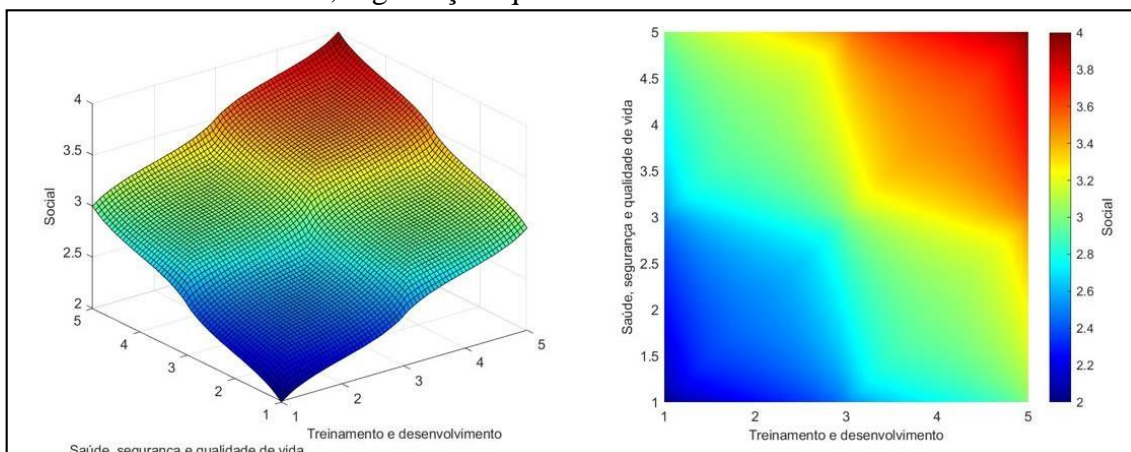
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 41 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Relações de trabalho, remuneração e benefícios e Impactos e relacionamentos com a comunidade.



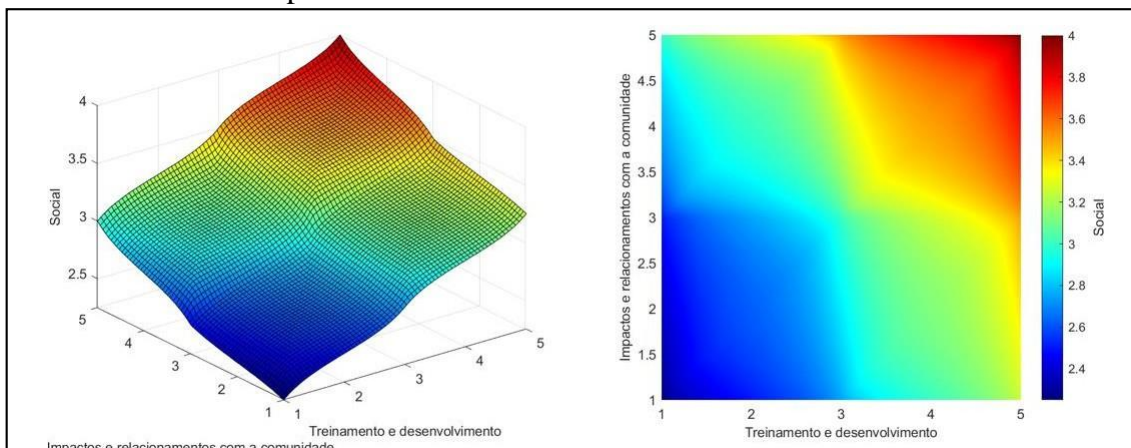
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 42 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Treinamento e desenvolvimento e Saúde, segurança e qualidade de vida.



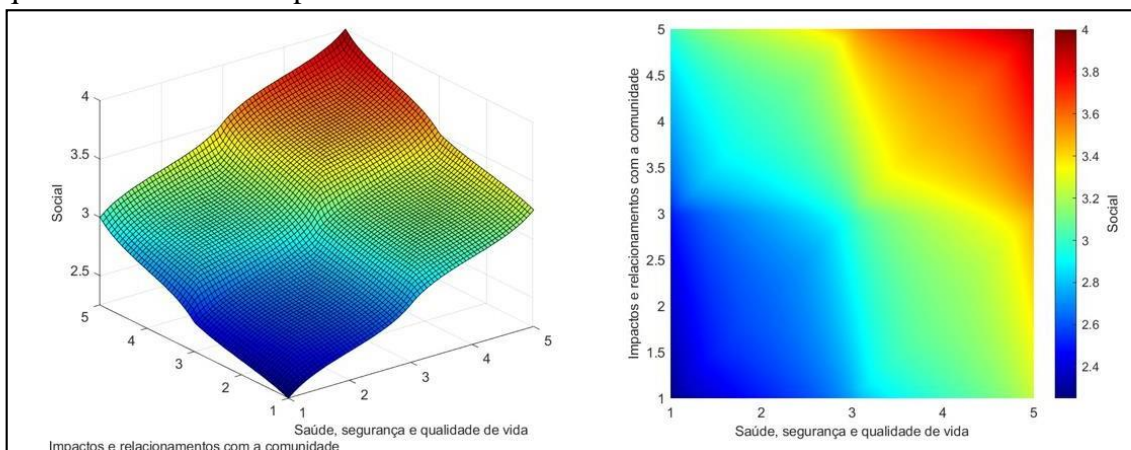
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 43 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Treinamento e desenvolvimento e Impactos e relacionamentos com a comunidade.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

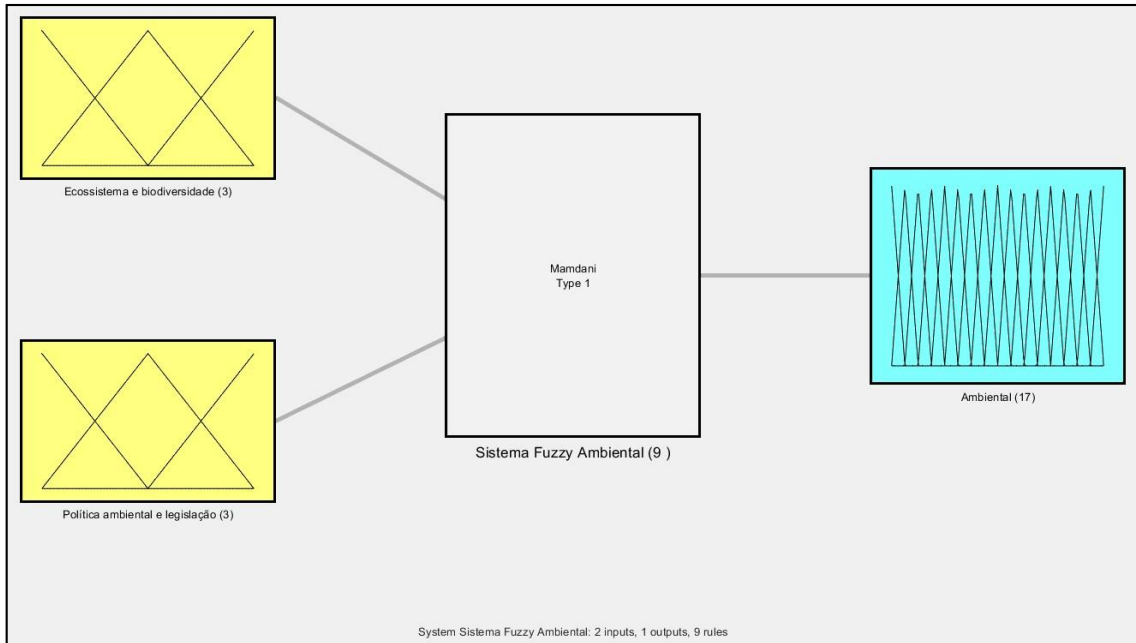
Figura 44 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Saúde, segurança e qualidade de vida e Impactos e relacionamentos com a comunidade.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

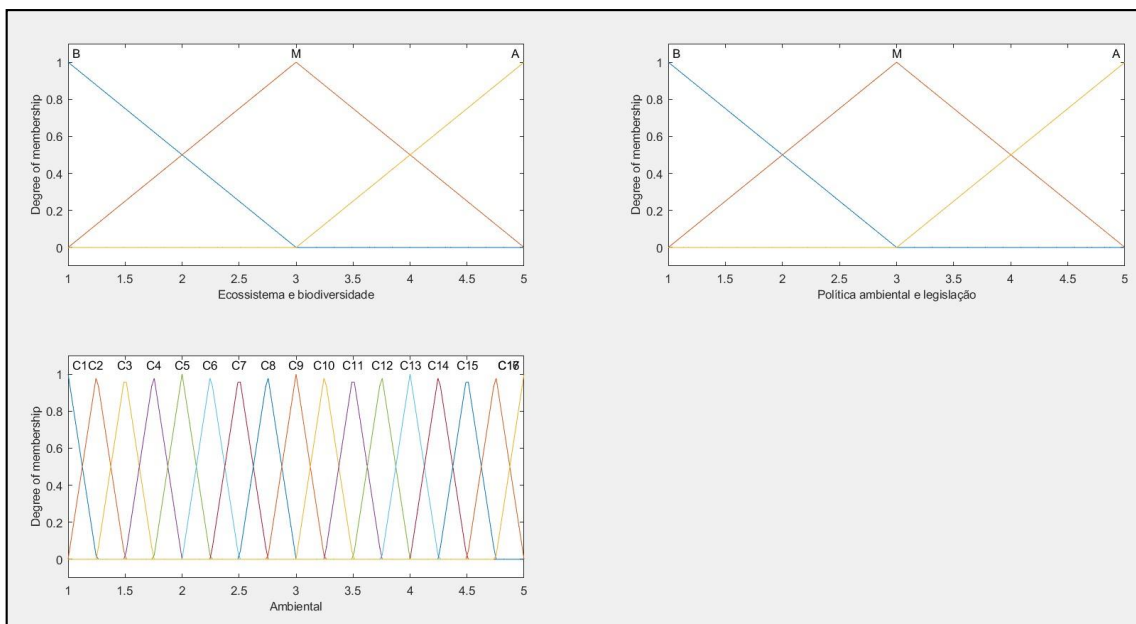
Indicador Ambiental

Figura 45 – Estrutura de fuzzificação dos subindicadores ambientais.



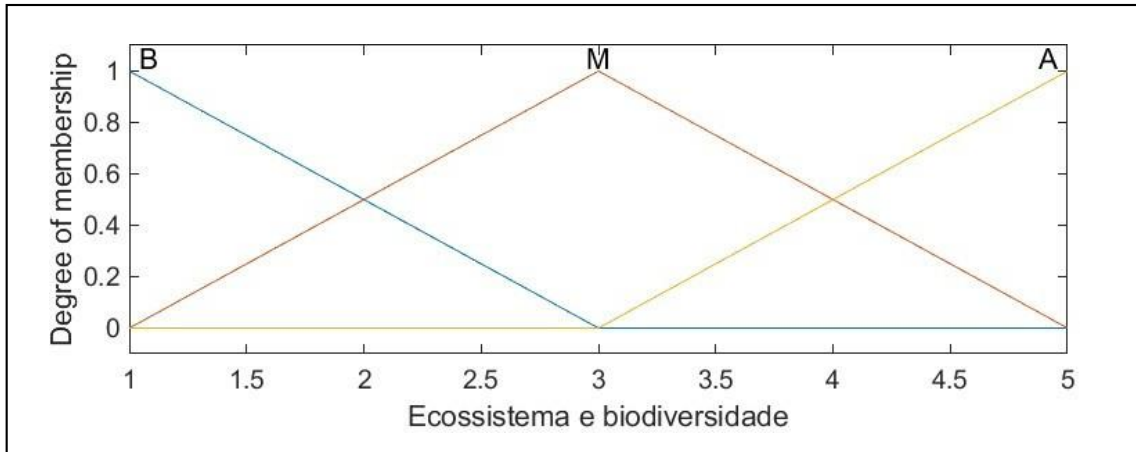
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 46 – Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada e saída – Indicador ambiental.



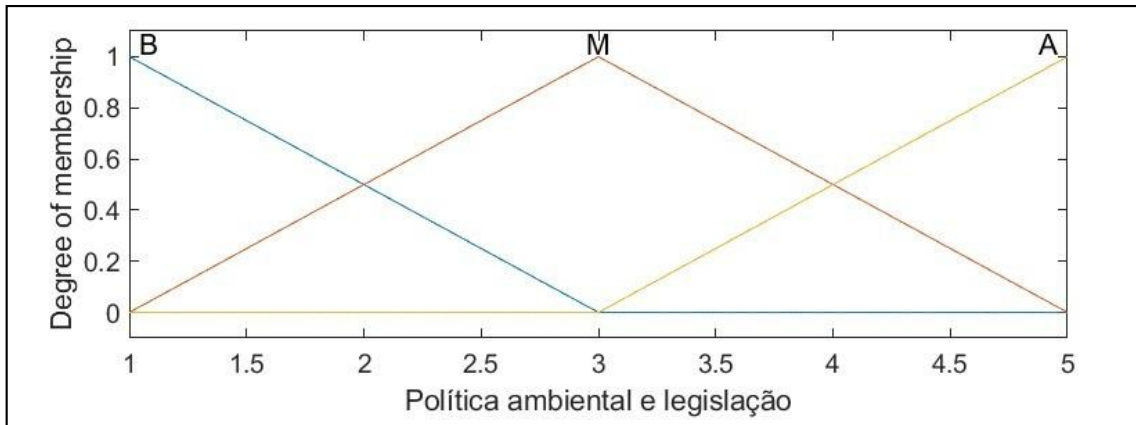
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 47 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Ecosistema e biodiversidade.



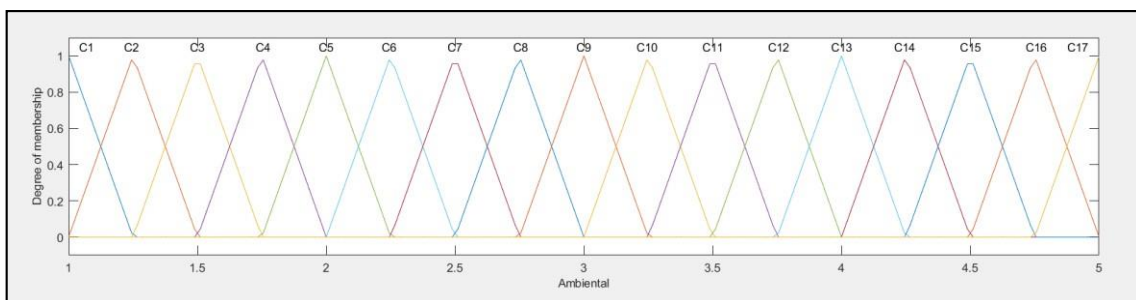
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 48 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada – subindicador: Política ambiental e legislação.



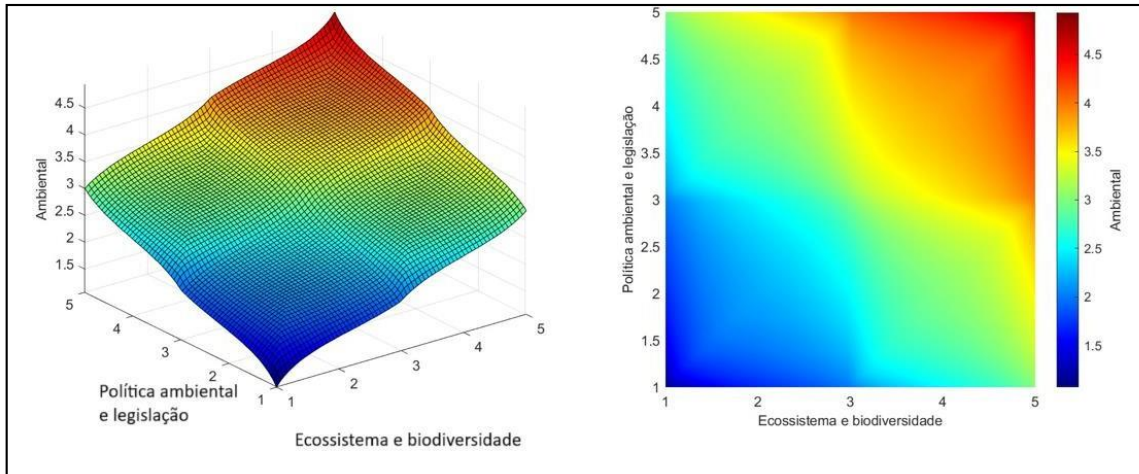
Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 49 – Funções de pertinência para os conjuntos *fuzzy* da variável de saída – Indicador ambiental.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.

Figura 50 – Superfície e mapa de contorno das variáveis de entrada Ecosistema e biodiversidade e Política ambiental e legislação.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do software Matlab.