

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SIMONE BEATRIZ WOLFART

**MODELO DE ESCOLHA E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE
INVESTIMENTOS DA BOVINOCULTURA LEITEIRA**

PATO BRANCO

2022

SIMONE BEATRIZ WOLFART

**MODELO DE ESCOLHA E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE
INVESTIMENTOS DA BOVINOCULTURA LEITEIRA**

*A model for selection and evaluation of investment alternatives in dairy
cattle*

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. José Donizetti de Lima
Coorientador: Prof. Dr. Sandro César Bortoluzzi

PATO BRANCO

2022



4.0 Internacional

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco**



SIMONE BEATRIZ WOLFART

**MODELO DE ESCOLHA E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTOS DA BOVINOCULTURA
LEITEIRA**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia De Produção E Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Gestão Dos Sistemas Produtivos.

Data de aprovação: 24 de Agosto de 2022

Dr. Jose Donizetti De Lima, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Antonio Zanin, Doutorado - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Ufms)

Dr. Marcelo Goncalves Trentin, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Mauro Lizot, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 22/09/2022.

Dedico este trabalho à minha filha, Priscila Savi.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante essa pesquisa, com saúde e forças para chegar até o final.

Gratidão aos meus pais, Pedro Wolfart e Regina Elizabeta Wolfart, pela presença e amor incondicional na minha vida. Esta dissertação é a prova de que os esforços deles pela minha educação não foram em vão e valeram a pena. Às minhas irmãs, Sirlei, Salete, Sandra e Suzane pelo apoio.

Agradeço ao meu esposo, Givanildo Savi, e minha filha, Priscila Savi, por compreenderem as várias horas em que estive ausente por causa do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. José Donizetti de Lima, pela confiança depositada na minha proposta de projeto, desde o início dessa caminhada. Grata por me manter motivada durante todo o processo, sem seus conselhos e palavras de apoio não teria conseguido finalizar. Muito além de orientador, um amigo pra vida toda.

Agradeço também ao meu coorientador Prof. Dr. Sandro César Bortoluzzi, sempre apoiando e guiando no melhoramento contínuo.

Agradeço aos membros da banca, Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin, Prof. Dr. Antonio Zanin e Prof. Dr. Mauro Lizot, pela disponibilidade, análise crítica, observações fundamentais e pelas valiosas contribuições a esta pesquisa.

Sou grata aos amigos que fiz durante essa jornada, pelas trocas de conhecimento, momentos de descontração e motivação. Aos colegas de trabalho pelo apoio e incentivo para continuar pesquisando. Em especial ao amigo Leonir Vilani que me indicou o programa, foi um incentivador e parceiro de estudos.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela oportunidade de qualificação profissional, a todos os professores e envolvidos no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas do *Campus* Pato Branco. Em especial a secretária do programa Adriani Edith Michelon pelas orientações dos trâmites documentais.

Agradeço a família Scapini, pela disponibilidade de desenvolver essa pesquisa na sua propriedade e poder agregar mais conhecimento e melhoria na atividade leiteira.

RESUMO

No meio rural, as contínuas mudanças exigem dos gestores a busca por tecnologias para melhorar a sustentabilidade da propriedade. Para isso, é necessário identificar e avaliar de forma adequada as oportunidades de investimentos. Assim, a presente pesquisa teve como objetivo elaborar um modelo multicritério construtivista para a escolha de alternativas de investimentos (AI) na bovinocultura leiteira para posterior avaliação econômico-financeira em uma propriedade rural localizada no município de São Lourenço do Oeste – SC. Trata-se de um estudo de caso, caracterizado em relação à natureza como aplicada e de caráter descritivo, com abordagem qualitativa e quantitativa. Para isso, foi utilizado o instrumento de intervenção denominado Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista (MCDA-C) para a construção do modelo de escolha de AI da bovinocultura leiteira. Na sequência, a melhor AI foi submetida ao crivo econômico-financeiro por meio de um *framework*, o qual direcionou a escolha da metodologia de avaliação do investimento. O *framework* integra a Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA) para situação determinística, a Simulação de Monte Carlo (SMC) na presença de incerteza e a Teoria das Opções Reais (TOR) na existência de flexibilidades gerenciais relevantes. Os principais resultados do MCDA-C para a escolha da AI na bovinocultura leiteira foram a identificação de 22 Elementos Primários de Avaliação (EPAs), que geraram 29 conceitos (objetivos), divididos em 4 Pontos de Vistas Fundamentais (PFV): (i) lucratividade; (ii) sustentabilidade; (iii) qualidade; e (iv) produtividade, que se desdobraram em pontos de vista elementares e na construção de 17 descritores com escalas ordinais e cardinais de mensuração. Com a verificação do *status quo*, foi possível realizar a avaliação global de cada AI. A melhor alternativa (A3, formada pelos projetos *free stall*, robotização da ordenha e sistemas fotovoltaicos) atingiu 99,38 pontos, considerado competitivo, em uma escala em que 0 pontos (nível neutro) e 100 pontos (nível bom). Na sequência, foi avaliado o investimento via MMIA, que mostrou que essa alternativa tem expectativa de retorno de grau médio e alto nível de sensibilidade, indicando a necessidade de uso da SMC. Assim, foram realizadas 100.000 simulações pseudoaleatórias, as quais indicaram que há baixa probabilidade de insucesso financeiro na implementação da A3. A pesquisa contribui com o preenchimento de lacunas identificadas na literatura, pois integra uma MCDA-C para a escolha de AI com respectiva análise de viabilidade econômico-financeira. Adicionalmente, contribui com a propriedade rural, objeto da pesquisa, na escolha e análise de AI na atividade de bovinocultura leiteira. Cabe ressaltar que a proposta teórico-metodológica da presente pesquisa poderá ser aplicada em outras propriedades rurais.

Palavras-chave: bovinocultura leiteira; alternativas de investimentos; modelo multicritério; Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista; Metodologia Multi-índice Ampliada; Simulação de Monte Carlo; Teoria das Opções Reais.

ABSTRACT

In rural areas, continuous changes require managers to seek technologies to improve the property's sustainability. For this, it is necessary to identify and adequately evaluate investment opportunities. Thus, the present research aimed to develop a constructivist multi-criteria model for the choice of Investment Alternatives (IA) in dairy cattle for subsequent economic-financial evaluation in a rural property in São Lourenço do Oeste – SC. It is a case study, characterized concerning nature as applied, and of a descriptive character, with a qualitative and quantitative approach. For this, the intervention instrument called Methodology Multi-Criteria Decision Aid – Constructivist (MCDA-C) was used to develop the IA choice model for dairy cattle. Subsequently, the best IA was submitted to the economic-financial appraisal through a framework, which guided the choice of the investment evaluation methodology. The framework integrates the Expanded Multi-Index Methodology (EMIM) for deterministic situations, the Monte Carlo Simulation (MCS) in the presence of uncertainty, and the Real Options Analysis (ROA) in the existence of relevant managerial flexibilities. The main results of the MCDA-C for the choice of IA in dairy cattle was the identification of 22 Primary Assessment Elements (PAEs), which generated 29 concepts (objectives), divided into 4 Fundamental Points of View (FPV): (i) profitability; (ii) sustainability; (iii) quality; and (iv) productivity, which unfolded in elementary points of view and the construction of 17 descriptors with ordinal and cardinal scales of measurement. Verifying the status quo made it possible to carry out a global assessment of each IA. The best alternative (A3, formed by the free stall, milking robotization, and photovoltaic systems projects) reached 99.38 points, considered competitive, on a scale where 0 point (neutral level) and 100 points (good level). Next, the investment via EMIM was evaluated, which showed that this alternative has an expected return of medium degree and a high level of sensitivity, indicating the need to use the MCS. Thus, 100,000 pseudo-random simulations were performed, indicating a low probability of financial failure in implementing A3. The research contributes to filling the gaps identified in the literature, as it integrates an MCDA-C for the choice of IA with the respective economic-financial viability analysis. Additionally, it contributes to the rural property, the object of the research, in the selection and analysis of IA in the dairy cattle activity. It is worth mentioning that the theoretical-methodological proposal of the present study can be applied to other rural properties.

Keywords: dairy cattle; investment alternatives; multicriteria model; Methodology Multicriteria Decision Aid – Constructivist; Expanded Multi-Index Methodology; Monte Carlo Simulation; Real Options Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação da pesquisa	19
Figura 2 – Estrutura da dissertação	21
Figura 3 – Produção de leite no Brasil	22
Figura 4 – Produção e consumo de leite no Brasil	23
Figura 5 – Pastoreio da bovinocultura leiteira	28
Figura 6 – <i>Free stall</i>	30
Figura 7 – <i>Compost barn</i>	31
Figura 8 – Ordenha manual e mecanizada	34
Figura 9 – Robotização da ordenha	35
Figura 10 – Fases da elaboração do MEAAIBL.....	48
Figura 11 – Fases da metodologia MCDA-C	49
Figura 12 – Abordagem soft para estruturação	50
Figura 13 – Família de pontos de vista	51
Figura 14 – Construção dos descritores.....	52
Figura 15 – Fases de avaliação MCDA-C	53
Figura 16 – Modelo avaliação de investimento.....	57
Figura 17 – Família de pontos de vista fundamentais	64
Figura 18 – Teste de aderência da FPVF.....	65
Figura 19 – Mapa Cognitivo e Clusters do PVF lucratividade	66
Figura 20 – Árvore de valor com pontos de vistas elementares	67
Figura 21 – Descritores com escala ordinal do PVF lucratividade	68
Figura 22 – Transformação de escala ordinal em escala cardinal	70
Figura 23 – Identificação das taxas de compensação “redução de custos”	71
Figura 24 – Taxas de compensação “redução de custos”	72
Figura 25 – <i>Status quo</i> alternativa A1	73
Figura 26 – <i>Status quo</i> alternativa A2	74
Figura 27 – Desempenho global das AIBL	75
Figura 28 – Desempenho global das AIBL	78
Figura 29 – Dimensões e indicadores da MMIA	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Planejamento de Entrevistas	55
Quadro 2 – Fases da Avaliação de Viabilidade Econômica	56
Quadro 3 – Atores envolvidos no contexto decisório.....	60
Quadro 4 – EPAs identificados	62
Quadro 5 – Recorte da construção dos conceitos	63
Quadro 6 – Alternativas de alternativas de investimentos	73
Quadro 7 – Equação <i>status quo</i>	74
Quadro 8 – Desempenho global sem alteração nas taxas	76
Quadro 9 – Acréscimo de 10% no critério lucratividade	77
Quadro 10 – Redução de 10% no critério lucratividade.....	77
Quadro 11– Avaliação econômica da alternativa de investimento.....	83
Quadro 12– Estatísticas descritivas e inferenciais obtidas com a SMC.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais PI na BL	27
Tabela 2 – Dados sobre o Investimento Inicial (FC ₀) orçado.....	81
Tabela 3 – Dados sobre os Custos de Operação e Manutenção estimados anuais .	81
Tabela 4 – Dados sobre as Receitas esperadas	82
Tabela 5 – Configuração adotada para a SMC	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AS	Análise de Sensibilidade
AI	Alternativa de Investimento
AIBL	Alternativa de Investimento da Bovinocultura Leiteira
BL	Bovinocultura Leiteira
EPA	Elementos Primários de Avaliação
FC	Fluxo de Caixa
GCR	Grau de Comprometimento da Receita
IBC	Índice Benefício Custo
MEAAIBL	Modelo de Escolha e Avaliação de Alternativas de Investimentos da Bovinocultura Leiteira
MC	Metodologia Clássica
MCDA-C	<i>Multi-criteria Decision Aid – Constructivist</i>
MMI	Metodologia Multi-Índice
MMIA	Metodologia Multi-Índice Ampliada
OR	Opções Reais
PO	Pesquisa Operacional
PI	Projeto de Investimento
PB	Portfólio Bibliográfico
RG	Risco de Gestão
RN	Risco do Negócio
ROIA	Retorno Adicional sobre o Investimento
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
\$AVEPI®	Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento
SMC	Simulação de Monte Carlo
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TOR	Teoria das Opções Reais
VE	Viabilidade Econômica
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido
VPLA	Valor Presente Líquido Anualizado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Contextualização	14
1.2 Problema de pesquisa	16
1.3 Objetivos da pesquisa	16
1.3.1 Objetivo geral	16
1.3.2 Objetivos específicos	17
1.4 Justificativa	17
1.5 Delimitação da pesquisa	19
1.6 Classificação da pesquisa	19
1.7 Estrutura da pesquisa	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 Bovinocultura leiteira	22
2.2 Estratégias de produção	24
2.3 Investimentos na bovinocultura leiteira	26
2.3.1 Sistemas de produção no manejo dos animais	27
<u>2.3.1.1 Manejo tradicional</u>	<u>28</u>
<u>2.3.1.2 Free stall</u>	<u>29</u>
<u>2.3.1.3 Compost Barn</u>	<u>31</u>
2.3.2 Sistemas de produção na ordenha de leite	33
<u>2.3.2.1 Ordenha manual e mecanizada</u>	<u>33</u>
<u>2.3.2.2 Sistema de robotização da ordenha</u>	<u>35</u>
2.3.3 Sistema de biodigestores	37
2.3.4 Sistema de painéis fotovoltaicos na bovinocultura leiteira	39
2.4 Metodologias de apoio à decisão	40
2.5 Avaliação da viabilidade econômica	43
3 METODOLOGIA	47
3.1 Procedimentos para a construção do Modelo para a Escolha de Alternativas de Investimentos na BL	49
3.1.1 Fase de Estruturação	50
3.1.2 Fase de Avaliação.....	52
3.1.3 Fase de Recomendações	54
3.2 Protocolo para a construção do Modelo para a Escolha de Alternativas de Investimentos na BL	54
3.3 Metodologias de avaliação de investimentos	56

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.1 Modelo Multicritério Construtivista para Escolha de Alternativas de Investimentos na Bovinocultura Leiteira	59
4.1.1 Fase de estruturação	59
<u>4.1.1.1 Abordagem “soft” para estruturação</u>	<u>59</u>
4.1.1.1.1 <i>Descrição do ambiente</i>	60
4.1.1.1.2 <i>Definição dos atores</i>	60
4.1.1.1.3 <i>Rótulo do problema</i>	61
4.1.1.1.4 <i>Sumário</i>	61
<u>4.1.1.2 Família de pontos de vista</u>	<u>62</u>
4.1.1.2.1 <i>Elementos primários de avaliação - EPAs</i>	62
4.1.1.2.2 <i>Construção dos conceitos</i>	63
4.1.1.2.3 <i>Família de pontos de vista fundamentais (FPVF)</i>	64
4.1.1.2.4 <i>Teste de aderência da FPVF</i>	65
<u>4.1.1.3 Construção dos descritores</u>	<u>65</u>
4.1.1.3.1 <i>Mapas cognitivos e clusters</i>	66
4.1.1.3.2 <i>Árvore de valor com pontos de vistas elementares</i>	67
4.1.1.3.3 <i>Construção dos descritores</i>	68
4.1.2 Fase de Avaliação	69
<u>4.1.2.1 Análise de Independência</u>	<u>69</u>
<u>4.1.2.2 Construção das funções de valor</u>	<u>70</u>
<u>4.1.2.3 Identificação das taxas de compensação</u>	<u>71</u>
<u>4.1.2.4 Identificação do perfil de impacto</u>	<u>73</u>
<u>4.1.2.5 Análise de sensibilidade</u>	<u>75</u>
4.1.3 Fase de recomendações	78
4.2 Discussões dos Resultados do Modelo	78
4.3 Apresentação dos Resultados da Viabilidade Econômica	80
4.3.2 Avaliação de viabilidade econômica via SMC	84
4.4 Discussões dos Resultados da Viabilidade Econômica	86
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	88
REFERÊNCIAS	90
APÊNDICE A – Lista dos elementos primários de avaliação e conceitos orientados à ação	101
APÊNDICE B – Mapas cognitivos e clusters	104
APÊNDICE C – Construção dos descritores	107
APÊNDICE D – Transformação de escala ordinal em cardinal	109

APÊNDICE E – Construção das taxas de compensação.....	119
APÊNDICE F – Modelos completos AIBL	133
APÊNDICE G – Análise de sensibilidade	138
APÊNDICE H – Simulação de Monte Carlo.....	141

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados a contextualização, o problema de pesquisa, os objetivos, as justificativas, a delimitação, a classificação e estrutura da pesquisa.

1.1 Contextualização

As últimas décadas foram revolucionárias para a agropecuária mundial, especialmente pela velocidade em que as tecnologias foram desenvolvidas e implantadas. Em nenhum outro momento, foi possível reunir tantas ferramentas ao mesmo tempo como agora (EMBRAPA, 2016). A produção de leite está entre as atividades econômicas mais importantes do segmento do agronegócio, pois o leite vem se tornando uma das principais fontes de renda da agricultura familiar (CARLOTTO *et al.*, 2011; DI DOMENICO *et al.*, 2017).

Produzir leite no Brasil é uma tradição, sendo que o país é o quinto maior produtor mundial desse produto (EPAGRI, 2019). No entanto, a produtividade está aquém do que seria necessário para que a atividade apresente sustentabilidade, principalmente econômica, para a maioria dos produtores de leite (EMBRAPA, 2016). Por isso, entende-se que os indicadores de desempenho são ferramentas essenciais para que os produtores possam monitorar e avaliar o processo produtivo, embasando a análise crítica dos resultados e ter apoio no processo de tomada de decisão da atividade leiteira (FERREIRA *et al.*, 2020).

Os investimentos realizados na pecuária leiteira, normalmente, produzem retorno para os produtores. Porém, a falta de gerenciamento nas propriedades rurais acaba acarretando, na maioria das vezes, em resultados negativos na produção de leite. Portanto, há a necessidade de utilizar metodologias para identificar os retornos desses investimentos, possibilitando mais informações aos produtores (MARTINS; ZANIN, 2020).

A gestão da propriedade rural não pode ser mais abordada como no passado, pois a realidade é outra, o mercado está mais competitivo e a margem de lucro é reduzida. Além disso, a mão de obra da família que conduz a propriedade está gradativamente reduzindo. Um dos problemas é a falta de conhecimento da realidade

em que estão inseridos, como mercado, recursos humanos, alternativas financeiras, custos de produção, entre outros (OLIVEIRA *et al.*, 2007). A elaboração de uma estratégia integra as principais metas que se deseja alcançar, na qual a tática auxilia na tomada de decisões, estabelecendo quais serão os caminhos, os programas de ação que devem ser seguidos para alcançar os resultados (BRUN, 2013; MUNARETTO *et al.*, 2019).

De acordo com as projeções do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção de leite deve aumentar a uma taxa de crescimento anual de 1,4% durante os próximos 10 anos. O crescimento contínuo da demanda doméstica e global por produtos lácteos fornece incentivos para os produtores expandirem o número de animais na próxima década. Os ganhos de eficiência continuam à medida que a quantidade produzida por animal aumenta (FAO, 2020). Em quase todas as regiões do mundo, espera-se esse crescimento. Isso inclui a otimização dos sistemas de produção de leite, melhoria da saúde animal, melhoria da eficiência em alimentação e uma melhor genética (FAO, 2020; OECD/FAO, 2020).

Os sistemas de produção agrícola apresentam custos elevados para uso de máquinas e equipamentos sofisticados, seleção de raça de gado adequada à produção de leite, alimentação balanceada, uso amplo de medicamentos e vacinas com adequação ao perfil do animal, inseminação artificial, mão de obra qualificada e assistência técnica permanente. Para cobrir esses gastos, exige-se volume de produção que minimize o custo gerado pelo sistema adotado, pois a maior fração da renda dos produtores advém da comercialização do leite (NORONHA *et al.*, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2007; FERREIRA *et al.*, 2020).

Os agropecuaristas, em sua maioria, estão sofrendo para conseguir acompanhar os avanços tecnológicos do agronegócio. A implementação de novas tecnologias na produção, técnicas de manejos mais modernas, são alguns dos exemplos das mudanças ocorridas no meio rural. Nesse contexto, a análise de investimentos serve para medir a viabilidade econômica dos projetos, a fim de auxiliar nas decisões dos gestores (MARTINS; ZANIN, 2020).

1.2 Problema de pesquisa

A evolução tecnológica e a demanda por produtos de qualidade exigem cada vez mais dos gestores rurais métodos que melhorem sua produtividade, bem como o acompanhamento e gerenciamento financeiro do seu negócio, no intuito de conhecer a situação econômica da sua propriedade rural e a melhoria da produtividade e eficiência (DAL MAGRO *et al.*, 2013; KRUGER *et al.*, 2019).

A administração da propriedade rural torna-se cada vez mais complexa e, portanto, deve-se analisar minuciosamente o fluxo financeiro em uma perspectiva temporal das atividades desenvolvidas e inter-relacionadas para verificar a viabilidade econômico-financeira de novos investimentos a serem executadas na propriedade (DI DOMENICO *et al.*, 2017; SOUZA JUNIOR *et al.*, 2019).

No meio rural, as mudanças ocasionadas pela globalização da economia exigem dos gestores rurais a busca por tecnologias e a manutenção no meio rural. Esses avanços tecnológicos e a necessidade de investimentos passam a demandar controles e planejamento das atividades desenvolvidas individualmente, no intuito de gerenciar e conhecer seus resultados (KRUGER *et al.*, 2019).

A partir desse conhecimento, o gestor tem dificuldades para identificar quais seriam as melhores alternativas de investimentos. Neste contexto, o presente estudo busca responder a seguinte problemática: Quais alternativas de investimento da bovinocultura leiteira devem ser escolhidos e quais são economicamente viáveis?

1.3 Objetivos da pesquisa

A seguir são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos a serem alcançados pela presente pesquisa.

1.3.1 Objetivo geral

Construir um modelo de escolha e avaliação de alternativas de investimentos da bovinocultura leiteira.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos definidos para a pesquisa são:

- a) Desenvolver um modelo multicritério construtivista para avaliar diferentes alternativas de investimentos da bovinocultura leiteira, com foco na escolha da alternativa com melhor desempenho; e
- b) Desenvolver um *framework* para avaliar de forma adequada a viabilidade econômico-financeira da alternativa de investimento com melhor desempenho apontada pelo modelo multicritério.

1.4 Justificativa

Administrar uma propriedade leiteira de forma eficaz não faz parte da cultura e tradição da maioria dos produtores, principalmente porque muitos ainda não identificaram seu potencial produtivo. No entanto, é preciso entender que o sucesso do negócio depende de administração, que envolve planejamento e gerenciamento da propriedade leiteira, fundamentais para a sustentabilidade da atividade (SCHNORRENBARGER *et al.*, 2008; BIGOLIM *et al.*, 2020).

A produção leiteira é um ramo de atividade que está em ligeira expansão, e que deverá integrar novas tecnologias. Por meio da análise da unidade produtiva, pode-se identificar os pontos fortes e as deficiências em termos de resultado técnico e econômico para, então, poder agir diretamente para a solução de problemas apresentados pela atividade leiteira (CATI, 2012).

A evolução tecnológica da atividade leiteira exige dos produtores novas competências gerenciais, relacionadas a decisões financeiras sobre investimentos no processo produtivo para acompanhar as mudanças do setor. Dentre elas, podem ser citadas a qualidade genética dos animais, máquinas e equipamentos específicos, infraestrutura para alojamento dos animais, capacidade de armazenamento do leite e a forma de comercialização (MARCHIORO, 2014).

Diante desse cenário, pode-se verificar que a bovinocultura leiteira (BL) representa uma importante atividade, com potenciais alternativas de investimentos (AI) como a modernização do sistema de produção e do sistema de ordenha. Apesar de alto investimento, a ordenha robotizada apresenta diversos benefícios, os quais

estão atrelados à melhora na qualidade de vida, redução nos custos com mão de obra e aumento da produtividade (PACASSA *et al.*, 2022).

O sistema de energia solar fotovoltaica também se apresenta como um investimento capaz de melhorar os resultados na BL (ALTOÉ *et al.*, 2017). Os resultados obtidos em pesquisas de viabilidade econômica, mostram que os sistemas fotovoltaicos reduzem o custo de energia elétrica, originando também redução nos custos da produção leiteira na propriedade, haja vista, que o principal custo fixo e indireto da atividade é energia elétrica necessária para funcionamento das máquinas e equipamentos (VARGAS; MARTINAZZO; ZANIN, 2019).

A geração de biogás, biofertilizante e energia elétrica, obtidos por meio do uso dos resíduos em conjunto com biodigestores, apresentam vantagens econômicas para a BL. Os resultados de estudos como de Guares *et al.* (2021), indicam a viabilidade econômica do investimento para todos os sistemas avaliados, porém a viabilidade depende da matéria-prima utilizada e da potência instalada. Dessa forma, a escolha do melhor sistema e a potência mínima são fundamentais para assegurar a viabilidade econômica do investimento. Assim, com a implantação do biodigestor, o produtor rural pode se tornar autossuficiente em energia elétrica e mitigar os impactos da produção (GUARES *et al.*, 2021).

O presente trabalho se justifica em função de sua contribuição teórica, com a integração entre uma abordagem qualitativa com a aplicação de uma metodologia construtivista (MCDA-C) e uma abordagem quantitativa com aplicação das metodologias MMIA, SMC ou TOR. Em relação à contribuição prática, justifica-se ao proporcionar aos produtores rurais, informações acerca do desempenho dos projetos possíveis de aplicação na propriedade, possibilitando uma melhor gestão e tomada de decisão.

Dessa forma, destaca-se a relevância desta pesquisa para a atividade de bovinocultura leiteira, pois a sua execução poderá fornecer dados importantes para a definição de ações de incentivo ao produtor rural e a avaliação de desempenho. A partir de um modelo construtivista, pretende-se que sirva como ferramenta de aprendizagem e apoio à decisão.

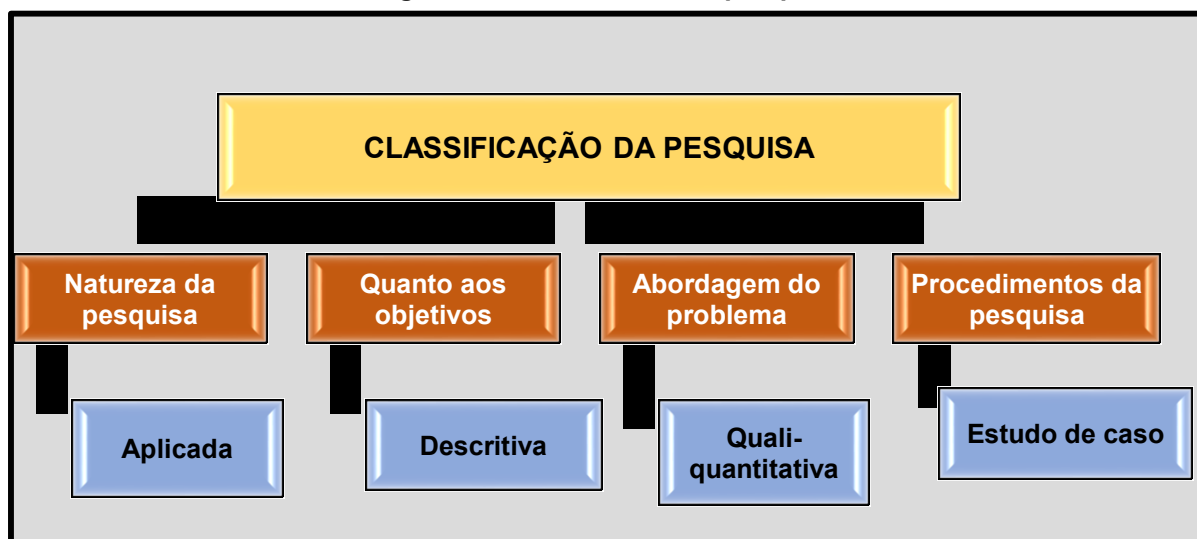
1.5 Delimitação da pesquisa

Referente a construção do modelo de escolha e avaliação de alternativas de investimentos da bovinocultura leiteira, a pesquisa delimita-se ao contexto de uma única propriedade rural que já desenvolve a atividade.

1.6 Classificação da pesquisa

A classificação da pesquisa possui o intuito de descrever as escolhas do pesquisador. É entendido como o exame ou a descrição das abordagens e das ferramentas utilizadas para a pesquisa a fim de especificar o conjunto de procedimentos ou métodos para chegar no resultado esperado (TASCA *et al.*, 2010). A Figura 1 ilustra a classificação da pesquisa.

Figura 1 – Classificação da pesquisa



Fonte: autoria própria (2022).

Esta pesquisa pode ser caracterizada em relação à natureza como aplicada, de caráter descritiva, que objetiva proporcionar maior familiaridade com o problema, para torná-lo mais explícito. O pesquisador busca gerar conhecimento em conjunto com o gestor da propriedade para fins de construção de um modelo de escolha de alternativas de investimento da BL e avaliação da viabilidade econômica de implantação dessas alternativas (MARCONI; LAKATOS, 2011).

O método de abordagem utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa fará a combinação das abordagens qualitativa e quantitativa. Um estudo qualitativo procura entender um determinado problema de pesquisa ou tópico, a partir da perspectiva de uma população envolvida. Esse tipo de pesquisa é baseado na obtenção de informações específicas sobre valores, opiniões, comportamentos e contextos. Já a pesquisa quantitativa é baseada na possibilidade de poder realizar a quantificação, de forma que o pesquisador deve capturar as evidências por meio da mensuração das variáveis (CAUCHICK MIGUEL, 2012).

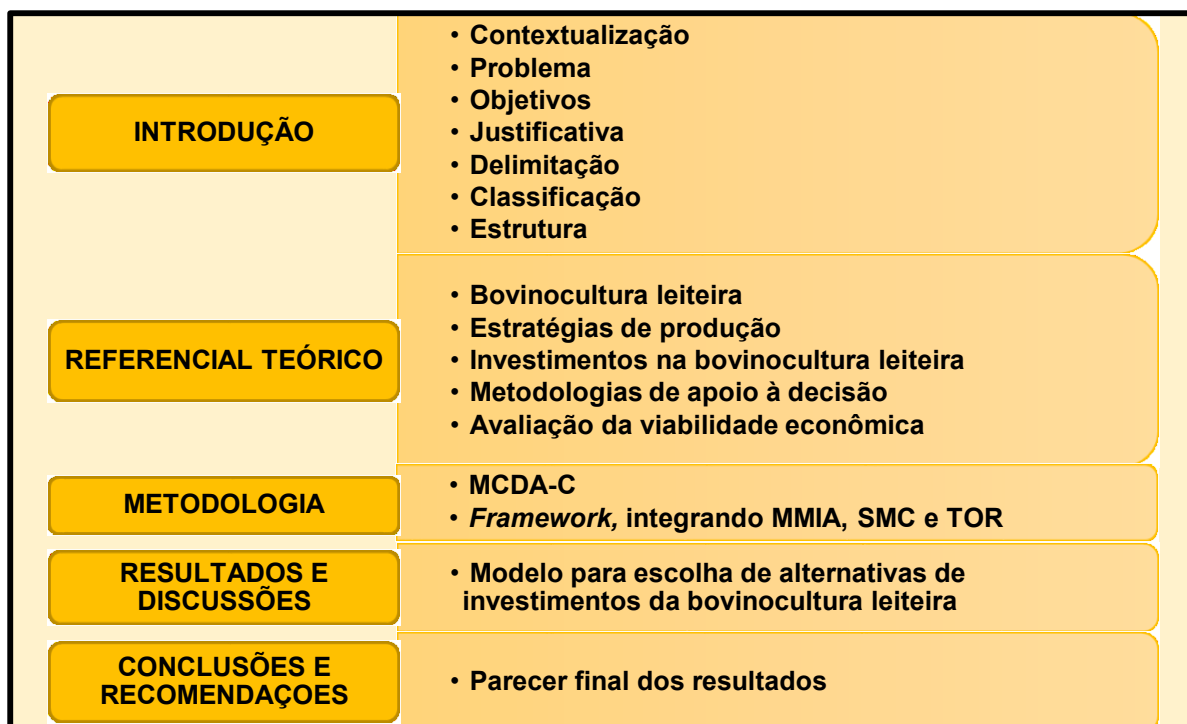
Segundo Miguel (2012), a combinação de abordagens permite que a vantagem de que uma amenize a desvantagem da outra. Por exemplo, a abordagem quantitativa é fraca em entender o contexto do fenômeno. Por outro lado, a abordagem quantitativa é menos suscetível a vieses de coleta de dados que a abordagem qualitativa. Assim, é possível fortalecer as abordagens combinando-as.

Em relação aos procedimentos, a pesquisa se desenvolve na forma de um estudo de caso, pois será aplicado o modelo desenvolvido em uma unidade produtiva de BL, visando a validação e aplicabilidade do modelo desenvolvido (YIN, 2015).

1.7 Estrutura da pesquisa

Este trabalho contempla cinco capítulos, sendo: (i) introdução; (ii) referencial teórico; (iii) metodologia de pesquisa; (iv) resultados e discussões; e, (v) conclusões e recomendações. Visando organização acerca do tema proposto, a Figura 2 ilustra a estrutura geral da dissertação.

Figura 2 – Estrutura da dissertação



Fonte: autoria própria (2022).

No capítulo 1 é apresentada a introdução, a contextualização do tema (expondo a problemática da pesquisa), os objetivos propostos, as justificativas que embasam este estudo, as delimitações a estrutura da pesquisa. No capítulo 2, o referencial teórico traz a revisão sistemática da literatura (RSL) com o cenário atual e prospecção da bovinocultura leiteira (BL), oportunidades de investimentos da BL, análise de decisão multicritério construtivista (MCDA-C) e formas de avaliação de viabilidade econômica.

O capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada. O capítulo 4 contempla os resultados e discussões acerca das alternativas de investimentos (AI) da atividade leiteira, bem como, o Modelo de Escolha e Avaliação de Alternativas de Investimento da Bovinocultura Leiteira (MEAAIBL). Por fim, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões e recomendações de trabalhos futuros.

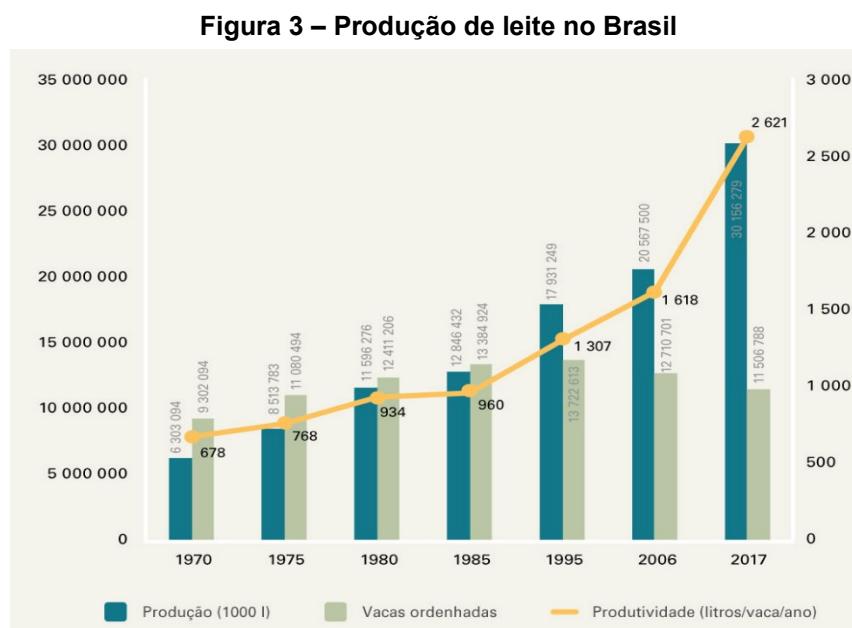
2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo aborda os conceitos da BL, as estratégias de produção, as alternativas de investimentos na BL, as metodologias de apoio à decisão e as abordagens de avaliação da viabilidade econômico-financeira.

2.1 Bovinocultura leiteira

Na última década, o estágio da produção leiteira nacional apresentou um quadro evolutivo com crescimento acima da média histórica (IBGE, 2019). No Brasil, a produção mais do que quadruplicou. Esse crescimento pode ser relacionado a dois fatores principais: a melhoria do rebanho que impactou na elevação da produtividade, ou seja, no aumento quantitativo da produção, e ao aumento do rebanho, o qual afetou a capacidade produtiva (MAPA, 2020).

A produção de leite tem crescido continuamente desde 1970, e ultrapassou os 30 bilhões de litros em 2017. Houve redução no total de vacas ordenhadas, isso significa um aumento de produtividade da pecuária leiteira em 62%, de 1.618 L/animal no Censo Agropecuário (2006) para 2.621 L/animal no Censo Agropecuário (2017) (IBGE, 2019; FIESP, 2020). A Figura 3 ilustra esses dados.

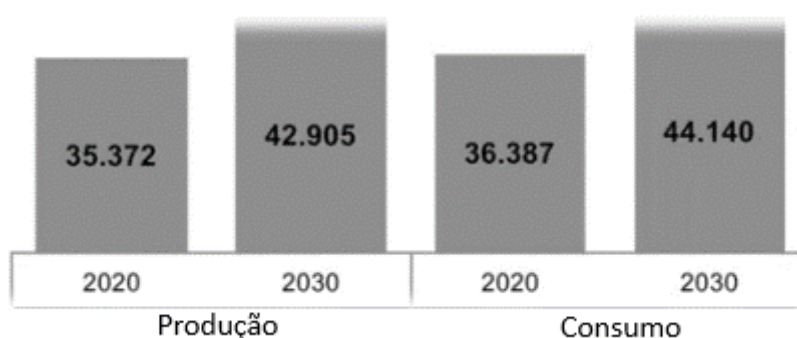


Fonte: IBGE, Censos Agropecuários 1970/2017.

Observa-se que desde 2001 a média vem crescendo. Isso ocorre por causa da profissionalização das fazendas, o que leva a uma melhoria do pacote tecnológico, permitindo que esses produtores aumentem o rebanho e a produtividade (SNA, 2021).

A produção de leite deverá crescer nos próximos 10 anos a uma taxa anual entre 1,9% e 2,8%. Essas taxas sinalizam uma evolução da produção de 35,4 bilhões de litros em 2020 para 42,9 bilhões de litros para 2030 (MAPA, 2020). O crescimento de oferta será destacado pelas melhorias na gestão das fazendas e na produtividade dos animais e menos no número de vacas em lactação (MAPA, 2020). A Figura 4 ilustra esse cenário.

Figura 4 – Produção e consumo de leite no Brasil



Fonte: MAPA (2020).

A produção de leite atual é deficitária, e as projeções indicam que esse cenário se mantém dentro do horizonte de projeção (MAPA, 2020). Entre 2006 e 2017, a produtividade média anual do rebanho nacional aumentou 62%, atingindo 2.621 L/vaca/ano (EMBRAPA, 2020). Essa situação é resultado, principalmente, do aumento do profissionalismo na gestão da atividade, de programas de melhoramento genético animal e de maior adoção de tecnologias por meio de assistência técnica especializada. Tudo isso contribuiu para elevação da produtividade animal e dos fatores de produção empregados na fazenda, como terra, mão de obra e capital (EMBRAPA, 2020).

A bovinocultura leiteira é um dos empreendimentos mais comuns nas propriedades rurais familiares do Brasil. Além de desempenhar um papel importante em relação ao suprimento de alimentos, gera empregos e renda mensal aos produtores (FISCHER *et al.*, 2012; KRUGER *et al.*, 2019).

O setor de produtos lácteos está inserido no contexto do agronegócio. Segundo Araújo (2003), o termo agronegócio envolve os setores denominados “antes da porteira”, “dentro da porteira” e “após a porteira”. Os setores “antes da porteira” são compostos pelas empresas ou pessoas fornecedoras de insumos e serviços para a produção rural. Os setores “dentro da porteira” referem-se a todas as atividades que são executadas dentro da propriedade rural para a produção agropecuária. E os setores “após a porteira” envolvem as atividades de armazenamento da produção, da industrialização, do transporte e consumo de produtos agroalimentares (FEE, 2015; ASSIS *et al.*, 2016).

As possibilidades de avanço de todos os elos da cadeia produtiva de leite são proeminentes. Além disso, existem tecnologias desenvolvidas que podem produzir melhor retorno financeiro. Dentro da porteira, o produtor precisa estar atento a alguns pontos essenciais, tais como: aproveitar melhor o potencial das pastagens, manejar o animal de forma adequada, melhorar o conhecimento sobre o manejo nutricional e melhorar o planejamento da atividade (ASSIS *et al.*, 2016).

2.2 Estratégias de produção

O sucesso na atividade agropecuária, quer seja ao iniciar, reestruturar ou promover uma expansão no sistema de produção, depende do planejamento de cada propriedade. Isto consiste em um conjunto de características próprias e únicas que devem ser avaliadas de forma global e interativa, quanto a disponibilidade dos recursos produtivos: terra, capital e mão de obra (EMBRAPA, 2005; ASSIS *et al.*, 2016).

Deste modo, a implementação de um sistema de produção de leite requer uma caracterização apropriada da propriedade para que se possa planejar sua estrutura física, dimensionar o rebanho a ser explorado, estabelecer metas econômicas, preconizar a tecnologia para o manejo animal e a produção de alimentos. Além disso, é necessário estabelecer a rotina de trabalho para utilizar no sistema de produção escolhido (EMBRAPA, 2005; CENCI *et al.*, 2017).

Na pecuária leiteira, há diferentes sistemas de produção, variando do totalmente a pasto, sem nenhuma suplementação alimentar, até os totalmente confinados, em que a ração é completa e servida nos cochos. Independentemente do

tipo de sistema, a alimentação animal é sempre um item de impacto relevante no custo de produção do leite, sendo o milho e a soja os principais insumos, notadamente, nos sistemas mais intensivos, que são uma tendência atual da produção de leite no Brasil (EMBRAPA, 2016). Quanto mais se intensifica a produção, buscando a produtividade da terra, mão de obra e capital, mais se aumenta o peso da alimentação no custo final da produção de leite pelo fator imperativo da escala (EMBRAPA, 2016).

O sistema de manejo tradicional também é conhecido como pastoreio, uma vez que esta é a forma como o gado se alimenta no pasto, a qual é realizada por meio de um rodízio em diferentes pastagens ou de maneira contínua. Também utilizado na criação de bovinos leiteiros, nesse sistema os animais são colocados em locais em que a pastagem é dividida em partes, mais conhecidos por piquetes (OLIVEIRA, 2010; ZANIN *et al.*, 2015).

Farina *et al.* (2015), destacam que, no sistema à pasto, os animais passam a maior parte do tempo nas pastagens, normalmente dividida em piquetes, ficando nos galpões somente para a ordenha e para receber uma pequena quantidade de alimento concentrado, o qual irá suplementar sua dieta. No sistema confinado, os animais ficam o tempo todo em galpões, recebem alimentação no cocho, normalmente contam com ambiente climatizado, com animais de alta genética e alta produção. No semiconfinado, os animais passam também a maior parte do tempo em galpões, mas possuem áreas de pastejo na qual ficam algumas horas por dia. Os dois sistemas têm um custo elevado de produção devido aos altos investimentos iniciais, grande demanda por mão de obra e aos alimentos concentrados da dieta (FARINA *et al.*, 2015).

No que se refere a raça utilizada na BL, existem várias opções de raças e cruzamentos para produção de leite no Brasil, sendo que as principais são: raça europeia pura, especialmente selecionada para produção de leite, como a holandesa, a suíça-parda ou Schwyz, a Jersey, a Guernsey e a Ayrshire. Dessas, a mais conhecida e difundida no Brasil é a holandesa (EMBRAPA, 2009).

O sistema de produção a ser utilizado na propriedade é o item mais importante a ser considerado na escolha da raça ou do cruzamento. A escolha da raça depende de vários fatores, tais como: sistema de produção, clima, topografia do terreno (localização da propriedade), bem como da preferência pessoal do produtor (EMBRAPA, 2009).

A aplicação de conceitos como o do bem-estar animal à pecuária leiteira ou a qualquer área da produção animal depende de mudanças culturais e de estratégias para a inovação dos sistemas produtivos que permitam a percepção imediata dos benefícios decorrentes de seu uso para homens e animais. A reflexão isolada a respeito do papel do homem frente à natureza e de suas relações com os demais seres vivos não será o motivador único das transformações, que deverá agregar também o desenvolvimento de novas tecnologias e informações práticas e econômicas (EMBRAPA, 2016).

Há em curso uma mudança no perfil do trabalhador rural. Segundo projeções, faltará mão de obra para serviços braçais, mas haverá interesse para atividades mais qualificadas, como operação de máquinas sofisticadas e análise de dados (MAPA, 2020). O setor rural tem verificado vários indícios desse processo, entre eles a introdução de robôs para ordenha, tecnologia de aplicação impensável no Brasil há 10 ou 15 anos e que, hoje, já começa a ser realidade, ainda que em um número muito pequeno de propriedades (CENCI *et al.*, 2017; PACASSA *et al.*, 2022).

2.3 Investimentos na bovinocultura leiteira

As decisões de investimentos constituem uma das mais importantes no processo de gestão, pois condicionam a competitividade e a longevidade da atividade. O princípio fundamental nas decisões de investimentos é que o retorno de cada decisão de investimento seja superior ao custo do capital necessário para viabilizá-lo. Nesse sentido, diferentes métodos de análise de investimentos têm sido utilizados por acadêmicos e profissionais de mercado, de modo a estimar o potencial de retorno de cada projeto e os riscos associados (COSTA; SANTOS, 2019; SOUZA *et al.*, 2020).

Nessa seção, são expostos os principais projetos de investimento (PI) da BL destacados pela literatura qualificada e recente, bem como, a abordagem metodológica utilizada em cada pesquisa. Foram identificadas algumas oportunidades de investimentos ligados a BL que podem ser aplicados em unidades produtivas, a fim de garantir o melhoramento das propriedades que trabalham com essa atividade rural. A Tabela 1 apresenta uma síntese desses trabalhos.

Tabela 1 – Principais PI na BL

Principais tipos de PI na BL	Autores (ano)	Abordagem	
Reestruturação da atividade leiteira	Oliveira <i>et al.</i> (2007)	MMI e SMC	
	Farina <i>et al.</i> (2015)	MMI	
	Lizot <i>et al.</i> (2017)	MMIA	
	Kruger <i>et al.</i> (2019)	MMI	
	Vian <i>et al.</i> (2019)	MMI	
	Martins e Zanin (2020)	MMI	
	Xavier <i>et al.</i> (2020)	MMI e TOR	
	Sistema de produção (confinamento e alimentação)	Zanin <i>et al.</i> (2015)	MC
		Costa e Santos (2019)	MC e TOR
		Lopes <i>et al.</i> (2012)	MC
		Dalchiavon <i>et al.</i> (2018)	MC
		Santos <i>et al.</i> (2019)	MMI
		Krugel <i>et al.</i> (2019)	MMI
		Zulpo e Carvalho (2020)	MMIA
Lopes <i>et al.</i> (2021)	MMIA e SMC		
Implantação de novas tecnologias na ordenha	Nardelli e Macedo (2011)	MMI e TOR	
	Soschinski <i>et al.</i> (2018)	MC	
	Pacassa <i>et al.</i> (2022)	MMIA e SMC	
Produção de biogás, biofertilizante e energia via resíduos	Montoro <i>et al.</i> (2019)	MMI	
	Guares <i>et al.</i> (2021)	MMIA e SMC	
	Demeu <i>et al.</i> (2021)	MMIA e SMC	
Geração de energia via painéis fotovoltaicos	Altoé <i>et al.</i> (2017)	MMI	
	Vargas <i>et al.</i> (2019)	MMI	

MC: Metodologia Clássica; MMI: Metodologia Multi-índice; MMIA: Metodologia Multi-índice Ampliada; SMC: Simulação de Monte Carlo; TOR: Teoria das Opções reais.

Fonte: autoria própria (2022).

Diante do exposto, destaca-se os projetos de melhoria no manejo e confinamento das vacas leiteiras, novas tecnologias, como robotização da ordenha, e ainda no contexto geral da propriedade investimentos em biodigestores e painéis fotovoltaicos para geração de energia.

2.3.1 Sistemas de produção no manejo dos animais

No que se refere aos sistemas de produção, a atividade leiteira pode ser desenvolvida a partir de diferentes estruturas produtivas em relação ao manejo, sendo as principais: o sistema de manejo tradicional, o sistema *free stall* e o sistema *Compost Barn*.

2.3.1.1 Manejo tradicional

O sistema de manejo tradicional é caracterizado pela pastagem (ou pastoreio) do gado em ambiente aberto, como em campo nativo ou no pasto cultivado (MARION; SEGATTI, 2010). Este sistema é muito utilizado na região Oeste de Santa Catarina, por ser um sistema mais simples e pelo fato de os produtores possuírem um número pequeno de animais (DALCHIAVON *et al*, 2018). A Figura 5 ilustra esse sistema.

Figura 5 – Pastoreio da bovinocultura leiteira



Fonte: EMBRAPA (2013).

O sistema de manejo tradicional também é conhecido como pastoreio, uma vez que esta é a forma como o gado se alimenta no pasto, a qual é realizada por meio de um rodízio em diferentes pastagens ou de maneira contínua (OLIVEIRA, 2010). Nesse sistema, os animais são criados no pasto e encaminhados ao curral apenas na hora da ordenha, momento em que, geralmente, recebem uma complementação alimentar (OLIVEIRA, 2010; KRUGER *et al.*, 2019).

A adoção do sistema de pastagem tradicional apresenta-se como uma alternativa de produção a baixos custos, sendo o manejo pelo pastoreio em piquetes o que apresenta maior impacto sobre a produtividade dos animais (MARION; SEGATTI, 2010). O custo operacional menor e a maior movimentação dos animais são as principais vantagens do sistema tradicional. Já as principais desvantagens estão relacionadas à necessidade de área maior e à falta de boas pastagens (ZANIN *et al.*, 2015).

Uma das principais dificuldades encontradas no sistema tradicional é oferecer condições que sejam adequadas, proporcionando conforto e bem-estar animal. Nas épocas do ano em que a chuva é mais frequente, torna-se mais difícil pelo acúmulo de barro, em consequência disso surgem os problemas de cascos e mastites (KRUGER *et al.*, 2019).

O estudo de Xavier *et al.* (2020), utilizando a Teoria das Opções Reais (TOR), concluiu que a opção de expansão gerou aumentos de 6,73%, 1,21% e 19,49% para a produção sistemas suplementados com aveia preta, forragem cana e silagem de sorgo, respectivamente, sugerindo que os sistemas podem ser expandidos porque eles produzem mais valor do que os sistemas de produções tradicionais, sem flexibilidade administrativa. Ao fazê-lo, maximiza o uso da infraestrutura existente e aumenta a eficiência dos recursos financeiros aplicados (XAVIER *et al.*, 2020).

2.3.1.2 Free stall

O sistema de produção *free stall* refere-se à estruturação de um sistema de produção de leite baseado em ambiente confinado (HASKELL *et al.*, 2006). Esse sistema também é conhecido como estabulação livre, ou seja, os bovinos leiteiros ficam livres dentro de uma área cercada, a qual é estruturada com baias individuais, forradas com cama para o descanso dos animais e outra área livre para a sua alimentação (ZANIN *et al.*, 2015). A Figura 6 ilustra o sistema de *free stall*.

Figura 6 – Free stall



Fonte: PUC Goiás (2018).

O sistema de confinamento *free stall* oportuniza o remanejamento de rebanhos leiteiros com melhor conforto. Os bovinos confinados passam a ficar alojados em baias individuais, economizando energia, com menor locomoção e movimentação em pastagens. Tal acondicionamento pode facilitar a alimentação dos animais, sua reprodução, o controle e a redução de infecções, além de uma melhor higienização das baias (ZANIN *et al.*, 2015; DALCHIAVON *et al.*, 2018).

O *free stall* é projetado sobre uma estrutura pré-fabricada, alojando o número necessário de animais em uma quantidade de terra bem menor do que o método convencional. Sendo assim, o produtor poderá utilizar de suas terras para o plantio de alimento para os animais, não desperdiçando espaço e qualidade (DIDOMENICO *et al.*, 2015). De acordo com Perissinotto *et al.* (2009), o confinamento de animais surgiu como uma alternativa encontrada para elevar a produtividade de leite, tornando-se um método de produção mais eficaz para atender as atuais exigências do mercado.

Os resultados encontrados na pesquisa de Zanin *et al.* (2015) podem contribuir para identificação de fatores que viabilizam a implementação de estruturas de produção de leite *free stall*, em pequenas propriedades rurais. A confirmação destes resultados também pode indicar uma alternativa viável para a melhoria da rentabilidade da produção de leite nestas propriedades.

Um dos fatores que viabilizam a implementação de estruturas de produção de leite *free stall*, é o desempenho e uso da capacidade plena do sistema produtivo. Isso remete a um bom estudo quanto ao custo de reposição, para não ter a falsa impressão

de lucro fácil e perder sua capacidade produtiva quando houver a necessidade de substituição de máquinas e equipamentos como um todo (DALCHIAVON *et al.*, 2018).

Lopes *et al.* (2021) realizaram um estudo de viabilidade econômica da implantação e instalação de *free stall* para vacas leiteiras, utilizando a metodologia multi-índice ampliada (MMIA) e a Simulação de Monte Carlo (SMC) produzindo valores presentes líquidos (VPLs) positivos em todos os cenários aleatórios.

2.3.1.3 Compost Barn

Os agricultores têm optado por aperfeiçoar e modernizar suas atividades leiteiras. Uma das técnicas que está sendo implementada com maior frequência é o sistema de confinamento chamado *compost barn*. Contudo, esse sistema exige alto investimento, fazendo necessário um estudo de viabilidade econômica (VE) para evitar eventuais complicações (BRITO, 2016).

O sistema *compost barn* é um sistema de confinamento alternativo, que visa, primeiramente, melhorar o conforto e bem-estar dos animais e, conseqüentemente melhorar os índices de produtividade do rebanho (SINALO; SANTOS, 2012). A Figura 7 ilustra esse sistema.

Figura 7 – Compost barn



Fonte: Educapoint (2018).

Esse sistema é composto basicamente por uma área de cama comum (área de descanso), normalmente formada por maravalha ou serragem, separada do corredor de alimentação ou cocho por um beiral de concreto. O diferencial desse

sistema é a compostagem que ocorre ao longo do tempo com o material da cama e a matéria orgânica dos dejetos dos animais. No *compost barn*, as fezes e urina das vacas fornecem os nutrientes essenciais (carbono, nitrogênio, água e microrganismos) necessários para que ocorra o processo de compostagem (SINALO; SANTOS, 2012).

Segundo Damasceno (2012), o *compost barn* começou a ser utilizado no final dos anos 1980 nos Estados Unidos, sendo implementada em vários outros países como Alemanha, Holanda e Itália. Sua utilização está crescendo e recentemente começou a ser implementada no Brasil. Esse aumento de instalações do sistema de confinamento indica que é uma boa alternativa para produtores rurais que desejam continuar sua produtividade leiteira e que desejam modernizar suas instalações. Os produtores brasileiros estão mostrando mais interesse no confinamento de sistema *compost barn*, pois há uma fácil adaptação dos animais, os resultados são satisfatórios trazendo uma boa renda para o produtor.

Black *et al.* (2013), justificam que entre as razões para a implantação de um sistema de *compost barn* estão: conforto animal, reflexo na produção de leite, facilidade de manejo, longevidade das vacas, custo de implantação, controle de dejetos no ambiente e uso da cama como fertilizante. O conforto e bem-estar dos animais resultam em maior quantidade de leite produzida (MICHELS *et al.*, 2019).

Existem aspectos negativos atribuídos ao *compost barn* como, por exemplo, quando a cama não recebe o manejo adequado, a qualidade do ar dentro do galpão pode ser afetada, os animais ficam sujos e tem-se maior risco de ocorrência de doenças (mastite, por exemplo). Além disso, aumenta o risco de contração de infecções mamárias provindo da exposição do úbere a outras doenças (BRITO, 2016).

Segundo o SEBRAE (2015), ao introduzir na propriedade esse sistema serão obtidos diversos benefícios, pois a vaca é um animal que gasta parte de sua energia para sobreviver. Quando ela é colocada em local estressante, com temperaturas elevadas, moscas e carrapatos, ela gasta parte de sua energia para sobreviver e suportar esse estresse, energia essa que seria usada para produção de leite, reduzindo a produção. Dentro da instalação é oferecido conforto para o gado, temperatura agradável e ausência de parasitas, fazendo com que elas gastem maior parte de sua energia na produção de leite, propiciando o aumento da produção.

Para o gado leiteiro, as instalações são de suma importância por estabelecerem um ambiente adequado para a criação das vacas e facilitar o manejo dos animais, influenciando diretamente na sua produtividade e na saúde do rebanho. Uma instalação adequada permite que pequenas propriedades possam alojar um número maior de animais em uma área restrita, facilitando o manejo e disponibilizando área de terra para outras atividades (SANTOS *et al.*, 2019).

2.3.2 Sistemas de produção na ordenha de leite

No que se refere aos sistemas de produção na ordenha, a atividade leiteira pode ser desenvolvida a partir de diferentes técnicas produtivas. Podendo ser ordenha manual, mecanizada e robotizada.

2.3.2.1 Ordenha manual e mecanizada

Na ordenha manual, o leite é retirado diretamente pelas mãos do ordenhador e posto em um balde. Esse método é empregado por pequenos produtores, já que requer poucos recursos e, no geral, o tamanho do rebanho não compensa o investimento em ordenha mecânica (EMBRAPA, 2005). A ordenha mecanizada é realizada com o auxílio de um equipamento acoplado no úbere das vacas (EMBRAPA, 2005; VILANI *et al.*, 2018). A figura 8 ilustra o processo manual e mecanizado.

Figura 8 – Ordenha manual e mecanizada

Fonte: Compilação da autora¹.

A ordenha mecanizada é normalmente feita em um local específico — a sala de ordenha — que varia quanto a sua dimensão e ao tipo de ordenha realizada (EMBRAPA, 2005). Os principais sistemas são: (i) balde ao pé: nesse método, as vacas são ordenhadas individualmente, por meio de um sistema de vácuo. É o tipo mais simples e o custo de implantação é o mais barato; (ii) ordenha tipo espinha de peixe: nesse tipo de processo, o ordenhador faz a limpeza e a inserção do equipamento no fosso, e as vacas ficam posicionadas diagonalmente (em um ângulo de 33°) em relação ao fosso. Isso favorece a visualização do úbere e dos tetos, fazendo com que os animais ocupem menos espaço na lateral do fosso (EMBRAPA, 2005; VILANI *et al.*, 2018).

Com o passar dos anos, a produção leiteira deixou de ser manual passando a utilizar a ordenhadeira, que veio para modificar e facilitar o manejo do leite aos agricultores. A qualidade e a produtividade se tornaram um requisito exigido pelas empresas na comercialização do produto. Com o saber técnico, eles se mantêm informados sobre as normas referente à qualidade e as condições necessárias e

¹ Montagem a partir de imagens coletadas nos sites:
<https://www.portalagropecuario.com.br/busca/ordenha-mecanica;>
<https://www.camara.leg.br/noticias/835676-comissao-discute-desafios-da-cadeia-produtiva-do;>
<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/zootecnia/producao-de-leite>

corretas de refrigeração e estocagem do leite, assim como a manutenção e a atualização desses conhecimentos com as novas tecnologias que estão surgindo para modificar e melhorar a atividade (TEDESCO, 1998; EMBRAPA, 2005).

Um exemplo do desempenho da produção leiteira com ajuda da tecnologia é a automação das salas de ordenha, que é fundamental para garantir a qualidade do leite, com maior quantidade em menos tempo, aumentando com isso a produtividade do rebanho e sua lucratividade (GARCIA *et al.*, 2015; VILANI *et al.*, 2018).

A busca por melhorias e aperfeiçoamento na pecuária leiteira teve início na adoção da ordenha mecânica em substituição à ordenha manual, que era um dos fatores que acabava por limitar a produção de leite em larga escala e com melhor qualidade. Assim, a fim de suprir limitações presentes no processo produtivo e com o intuito na modernização produtiva, tecnologias passaram a ser adaptadas para o processo de ordenha robotizado, obtendo assim um importante avanço no setor (CÓRDOVA *et al.*, 2018).

2.3.2.2 Sistema de robotização da ordenha

A robotização da ordenha constitui-se uma opção para os produtores que desejam facilitar e solucionar alguns dos problemas encontrados ao longo do ciclo produtivo na produção leiteira. Apesar dos altos custos de implantação, a ordenha robotizada pode gerar benefícios para o pecuarista e para os animais submetidos a esse sistema (NOGUEIRA, 2018). A Figura 9 ilustra o sistema de robotização.

Figura 9 – Robotização da ordenha



Fonte: Tua Rádio (2017).

Basicamente uma instalação de ordenha robotizada deve conter as baias para descanso dos animais, local de alimentação, porteira automatizada que permita a passagem dos animais para a área de ordenha, área do robô, área que se disponibiliza a alimentação e a porteira de liberação dos animais (MACULAN; LOPES, 2016),

Dentre as vantagens do sistema robotizado de ordenha, destaca-se a automação da atividade, em que os animais se apresentam voluntariamente para a ordenha. Ainda, nesse sistema a alimentação de qualidade é oferecida no momento ideal, constituindo-se no principal incentivo, cabendo ao gestor apenas o gerenciamento adequado do equipamento para evitar filas de animais e competição na entrada (MACULAN; LOPES, 2016).

A ordenha robotizada é uma opção que visa facilitar a produção leiteira, melhora a qualidade do produto e a qualidade de vida do produtor. Contudo, muitos produtores têm dúvidas quanto à sua viabilidade econômica devido aos altos custos de instalação e manutenção. O sistema de ordenha robotizada no Brasil é uma tendência, mas, a longo prazo, precisa avançar na capacitação de mão de obra de operadores e técnicos, além de investimentos em infraestrutura básica (NOGUEIRA, 2018).

Apesar do alto investimento, tem-se diversas vantagens associadas à sua aquisição do sistema robotizado de ordenha, que vai além dos benefícios econômicos. Além de melhora na qualidade de vida, gera economia nos custos com mão de obra, bem como elevação no nível de produtividade do leite. Já as desvantagens estão associadas aos altos custos de investimento e de manutenção. Para que se possa obter maiores retornos, os gestores devem realizar um gerenciamento adequado do equipamento, a fim de adaptar as vacas às rotinas e ao tráfego, eliminando ao máximo as interações humanas e a necessidade de buscar os animais para a ordenha (PACASSA *et al.*, 2022).

O uso de tecnologias de monitoramento da produção diária de leite e sua composição já estão disponíveis aos produtores e podem ser adquiridos no momento da compra do equipamento de ordenha, ou isoladamente em qualquer outro momento específico. O fator econômico é ainda, na maioria das vezes, o maior obstáculo para a aquisição desses sensores. Adicionalmente, o perfil dos produtores de leite que utilizam tecnologias de precisão apresenta elevada variação. Existem aqueles que o

fazem de forma deliberada, investindo em sensores para melhorar a eficiência da gestão do rebanho. Outros já os utilizam porque estão embarcados no equipamento de ordenha adquirido como, por exemplo, em sistemas de ordenha robotizados (FRANCO; LOPES, 2014).

Uma unidade de ordenha robótica pode aumentar a produção de leite entre 6% e 35% em razão, principalmente, do aumento da frequência de ordenha. A frequência de ordenha alcançada depende de fatores como tipo de fluxo e rotina de ordenha adotada, em que as frequências podem ser predeterminadas e adaptadas ao estágio de lactação ou ao tipo de sistema de produção (STEENEVELD *et al.*, 2015).

A robotização dos sistemas de ordenha promoveu a automação completa de todo o processo de ordenha. Nesse sistema, normalmente, estão embutidos sensores que monitoram e registram automaticamente o volume de leite, parâmetros de qualidade do leite, frequência de ordenha e saúde da glândula mamária dos animais, mantendo um arquivo de todos os processos realizados sem a intervenção humana (BLOSS, 2014). A adoção do sistema tem alterado de forma expressiva o papel do produtor de leite e sua relação com as vacas. Ao invés de gastarem o tempo ordenhando as vacas, eles permanecem mais tempo inspecionando e observando os animais, o que pode ser considerado uma vantagem em relação ao sistema de ordenha convencional (SCHEWE; STUART, 2015; PACASSA *et al.*, 2022).

Em rebanhos bem dimensionados e manejados, os níveis de mastite e outras doenças podem ser menores com o uso de robôs na ordenha. Porém, quando essas condições não estão presentes, pode haver aumento da contagem de células somáticas (CCS), problemas de casco e de nutrição (EMBRAPA 2016; PACASSA *et al.*, 2022).

2.3.3 Sistema de biodigestores

Define-se como biodigestor uma câmara hermeticamente fechada na qual ocorre a biodigestão anaeróbica da matéria orgânica. Este é um processo em que uma série de microrganismos, na ausência de oxigênio, atuam na transformação da matéria orgânica, passando de moléculas mais complexas para aquelas com estruturas mais simples. Existem vários tipos de biodigestores, porém os mais

difundidos são chineses, indianos e tubulares (CÔTE *et al.*, 2006; MONTORO *et al.*, 2019).

A forma mais comum de uso do biogás é a conversão em energia elétrica e térmica. A conversão para a energia elétrica conta com auxílio de diversas tecnologias disponíveis, sendo possível seu melhor aproveitamento em microturbinas e geradores específicos, podendo apresentar bons rendimentos energéticos se forem utilizados para fins de geração e cogeração (HIRANO; SILVA, 2014). As microturbinas e geradores modernos podem operar com o biogás recolhido diretamente do biodigestor, sem a necessidade de prévio tratamento, reduzindo custos (HIRANO; SILVA, 2014).

A energia elétrica produzida pode ser utilizada na própria propriedade, tornando o proprietário autossuficiente, reduzindo os custos de produção ou ser repassada às concessionárias de energia, por intermédio do sistema de compensação de energia, que gera créditos a serem utilizados nas contas de energia (MONTORO *et al.*, 2019).

O aproveitamento de dejetos da bovinocultura leiteira para a geração de biogás é uma oportunidade para os produtores e para a cadeia de valor do leite. O avanço da pecuária leiteira para criações dos animais em sistemas de confinamento ou semiconfinamento tende em aumentar o volume de dejetos gerados. Além da elevada quantidade produzida, esses constituem biomassa passível de uso para geração de energia e fertilização de culturas vegetais, reduzindo o uso de fontes convencionais de energia e fertilizantes comerciais (EMBRAPA, 2015).

A geração de biogás produz inúmeras vantagens, principalmente em relação ao meio ambiente, transformando dejetos de vacas leiteiras causadores de poluição em energia útil gerada pela utilização de biodigestores. No entanto, a geração de energia para a atividade rural em questão está diretamente relacionada à quantidade de biogás que se produz e ao investimento destinado à construção do biodigestor, motores e geradores (SILVA, 2018). Em resumo, a produção de biogás a partir dos dejetos bovinos de leite apresenta inúmeros benefícios e aplicabilidades, dentre os quais constituem como ferramenta que atenua o impacto ambiental da produção de leite (SILVA, 2018).

2.3.4 Sistema de painéis fotovoltaicos na bovinocultura leiteira

A crescente demanda por gestão de energia fotovoltaica no meio rural iniciou por volta da segunda metade da década de 1990, em que os incentivos fiscais e governamentais foram implementados (VARGAS *et al.*, 2019). Os painéis fotovoltaicos são componentes do sistema fotovoltaico responsáveis por captar a energia (irradiação) solar transformando-a em eletricidade. Os painéis fotovoltaicos são dispositivos utilizados para converter a energia da luz do sol diretamente em energia elétrica por meio do chamado “Efeito Fotovoltaico” (RÜTHER, 2004).

A tecnologia de geração energética a partir da conversão fotovoltaica é feita por meio de módulos fotovoltaicos. Cada módulo apresenta um conjunto de células fotovoltaicas que, unidas, promovem a geração de energia elétrica (RÜTHER, 2004). Ao unir vários módulos em um arranjo, o sistema compõe um painel, que pode ser instalado em uma edificação ou sobre o solo (RÜTHER, 2004).

A energia solar fotovoltaica tem a característica de poder ser utilizada em qualquer local, gerando eletricidade no próprio ponto de consumo, sem a necessidade de levar energia para outro lugar por meio de linhas de transmissão ou redes de distribuição (VILLALVA, 2015). Além disso, diferentemente de outras fontes de energia, ela pode ser empregada em praticamente todo território nacional, em áreas rurais e urbanas (VILLALVA, 2015).

Neste cenário, Upton *et al.* (2013), Altoé *et al.* (2017) e Vargas *et al.* (2019) versaram sobre a implantação de sistemas fotovoltaicos em propriedades rurais que atuam especificamente com a produção de leite. Os resultados desses estudos, indicaram benefícios destes sistemas em áreas rurais, evidenciando que houve redução nos custos de operação e do consumo de energia elétrica convencional.

A aplicabilidade da energia solar na exploração leiteira pode ocorrer de diferentes formas, tornando-se importante principalmente na ordenha das vacas, a esterilização do maquinário de trabalho e o resfriamento do leite. A gestão da energia solar é aliada da agricultura, principalmente na produção de leite. Seu uso torna-se economicamente mais eficiente à medida em que a quantidade de energia utilizada aumenta, fazendo com que as propriedades leiteiras sejam um importante local para incorporar energias renováveis, reduzindo os custos com o consumo de energia convencional (VARGAS *et al.*, 2019).

Segundo Altoé *et al.* (2017), além da VE, os ganhos não se limitam apenas no campo econômico, mas também nos aspectos ecológicos e sustentáveis alcançados com a utilização da tecnologia solar fotovoltaica. A longo prazo são imensuráveis os benefícios gerados ao meio ambiente, sendo um legado para as futuras gerações, que passarão a perceber que essas ações são também lucrativas (ALTOÉ *et al.*, 2017).

No estudo de Nespolo *et al.* (2022) foi possível verificar a viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico, utilizando os indicadores de retorno, riscos e sensibilidades da MMIA. Além disso, foi realizada uma análise de risco SMC. Com base nos valores obtidos, esses autores recomendaram a implantação do sistema solar fotovoltaico devido ao retorno financeiro esperado ao longo do tempo e na melhora da sustentabilidade do ecossistema.

2.4 Metodologias de apoio à decisão

As Metodologias de apoio à decisão tiveram a sua origem na Pesquisa Operacional (PO), que passou a reconhecer a necessidade do desenvolvimento de metodologias para o processo decisório mais flexíveis do que as tradicionalmente praticadas. A PO passou a olhar mais para as situações problemáticas complexas, saindo dos problemas genéricos e abrindo espaço para analisar o mundo particularmente percebido (LONGARAY, 2004; ENSSLIN *et al.*, 2010).

Com o passar dos anos a PO evoluiu, passando a utilizar-se também de conhecimentos de outros ramos da ciência para suas aplicações. Com isso, dividiu-se em dois grupos: a PO *Hard*, a qual procura desenvolver modelos matemáticos e a busca de solução ótima para os problemas analisados; e a PO *Soft*, que está mais voltada em estudar a estruturação dos contextos decisórios, incluindo a inovação, propondo-se a servir como ferramenta de avaliação e apoio à decisão (ENSSLIN *et al.*, 2010).

A abordagem *hard* é caracterizada por ter um problema e um objetivo bem definidos, que se deseja maximizar ou minimizar, levando em consideração determinadas restrições. Na abordagem *soft*, não se sabe bem qual é o problema, indicado para situações em que está mal estruturado e confuso. Existem vários agentes envolvidos, em que cada um tem sua percepção sobre o problema, muitas

vezes contraditórias e por isso não se tem uma ideia bem definida pelo grupo (LARICCHIA, 2015; SORENSEN; VIDAL, 2003).

Outra diferença entre as abordagens pode ser encontrada com relação à proposta da abordagem. Na *hard* a proposta é dar uma solução ao problema, ou seja, os métodos dessa abordagem são voltados para a tomada de decisão. A partir da solução dada pelo método *hard*, o decisor irá tomar uma decisão. Na abordagem *soft*, a proposta é apoiar a decisão. Assim, muito provavelmente o método não dará uma solução para o problema, ele vai estruturá-lo a fim de ajudar os decisores a compreendê-lo (LARICCHIA, 2015; SORENSEN; VIDAL, 2003).

Quanto mais complexo o ambiente e os fatores influenciadores da tomada de decisão, maior é a necessidade de um modelo para auxiliar a organizar as alternativas e suas possíveis consequências, levando em conta a experiência dos decisores. É preciso analisar o problema levando em conta todos os critérios e abordar a subjetividade inerente às tomadas de decisão (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

A Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C) surge como uma ramificação da MCDA tradicional para apoiar os decisores em contextos complexos, conflituosos e incertos (ENSSLIN *et al.* 2010). Complexos por envolverem múltiplas variáveis qualitativas e quantitativas, pois, mesmo sabendo que existem vários critérios, os decisores não conseguem defini-los. Conflituosos por envolverem múltiplos atores com interesses não necessariamente alinhados e tratarem situações que alguns critérios estarão relacionados e influenciando outros (ENSSLIN *et al.* 2010). Incertos por requererem o conhecimento de informações qualitativas e quantitativas, precisando construir escalas que retratem e mensurem, de acordo com a percepção dos autores, para desenvolver conhecimento e poder tomar decisões conscientes, fundamentadas e segundo seus valores e preferências (ENSSLIN *et al.* 2010; ZAMCOPÉ *et al.*, 2010; ZIMMERMANN, 2000).

A MCDA-C é uma ferramenta que auxilia o gestor a gerir seus problemas de acordo com suas percepções de valor, considerando aspectos qualitativos e quantitativos. Um problema pertence a uma pessoa, isto é, ele é uma construção pessoal que o indivíduo faz sobre os eventos associados ao contexto decisório (ENSSLIN *et al.*, 2001). O objetivo dos modelos, na visão construtivista, é de gerar conhecimento aos atores do processo decisório. Os modelos construídos no apoio à decisão devem permitir identificar oportunidades de aperfeiçoamento, bem como

servir também como base para que os atores entendam o impacto que as ações exercem sobre os seus valores (LIMA *et al.*, 2012).

O estudo de Nagaoka *et al.* (2012) utilizando a MCDA-C, permitiu identificar, organizar e mensurar os aspectos julgados necessários e suficientes pelo decisor para avaliar o contexto da gestão de uma fazenda. O processo desenvolvido e ilustrado por um modelo permitiu ao gestor visualizar o perfil de desempenho da fazenda experimental, nos critérios por ele identificados como relevantes para o sucesso de sua gestão, evidenciando suas vantagens competitivas e suas vulnerabilidades.

No estudo de Piovesani *et al.* (2015), a MCDA-C foi utilizada para avaliar o desempenho de uma propriedade rural, e identificou-se três dimensões de avaliação: produtos, qualidade e sustentabilidade. Foram construídas escalas ordinais e cardinais para cada indicador, avaliado a situação da propriedade e recomendando ações de aperfeiçoamento para os indicadores comprometedores (PIOVESANI *et al.*, 2015).

Assim, a MCDA-C desenvolve no decisor um corpo de conhecimentos capaz de lhe permitir compreensão das consequências de suas decisões nos aspectos que ele julga importantes. No desejo de compreender e visualizar as consequências de suas decisões em seus objetivos, estabelece os desempenhos de referências em cada objetivo segundo sua percepção, compreende a contribuição de cada critério nos objetivos estratégicos e, por fim, vale-se da expansão do conhecimento propiciado pelo processo de apoio à decisão para identificar oportunidades de aperfeiçoamento (XAVIER *et al.*, 2012).

No contexto dos sistemas agroindustriais, a utilização de metodologias de apoio à decisão torna-se uma alternativa robusta para harmonizar os interesses dos diferentes agentes e permitir uma avaliação mais segura de desempenho das cadeias. A MCDA-C é uma metodologia que estabelece suporte à tomada de decisão, diante de problemas complexos que buscam soluções satisfatórias para os agentes, em que exige-se a interlocução de um facilitador e um decisor (RECK; SCHULTZ, 2017). Em seu sentido construtivista, participa na estruturação de modelos de decisão, a partir da construção do conhecimento entre os agentes, por meio de seus valores e objetivos, tendo como princípio fundamental a busca da solução mais apropriada para os participantes (RECK; SCHULTZ, 2017).

2.5 Avaliação da viabilidade econômica

A avaliação da viabilidade econômica (VE) de um negócio concede aos administradores a possibilidade de analisar a efetiva remuneração dessa atividade. Com isso, as decisões não são intuitivas, mas baseadas em informações tangíveis e confiáveis, as quais condicionam a competitividade e a longevidade da atividade empresarial (COSTA; SANTOS, 2019; KRUGER *et al.*, 2019).

Segundo Souza (2007), avaliar a VE de uma alternativa de investimento (AI) é reunir informações para construir o fluxo de caixa (FC) esperado em cada um dos períodos da vida desse empreendimento e aplicar métodos e técnicas que permitam evidenciar se as futuras entradas de caixa compensam a realização do investimento.

Para Souza e Clemente (2012), investir recursos em um projeto implica transferir capital de alguma fonte de financiamento e imobilizá-lo em alguma atividade por um período de tempo denominado horizonte de planejamento. Ao término desse período, espera-se que o PI libere recursos equivalentes ao imobilizado inicialmente e ao que se teria ganhado se o capital tivesse sido destinado para a melhor alternativa de investimento de baixo risco, disponível no momento do investimento.

Cada investimento tem a sua particularidade, principalmente no agronegócio. Assim, deve-se avaliar as atividades em que se planeja investir, analisando o tempo de retorno, o valor investido e os riscos de cada atividade (KRUGER *et al.*, 2019).

A análise de VE envolve uma série de comparações de resultados que buscam entender quais são os benefícios esperados em comparação ao investimento e o custo envolvido, podendo facilitar a verificação da viabilidade do negócio. O estudo de VE ajuda o produtor a entender a importância, os riscos e benefícios do negócio, facilitando tomar a decisão de investir (SILVA; PARIZZI, 2016).

No meio rural, a análise da VE das atividades também é necessária. Ao iniciar um PI, existe a necessidade de obter informações para a tomada da decisão, geradas por análises contábeis, as quais podem ser utilizadas de base para prospectar o retorno econômico, além de reduzir os riscos assumidos pelos gestores rurais (KRUGER *et al.*, 2017).

Neste contexto, a VE auxilia na verificação se determinada atividade trará retorno de investimento e obtenção de lucro. Além disso, se for executada de forma planejada, poderá garantir a continuidade dos negócios. Para Greca *et al.* (2014), é

essencial a aplicação da análise de VE, pois ela proporciona avaliar se o capital investido terá retorno e também identificar se as condições de investimentos são favoráveis. Para isto, existem vários indicadores que podem auxiliar no processo, dentre eles destacam-se: taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e o *payback* (ASSAF NETO, 2011; MARQUEZAN; BRONDANI, 2006).

Para avaliar a VE de um PI é preciso definir a taxa mínima de atratividade (TMA), sendo essa a melhor aplicação disponível desde que associada a um baixo nível de risco (SOUZA; CLEMENTE, 2012). A TMA pode ser designada pelo investidor, o qual propõe o que deseja ganhar com o investimento. É formada a partir da análise de alguns critérios como: risco do negócio, custo de oportunidade e liquidez do negócio (SANTOS, 2009).

Uma abordagem de análise de investimento recentemente utilizada para medir o retorno e os riscos é a Metodologia Multi-índice (MMI), a qual, a partir do FC descontado avalia dois conjuntos de indicadores (SOUZA; CLEMENTE, 2012). O primeiro conjunto formado pelos indicadores de retorno, VPL, valor presente líquido anualizado (VPLA), índice benefício/custo (IBC), retorno adicional do investimento (ROIA) e índice ROIA/TMA. O segundo conjunto é formado pelos indicadores de riscos: índice TMA/TIR, índice *payback*/N, índice TMA/TIR, grau de comprometimento da receita (GCR), risco de negócio (RN) e risco de gestão (RG) (CLEMENTE, 2012; LIMA *et al.*, 2015; RASOTO *et al.*, 2012; SOUZA; SOUZA *et al.*, 2020).

Ainda nesse contexto, Lima *et al.* (2015) ampliaram a MMI, criando a MMIA (Metodologia Multi-índice Ampliada). A MMIA inclui a dimensão sensibilidades, a qual utiliza diversos índices para promover uma análise de sensibilidade (AS) especial para melhorar a percepção dos riscos, por exemplo, sobre a TMA, os custos e as receitas (LIMA *et al.*, 2015).

Assim, para avaliar de forma adequada a VE de um PI é necessário aprofundar a análise das dimensões riscos e retorno associados ao desempenho esperado. Além disso, é de fundamental importância promover uma AS nos principais fatores intervenientes no desempenho econômico do PI em estudo (TMA, custos e receitas). O objetivo da AS é aprofundar a percepção dos riscos que está sujeito o PI (LIMA *et al.*, 2015).

Em síntese, a MMIA incorpora na análise uma série de indicadores divididos em 3 dimensões: (i) retorno: VP, VPL, VPLA, IBC, ROIA e índice ROIA/TMA (SOUZA;

CLEMENTE, 2012; SOUZA *et al.*, 2020); (ii) riscos: *payback*/N, TMA/TIR, GCR, RG e RN (SOUZA; CLEMENTE, 2012; SOUZA *et al.*, 2020); e (iii) sensibilidades: um agrupamento de índices para promover uma AS especial e melhorar a percepção de riscos com destaques para: variação percentual na TMA ($\Delta\%TMA$), no investimento inicial ($\Delta\%FC_0$) e no FC projetado por período j ($\Delta\%FC_j$) (Lima *et al.*, 2015).

A aplicação da MC no estudo de Soschinski *et al.* (2018) em uma projeção de receitas após a aquisição do investimento, demonstrou que é possível realizar o pagamento da amortização e juros do investimento. Além disso, o VPL se demonstrou positivo, o *Payback*, tanto o simples quanto o descontado se apresentaram inferiores a 12 meses, e a TIR se mostrou maior do que a TMA, quesitos estes que fornecem evidências sobre a VE e o retorno futuro do investimento analisado.

A análise de VE é um problema complexo devido à natureza probabilística da maioria dos parâmetros que interferem nos méritos econômicos de um projeto. Essa análise pode ser abordada sob as formas determinística e estocástica (LIMA *et al.*, 2017). Enquanto na abordagem determinística todos os parâmetros de entrada são constantes, na abordagem estocástica os parâmetros de entrada são regidos por leis probabilísticas seguindo determinada distribuição de probabilidades. Assim, a abordagem estocástica considera a aleatoriedade presente nos parâmetros de entrada por meio de funções de distribuição de probabilidades (SOUZA *et al.*, 2020).

Nesse contexto, Lima *et al.* (2017) recomendam a aplicação da técnica de Simulação de Monte Carlo (SMC). Essa técnica utiliza ferramentas computacionais para simular cenários futuros, baseados em variáveis cujos valores são gerados aleatoriamente dentro de uma distribuição de probabilidades que as representa (LIMA *et al.*, 2017). A utilização da SMC apresenta algumas vantagens em relação a outras técnicas de avaliação considerando o risco específico, tais como análises de cenários (AC) e de sensibilidade (AS) clássica, pois a SMC é mais versátil por utilizar o poder computacional dos equipamentos e softwares disponíveis atualmente (CORREIA NETO, 2009; GITMAN, 2010; LIMA *et al.*, 2017; MONTEIRO *et al.*, 2012).

Pacassa *et al.* (2022) identificaram que a metodologia clássica de VE é amplamente conhecida e disseminada, devido à facilidade no cálculo, porém esta não considera a análise do risco do investimento em diferentes cenários. Dessa forma, ao utilizar 100 mil interações por meio da Simulação de Monte Carlo (SMC) é possível obter dados mais confiáveis e que permitirá decisões mais assertivas, não apenas aos

gestores rurais, mas também como uma técnica que pode ser utilizada pelos demais integrantes da cadeia de valor na análise de seus investimentos. Com isso, contribui ao evidenciar a aplicabilidade da técnica de SMC em conjunto com a MMIA, sendo esta abordagem útil para analisar a VE de diversos PIs (PACASSA *et al.*, 2022).

Outra opção para análise VE é o uso da Teoria das Opções Reais (TOR), que utiliza cenários nos quais as mudanças de planos podem acontecer durante a execução do projeto (COPELAND; ANTIKAROV, 2002). De maneira geral, a análise via OR é um problema de otimização sob incerteza, a qual procura maximizar o valor do ativo por meio do exercício ótimo das opções nele embutidas. As ORs que estão inseridas em PI podem ser de diversos tipos tais como a opção de espera, a opção de expansão e a opção de abandono (DIXIT; PINDYCK 1994; DRANKA *et al.*, 2020; TRIGEORGIS 1996).

O uso da metodologia de OR permite que o resultado de um projeto contemple as flexibilidades operacionais oriundas das variações (NARDELLI; MACEDO, 2011). Assim, o FC considerado na valoração do ativo será aquele que maximiza o valor do ativo. Sem o uso das ORs os VPLs dos projetos são subestimados levando o gestor a decisões desfavoráveis (COPELAND; ANTIKAROV, 2002). Segundo Minardi (2000), o método do VPL precisa ser remodelado para avaliar projetos em que existam flexibilidades gerenciais relevantes, pois quando há maiores incertezas e muita flexibilidade gerencial esses métodos podem levar a decisões erradas.

Nos últimos anos, as ORs têm encontrado aceitação em ambientes dotados de alta volatilidade e incerteza, como no agronegócio. O desafio atual é descobrir como institucionalizar o processo de reconhecer, avaliar e exercer as opções presentes nos PIs, especialmente em mercados com elevada incerteza, mas com expectativas de bons resultados a curto e longo prazos (NARDELLI; MACEDO, 2011).

Findada a fundamentação teórica da pesquisa, o capítulo seguinte detalha os procedimentos metodológicos adotados.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem o objetivo de apresentar os procedimentos metodológicos utilizados para a realização da pesquisa. Deste modo, contém informações sobre o desenvolvimento e execução, bem como as escolhas realizadas, durante o processo de condução da pesquisa.

O processo utilizado para pesquisa foi a revisão sistemática da literatura (RSL). Nesse processo, foi realizado um levantamento bibliográfico em bases de pesquisas nacionais e internacionais. O instrumento utilizado foi uma adaptação da metodologia *Proknow-C*, a qual foi escolhida por ser uma abordagem sistemática e organizada para a construção dos interesses pretendidos na pesquisa (ENSSLIN *et al.*, 2010).

As principais etapas que compõem esse processo, são: definir palavras-chave e base de dados, eliminar artigos duplicados após o resultado da busca, selecionar os artigos pela leitura dos títulos, selecionar artigos pela leitura de resumos e realizar a leitura completa dos artigos restantes que compuseram o portfólio bibliográfico (PB) (ENSSLIN *et al.*, 2010).

As análises do banco de artigos foram feitas com o auxílio do *software* bibliográfico *Mendeley*, que é um programa de *desktop* e *web* produzido pela *Elsevier* para gerenciamento e compartilhamento de artigos científicos, descoberta de dados científicos e colaboração *online*. Por meio dele, foi possível eliminar todos os artigos que estavam duplicados e exportar os documentos para realizar a leitura.

Sendo o tema da pesquisa definido: modelo de avaliação de alternativas de investimentos da bovinocultura leiteira, o primeiro passo foi definir as palavras-chave para busca nas bases de dados. Para efetuar a busca, essas palavras foram traduzidas para o inglês, e os resultados foram filtrados apenas em artigos publicados em periódicos. As bases de dados selecionadas para pesquisa foram: *Scopus*, *ScienceDirect*, *Web Of Science*, disponíveis no portal periódicos da CAPES e periódicos da base do *Google Acadêmico*.

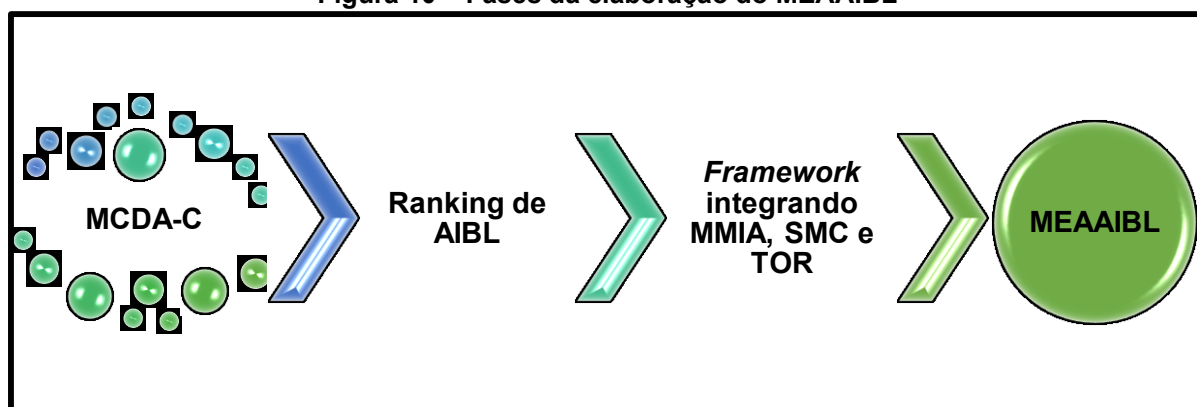
Após estabelecer os procedimentos de busca, foi efetuada a coleta dos artigos nas bases, totalizando 2.139 publicações. Na sequência, foram checados os arquivos duplicados, restando 1.903 artigos. A próxima etapa foi realizar a leitura do título das publicações, excluindo do PB os artigos que não indicavam no título o tema alinhado à pesquisa. Foram eliminados 1.322 artigos, restando 581.

Após a leitura dos resumos foram removidos 430 artigos, restando 151 trabalhos para a leitura integral, e, destes, eliminados 127. Por fim, um total de 24 artigos formou o PB.

Na etapa seguinte, foi realizado um diagnóstico da situação atual da propriedade. Para isso, foram considerados os aspectos humanos, sociais, físicos, ambientais e financeiros, focando a análise dos recursos e os rendimentos atuais proporcionados pela atividade leiteira, bem como a análise das informações para identificar os pontos fortes e fracos do empreendimento atual.

O diagnóstico fornece uma ideia geral da propriedade, quem são os responsáveis, qual o seu tamanho, quais são suas atividades, sua produtividade e sua história em todos os aspectos. Os dados coletados, com entrevistas e visitas a propriedade, foram anotados em cadernetas, fichas, planilhas em papéis e/ou digitais. A Figura 10 ilustra um fluxograma das fases da elaboração do modelo de avaliação de AI da Bovinocultura Leiteira (MEAAIBL).

Figura 10 – Fases da elaboração do MEAAIBL



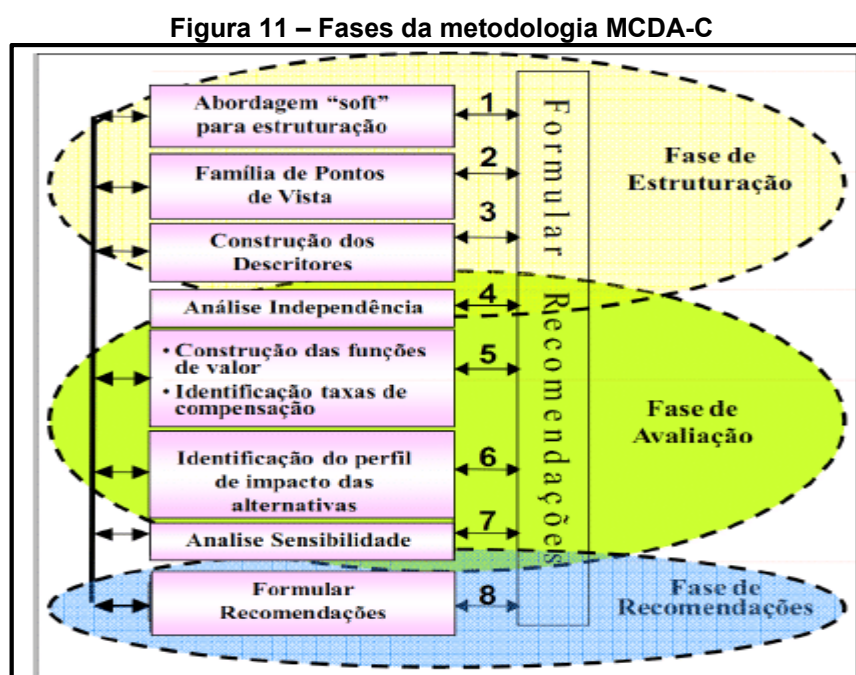
Fonte: autoria própria (2022).

O ponto de partida para o desenvolvimento do modelo foi a aplicação da metodologia MCDA-C, a qual busca formar um *ranking* de AI da BL que são possíveis de investir na propriedade em estudo. Na sequência, por meio de um *framework* que integra as metodologias MMIA, SMC e TOR, avaliou-se a viabilidade econômica da alternativa melhor ranqueada (VILANI, 2020; DRANKA *et al.*, 2020; GUARES *et al.*, 2021; PETRI, 2021; PIOVESAN *et al.*, 2021; NESPOLO *et al.*, 2022). Desta forma, construiu-se um modelo que servirá de apoio ao proprietário rural para subsidiar o processo decisório.

3.1 Procedimentos para a construção do Modelo para a Escolha de Alternativas de Investimentos na BL

Adequar-se aos princípios do desenvolvimento é um dos principais desafios da pesquisa agropecuária em termos da geração e adaptação de tecnologias que garantam rentabilidade econômica aos estabelecimentos rurais e, ao mesmo tempo, que reduzam os impactos ambientais e sociais. No entanto, para os agricultores, a escolha de tecnologias é uma decisão complexa, que visa atender a diversos e, muitas vezes, conflitantes objetivos. Para sugerir propostas viáveis e sustentáveis é fundamental compreender os critérios que norteiam as decisões dos agricultores para avaliar as tecnologias emergentes.

A metodologia MCDA-C constitui um instrumento adequado, pois fornece apoio ao processo decisório devido a sua capacidade de geração de conhecimentos aos decisores a partir do paradigma construtivista (BORTOLUZZI *et al.*, 2010; ENSSLIN, *et al.*, 2001; MARTINS *et al.*, 2021). A Figura 11 ilustra o processo da metodologia MCDA-C, que é realizado por meio de três fases: (i) estruturação; (ii) avaliação; e, (iii) recomendações (ENSSLIN *et al.*, 2010).



Fonte: adaptado de Ensslin *et al.* (2001).

As fases da metodologia MCDA-C seguem etapas e sub etapas dentro de todo o processo de construção e desenvolvimento do modelo, que estão descritas a seguir.

3.1.1 Fase de Estruturação

A fase de estruturação, inicia-se pela abordagem “soft” para contextualização do ambiente e identificação do contexto decisório, conforme Figura 12.

Figura 12 – Abordagem soft para estruturação

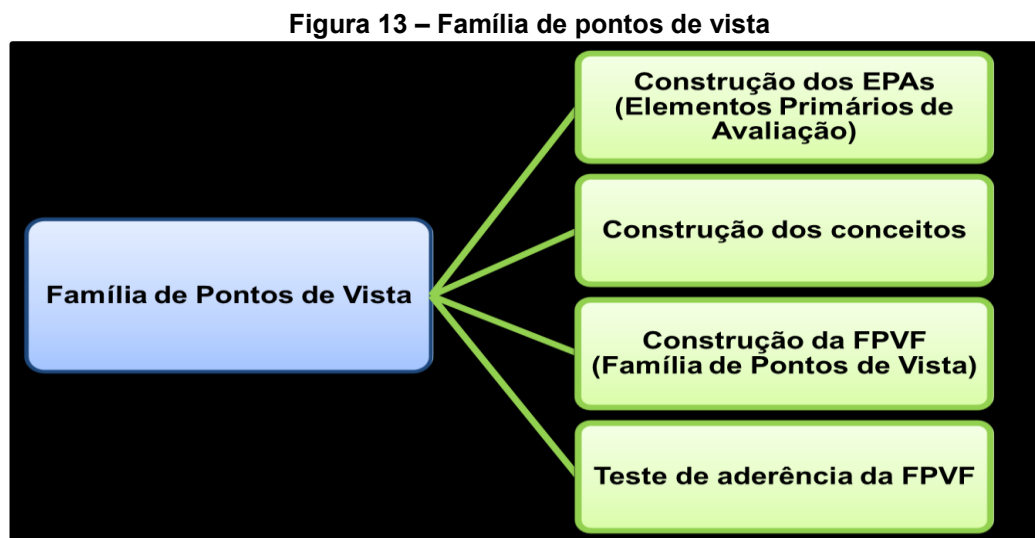


Fonte: autoria própria (2022).

Nessa fase são apresentados os atores, ou seja, aqueles que participam, direta ou indiretamente, do processo da construção do modelo. Os atores desse processo são: o decisor, o facilitador, os intervenientes e os agidos. Na sequência, deve-se definir o rótulo para o problema, o qual consiste no foco principal do trabalho e, após, deve ser construído um sumário contendo a apresentação do problema, justificativa de sua importância, proposta para resolver o problema e o que se espera alcançar até o final do trabalho (ENSSLIN *et al.*, 2001; LACERDA, *et al.*, 2011; BORTOLUZZI *et al.*, 2017; LONGARAY *et al.*, 2019; ENSSLIN *et al.*, 2020; MARTINS *et al.*, 2021).

A próxima etapa, é a família de pontos de vista, que é feita por entrevistas abertas com os atores, falando livremente sobre o contexto para o qual desejam identificar os aspectos essenciais à sua gestão, como preocupações, características

desejáveis, ações potenciais, objetivos, restrições e problemas recorrentes (BANA E COSTA *et al.*, 1999; ENSSLIN *et al.*, 2001). A Figura 13 ilustra essa fase.



Fonte: autoria própria (2022).

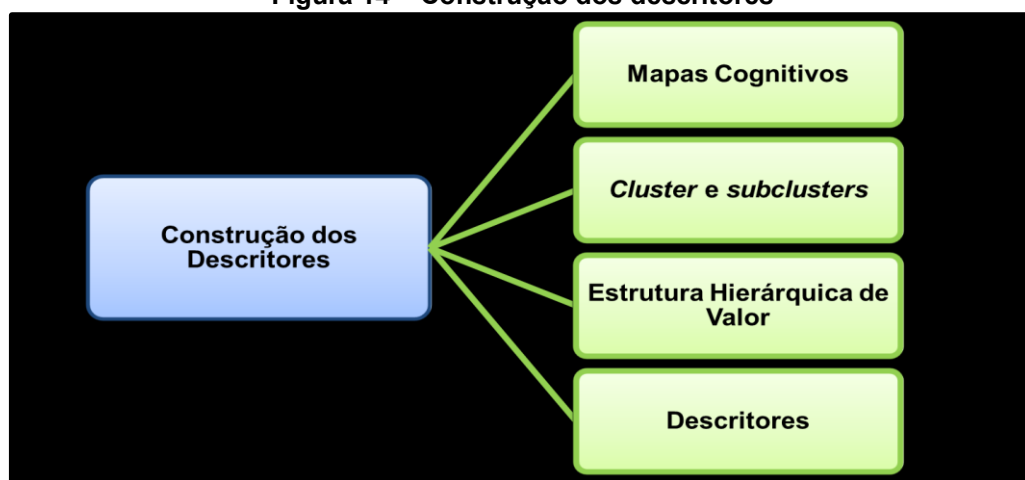
Seguindo esta abordagem para coleta de dados, o facilitador orienta o conteúdo das entrevistas de acordo com os protocolos MCDA-C, para identificar os elementos primários de avaliação (EPAs), seguido pela transformação destes elementos em conceitos orientados à ação, contendo o polo presente e polo oposto. O polo presente é a intenção de preferência do decisor, ou seja, aquilo que deseja alcançar e o polo oposto é o que deseja evitar, que são as consequências que o decisor deseja minimizar (BANA E COSTA *et al.*, 1999; ENSSLIN *et al.*, 2001; LACERDA, *et al.*, 2011; BORTOLUZZI *et al.*, 2017; LONGARAY *et al.*, 2019; ENSSLIN *et al.*, 2020; MARTINS *et al.*, 2021).

Para cada PVF é construído um mapa cognitivo com o objetivo de ampliar seu entendimento, do qual será desmembrado em seus *clusters* (EDEN, 1988). Uma vez construídos todos os mapas cognitivos, para continuar o processo, transforma-se os mapas em uma estrutura hierárquica de valor (KEENEY, 1992), que representa, na parte superior, os objetivos estratégicos, seguidos na sequência pelos objetivos táticos e depois, mais abaixo, os objetivos operacionais para o contexto segundo a percepção do decisor (BORTOLUZZI, 2013).

A próxima etapa da fase de estruturação do modelo consiste na construção dos descritores, que se inicia com os mapas cognitivos, após a formação dos *clusters* e a estrutura hierárquica de valor, para finalizar com a construção das escalas ordinais,

que vão permitir a mensuração e a avaliação do desempenho (BORTOLUZZI *et al.*, 2010), conforme Figura 14.

Figura 14 – Construção dos descritores



Fonte: autoria própria (2022).

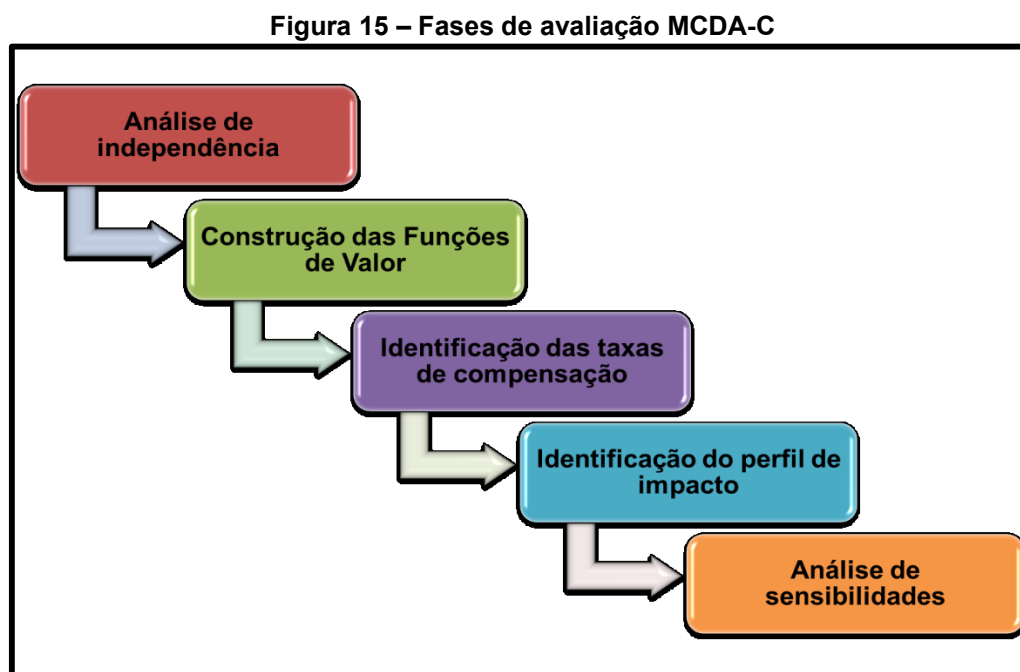
Em um processo de interação entre o decisor e o facilitador, os conceitos são agrupados de acordo com os pontos de vista fundamentais, os quais são organizados em *clusters* de acordo com a semelhança entre eles. (ENSSLIN *et al.*, 2001). A partir da estrutura hierárquica de valor, são construídos os descritores, que são escalas ordinais para cada ponto de vista elementar, isto é, solicita-se que o decisor expresse qual a melhor forma de mensurar aquele conceito e qual escala utilizaria para realizar a mensuração (ENSSLIN *et al.*, 2001; LACERDA, *et al.*, 2011; MARTINS *et al.*, 2021).

A construção dos descritores consiste na identificação dos níveis bom e neutro. Ensslin *et al.* (2001) destacam que, além de importantes no processo de verificação da independência preferencial e para a determinação das taxas de substituição, os níveis definidos são “referenciais de performance”, podendo identificar ações com desempenho competitivo, ou seja, entre os níveis bom e neutro, bem como ações com desempenho comprometedor ou de excelência – abaixo do nível neutro e acima do nível bom.

3.1.2 Fase de Avaliação

A fase de avaliação inicia pela etapa de análise de independência, que propõe verificar se algum critério é dependente de outro. Não havendo dependência, são transformadas as escalas ordinais em escalas cardinais, por meio da construção das

funções de valor. O objetivo é transformar as escalas ordinais (qualitativas) desenvolvidas na fase de estruturação em escalas cardinais (quantitativas) e determinar as taxas de compensação para integrar os critérios (ENSSLIN *et al.*, 2010). A fase de avaliação está ilustrada na Figura 15.



Fonte: autoria própria (2022)

Esta transformação requer que os tomadores de decisão descrevam os diferentes níveis de atratividade para todos os níveis do descritor. A integração é conseguida associando-se as taxas de compensação com o aumento no desempenho, ao melhorar a partir do Nível de referência “neutro” para o nível de referência “bom” para cada descritor (LACERDA *et al.*, 2011). Nessa pesquisa, esse processo foi realizado com o auxílio do *software Macbeth-scores*. Para tanto, são definidos níveis de referência para cada descritor, também conhecidos como níveis-âncora (bom e neutro) (BORTOLUZZI *et al.*, 2010).

Na etapa de Identificação do perfil de impacto das alternativas, é possível avaliar o desempenho de todas as alternativas e, dentre elas, o *status quo*. O modelo construído pela metodologia MCDA-C possibilita uma avaliação explícita na forma numérica ou gráfica, facilitando a identificação e compreensão da intensidade dos pontos fortes e fracos das alternativas em avaliação (LACERDA *et al.*, 2011; ENSSLIN *et al.*, 2020).

Na análise de sensibilidade, é possível fornecer uma visão ampla da estabilidade de desempenhos alternativos. O modelo permite o desenvolvimento de uma análise de sensibilidade do impacto das alternativas nas escalas, na atratividade das escalas cardinais, bem como nas taxas de conversão (LACERDA *et al.*, 2011).

3.1.3 Fase de Recomendações

O conhecimento gerado permite ao tomador de decisão visualizar graficamente e numericamente, para cada critério, se o desempenho é "excelente", "normal" ou "comprometedor". Por outro lado, a escala fornece formação em qual dos desempenhos é superior ao atual. Somando-se isso à expertise do tomador de decisão, tem-se conhecimento sobre o contexto. Então, o modelo irá informar ao decisor sobre a contribuição ao critério e ao contexto global. Assim, múltiplas ações podem ser geradas e classificadas na ordem de contribuição e melhoria. Esta é chamada de fase de recomendação (BORTOLUZZI *et al.*, 2017).

Nesta fase, são indicados meios ou caminhos para o aprimoramento do desempenho das ações potenciais, por meio das medidas associadas aos descritores. Uma vez construído o modelo, a partir das etapas de estruturação e avaliação, será possível aos tomadores de decisão visualizarem as oportunidades de melhoria (pontos fracos) e as potencialidades (pontos fortes), permitindo com isso desenvolver plano de ação, que atenda as prioridades e expectativas do(s) decisor(es). Assim, a aplicação desta fase possibilita, de forma contínua e estruturada, a geração de ações de melhoria, no ambiente organizacional (LACERDA *et al.*, 2011).

3.2 Protocolo para a construção do Modelo para a Escolha de Alternativas de Investimentos na BL

Será apresentado o protocolo de pesquisa que foi adotado no desenvolvimento e construção do modelo multicritério construtivista de escolha e avaliação de alternativas de investimentos da bovinocultura leiteira. Esse protocolo tem o intuito de registrar a condução e andamento da pesquisa. O estudo foi construído levando em consideração as três etapas da MCDA-C: (i) fase de estruturação; (ii) fase de avaliação; e (iii) fase de elaboração de recomendações.

A pesquisa começou com reuniões com o decisor da propriedade rural a fim de contextualizar o problema e expor o objetivo da pesquisa a ser desenvolvida. O Quadro 1 apresenta uma breve descrição do planejamento do roteiro das entrevistas.

Quadro 1 – Planejamento de Entrevistas

Fases MCDA-C	Descrição	Entrevista	Duração da entrevista
Apresentação Inicial	Apresentação da Metodologia MCDA-C	1	1 h
Abordagem “soft” para Estruturação	Descrição do ambiente	2	1 h
	Definição dos atores	3	30 min
	Elaboração do rótulo para o problema	4	1 h
	Construção do sumário	5	1 h
Famílias de Ponto de Vista	Construção dos Elementos Primários de Avaliação (EPAs)	6	2 h
	Construção dos conceitos	7	2 h
	Construção da FPVF	8	3 h
	Teste de aderência	9	1 h
Construção dos Descritores	Construção dos mapas cognitivos	10	2 h
	Apresentação da árvore de valor com os PVF	11	1 h
	Definição dos descritores e níveis de referência	12	1 h
	Análise do perfil de desempenho, verificando o nível de cada indicador.	13	2 h
Análise de Independência	Verificar se a mensuração de algum critério depende da mensuração de outro	14	2h
Construção das Funções de Valor	Transformação dos descritores em função de valor, ou seja, transformar as escalas ordinais em escalas cardinais, utilizando o <i>Software Macbeth</i>	15	1h
Taxas de Compensação	Determinação das taxas de compensação	16	30 min
Identificação do Perfil de Impacto	Realização do diagnóstico atual do contexto	17	1 h
Análise de Sensibilidade	Realização da análise de sensibilidade para averiguar a confiabilidade dos resultados do modelo	18	1 h
Formular Recomendações	Realização das recomendações sobre a alternativa de investimento melhor ranqueado	19	1 h
Total			25 h

Fonte: autoria própria (2022).

No Quadro 1, as entrevistas foram realizadas conforme o andamento da construção do modelo, como determina a metodologia. As entrevistas foram gravadas,

utilizando um gravador de voz, com o consentimento do decisor. Foi realizada a apresentação da metodologia MCDA-C e todas as suas etapas, juntamente com o roteiro das entrevistas para o decisor, e os agendamentos das próximas entrevistas, para dar continuidade na metodologia e coleta de dados.

Ao total, foram realizadas 19 entrevistas com duração total de 25 horas. Vale ressaltar que a metodologia MCDA-C é recursiva. Então, no desenvolvimento de cada etapa da metodologia, foi possível voltar às etapas anteriores para realizar algumas alterações e adequações.

3.3 Metodologias de avaliação de investimentos

Para realizar qualquer tipo de investimento, é necessário um estudo sobre o cenário atual da propriedade e a elaboração de AI. Para isso, é fundamental possuir o domínio de indicadores para estruturar um modelo que proporcione resultados para subsidiar a tomada de decisão.

Após a elaboração do modelo apoiado pela metodologia MCDA-C, que possibilitou a identificação, por meio do ranqueamento, da melhor alternativa de investimentos, foi realizada a avaliação de investimentos, para verificar a sua viabilidade econômica. Os procedimentos para avaliar a viabilidade econômico-financeira da alternativa de investimento com melhor desempenho, seguiu as fases apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Fases da Avaliação de Viabilidade Econômica

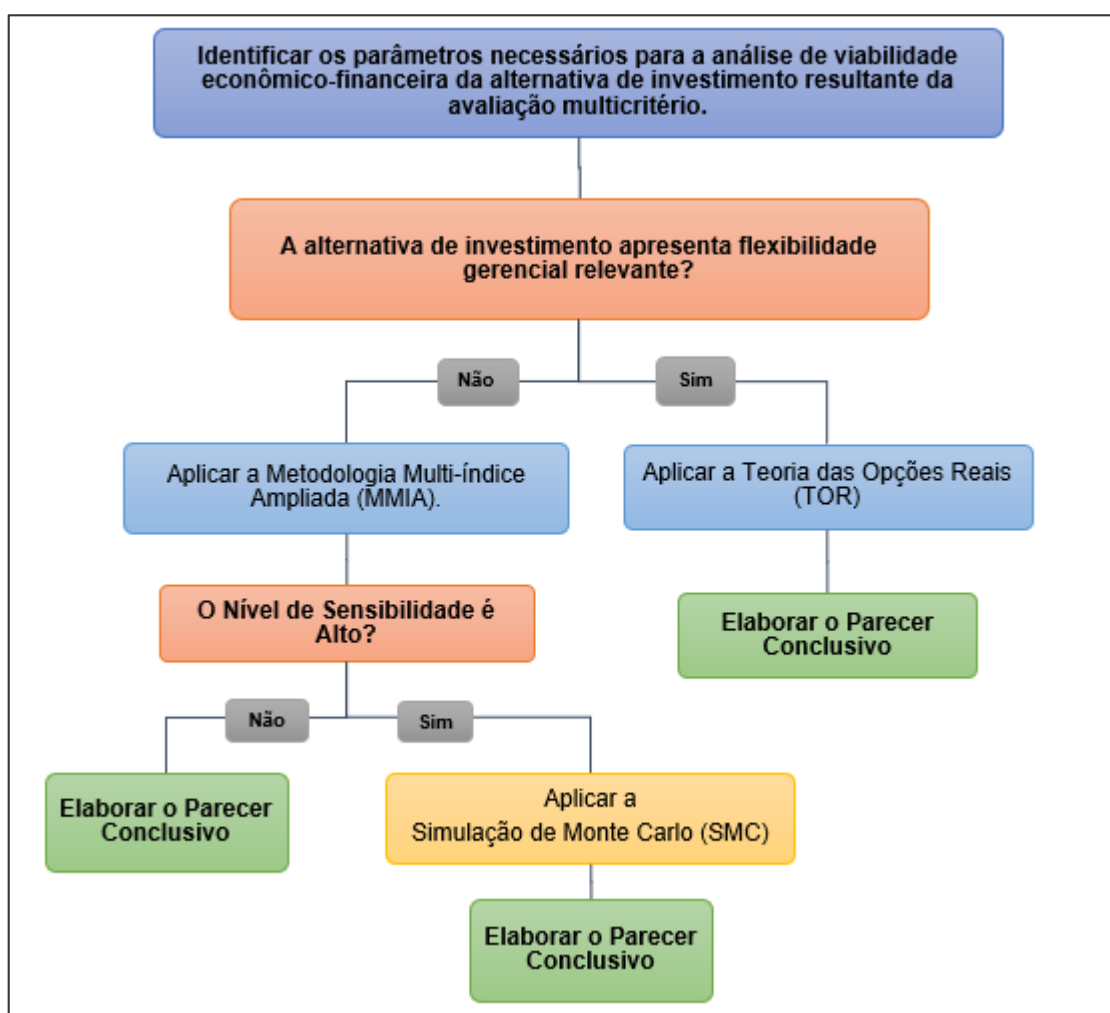
Fases	Descrição
Fase 1	Identificar a Alternativa de Investimento (AI) pela MCDA-C
Fase 2	Levantar dados e/ou informações associadas a AI em estudo
Fase 3	Definir o horizonte de planejamento (N) da alternativa
Fase 4	Determinar a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) da AI
Fase 5	Projetar os componentes (investimentos, demandas, receitas e custos, por exemplo) do Fluxo de Caixa (FC) da AI
Fase 6	Identificar a(s) fonte(s) de financiamento: recursos próprios e/ou de terceiros
Fase 7	Realizar a avaliação de viabilidade econômico-financeira da AI utilizando o <i>framework</i> apresentado na Figura 16, a qual integra MMIA, SMC e TOR com suporte da plataforma digital \$AVEPI
Fase 8	Emitir um parecer sobre a viabilidade econômica da AI em estudo

Fonte: Fonte: autoria própria (2022).

De forma geral, a avaliação da viabilidade econômica (AVE) de uma AI parte da coleta de dados, levando em consideração a estimativa inicial do investimento. Após, deve-se realizar a projeção dos custos de produção e o levantamento dos custos de manutenção da alternativa, bem como, a estimativa de receitas. Por fim, avalia-se o grau de expectativa de retorno e os níveis de riscos associados a AI (SOUZA; CLEMENTE, 2008; RASOTO *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2015; DRANKA *et al.*, 2020; PIOVESAN *et al.*, 2021; NESPOLO *et al.*, 2022).

Nessa fase, aplicou-se a abordagem determinística via MMIA e/ou a abordagem estocástica via SMC ou TOR, ambas com suporte do *aplicativo web \$AVEPI*® (LIMA *et al.*, 2021), seguindo as fases apresentadas no fluxograma exposto na Figura 16 (VILANI, 2020; DRANKA *et al.*, 2020; GUARES *et al.*, 2021; PETRI, 2021; PIOVESAN *et al.*, 2021; NESPOLO *et al.*, 2022).

Figura 16 – Modelo avaliação de investimento



Fonte: autoria própria (2022).

Para a AVE da melhor alternativa, caso exista flexibilidades gerenciais, utiliza-se a TOR (COPELAND e ANTIKAROV, 2001; DRANKA *et al.*, 2021) e elabora-se o relatório conclusivo. Por outro lado, não existindo flexibilidade gerencial nos dados, utiliza-se a MMIA e verifica-se a sensibilidade dos resultados: se for baixa, elabora-se o parecer final, e se a sensibilidade for alta aplica-se a SMC e com os resultados elabora-se um parecer final (GUARES *et al.*, 2021; LIMA *et al.*, 2015; LIMA *et al.*, 2017; TONIAL *et al.*, 2020; PACASSA *et al.*, 2022; PETRI, 2021).

Após a realização das fases, deve haver um posicionamento sobre a AI: economicamente viável ou inviável. A partir desse ponto, o decisor realiza a opção de investir, não investir, adiar ou antecipar o investimento. Caso seja feita a opção pelo investimento, ao longo da execução da AI, o decisor deve avaliar se os resultados estão de acordo com o que foi projetado. Se isso não ocorrer, deve implementar ações para corrigir desvios (DRANKA *et al.*, 2020; GUARES *et al.*, 2021; NESPOLO *et al.*, 2022; PETRI, 2021; PIOVESAN *et al.*, 2021; VILANI, 2020).

O capítulo a seguir apresenta os resultados obtidos com a construção e aplicação do modelo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo, serão tratados os resultados do estudo de caso realizado na propriedade rural, para qual foi construído um modelo construtivista para auxiliar na escolha das alternativas de investimentos da bovinocultura leiteira, e na sequência a avaliação da viabilidade econômica de implantação amparada no *framework* proposto.

4.1 Modelo Multicritério Construtivista para Escolha de Alternativas de Investimentos na Bovinocultura Leiteira

Nessa seção serão apresentados os resultados da construção do modelo multicritério construtivista de escolha de alternativas de investimentos da bovinocultura leiteira em uma propriedade rural, seguindo as fases da metodologia MCDA-C, sendo estruturação, avaliação e recomendações.

4.1.1 Fase de estruturação

A construção do modelo teve início com a estruturação e organização dos elementos que compõem o contexto decisório pesquisado. É formado pelas seguintes etapas: (i) abordagem “*soft*” para estruturação; (ii) famílias de pontos de vista; (iii) construção dos descritores.

4.1.1.1 Abordagem “*soft*” para estruturação

Nesta fase, foram identificados o ambiente pesquisado e os atores envolvidos no processo decisório, definidos um rótulo para delimitar o contexto decisório e elaborado um sumário. Por meio de entrevistas, com o proprietário rural, iniciou-se o processo de construção de conhecimento com o decisor, obteve-se informações relacionadas ao contexto, tornando possível o desenvolvimento da primeira etapa da construção do modelo.

4.1.1.1.1 Descrição do ambiente

O ambiente de estudo é uma propriedade rural localizada no município de São Lourenço do Oeste-SC. A propriedade objeto do presente estudo, tem área total de 50 hectares de terra. A área está dividida entre moradia, instalações e galpões, cultivo de milho e pastagens para alimentação dos animais, que formam o plantel leiteiro da propriedade. Já existe na propriedade um plantel de 40 vacas em lactação, com manejo semiconfinado, sendo pastoreio e alojamento em um galpão para alimentação e ordenha mecanizada. A mão de obra é familiar para os serviços de ordenha e alimentação das vacas.

4.1.1.1.2 Definição dos atores

As entrevistas com o produtor rural permitiram identificar os atores envolvidos no contexto decisório da construção do modelo. Os atores deste processo são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Atores envolvidos no contexto decisório

Decisor	Proprietário Rural
Facilitador	Pesquisadora: Simone Beatriz Wolfart
Intervenientes	<ul style="list-style-type: none"> • Esposa do proprietário • Pai e Mãe do proprietário
Agidos	<ul style="list-style-type: none"> • Cooperativa • Fornecedores • Bancos • Laticínio

Fonte: autoria própria (2022).

Os atores envolvidos com a gestão e processo de tomada de decisão da propriedade rural tem como decisor o proprietário rural, sendo que o modelo foi construído por meio de sua percepção. Os intervenientes são os demais moradores na propriedade, a esposa e os pais. O facilitador é a autora deste trabalho, que buscou seguir a metodologia e integrar todas as atividades desenvolvidas. E, como agidos, foram considerados a cooperativa a qual o proprietário é sócio, os fornecedores, bancos e o laticínio.

4.1.1.1.3 Rótulo do problema

Foi elaborado um rótulo que fosse o mais representativo possível quanto aos principais objetivos do decisor em relação ao problema. O rótulo do estudo de caso foi definido como: escolha de alternativas de investimentos da bovinocultura leiteira em uma propriedade rural.

4.1.1.1.4 Sumário

O primeiro aspecto a ser evidenciado no sumário é a apresentação do problema. A propriedade rural já tem investimento na bovinocultura leiteira, porém existem inúmeras possibilidades de alternativas de investimentos que podem ser implementados. No entanto, há uma restrição orçamentária na capacidade de investimento. O proprietário não tem recursos financeiros para implementar todas as possibilidades, portanto, o modelo possibilita ranquear as alternativas de investimentos que atendam aos objetivos do decisor rural.

Após a apresentação do problema, buscou-se justificar a importância do problema, conforme segue. A propriedade já desenvolve um sistema de ordenha mecanizada e um alojamento para o plantel produtivo da bovinocultura leiteira. A importância do problema se dá ao desenvolver um modelo singular que atenda as características desse decisor, para poder escolher outras alternativas de investimentos que em conjunto com o que ele já desenvolve possam atender aos seus objetivos de melhoria na atividade da bovinocultura leiteira.

Na sequência, evidenciou-se o objetivo do trabalho: construir um modelo multicritério construtivista para a escolha de alternativas de investimentos da bovinocultura leiteira. Para tanto, o instrumento de intervenção utilizado para construção do modelo foi a metodologia MCDA-C, que é um instrumento que fornece apoio ao processo decisório devido sua capacidade de geração de conhecimento ao decisor a partir do paradigma construtivista.

Por fim, apresenta-se o último aspecto do sumário, ou seja, o que se espera obter ao final do trabalho. Espera-se a construção de um modelo para avaliar

diferentes alternativas de alternativas de investimentos que apresentam os melhores desempenhos e que possibilite ao decisor escolher a alternativa melhor ranqueada.

4.1.1.2 Família de pontos de vista

Após a contextualização, a metodologia MCDA-C propõe a construção da Família de Ponto de Vista, que consiste em: (i) identificação dos elementos primários de avaliação (EPAs); (ii) construção dos conceitos; (iii) construção da família de pontos de vista fundamentais (FPVF); e, (iv) teste de aderência da FPVF.

4.1.1.2.1 Elementos primários de avaliação - EPAs

A identificação dos EPAs foi realizada por meio de entrevista, na qual o decisor pode expressar seus principais objetivos, suas principais preocupações em relação ao contexto decisório da propriedade. Na entrevista para identificar os EPAs surgiram 37, porém, na sequência do modelo, que é a construção dos conceitos, foram percebidos EPAs similares e assim foram sendo suprimidos, até concluir nos 22 apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – EPAs identificados

Nº	Elementos Primários de Avaliação (EPAs)	Nº	Elementos Primários de Avaliação (EPAs)
1	Melhoria nas condições de trabalho	12	Compra de alimentos e insumos
2	Aumento da lucratividade	13	Custos de investimento
3	Aumento a produção	14	Genética animal
4	Limitação da área de terra	15	Limpeza da ordenha
5	Plantel produtivo	16	Sucessão familiar
6	Gastos com medicamentos	17	Modernizar sistema de ordenha
7	Retorno financeiro	18	Sustentabilidade
8	Falta de água	19	Administrar a propriedade
9	Custos de produção	20	Custo com energia elétrica
10	Qualidade do leite	21	Impacto ambiental
11	Manejo animal	22	Preço do leite

Fonte: autoria própria (2022).

Percebe-se que as preocupações do decisor envolvem toda a propriedade, pois tem reflexo diretamente na atividade leiteira e rentabilidade de todos da família.

As preocupações buscam melhor condições a todos os envolvidos e principalmente na continuidade da atividade leiteira na propriedade.

Após a identificação dos EPAs buscou-se em entrevistas com o produtor rural, transformar cada EPA em conceito orientados à ação.

4.1.1.2.2 Construção dos conceitos

Os conceitos foram obtidos por meio de entrevistas com o proprietário e os intervenientes. O processo de transformação de um EPA em conceito ocorre pelo aumento de entendimento do decisor sobre o objetivo que se deseja alcançar. Para isso, buscou-se incentivá-los a falar detalhadamente sobre cada EPA.

Os conceitos são construídos pelo polo presente, que é a situação mais desejável, seguido de reticências (...) que deve ser lido como “ao invés de”. Após as reticências, é expressado o polo oposto psicológico, que é a situação menos desejável, que se deseja evitar. O Quadro 5 descreve alguns dos conceitos construídos por meio dos EPAs.

Quadro 5 – Recorte da construção dos conceitos

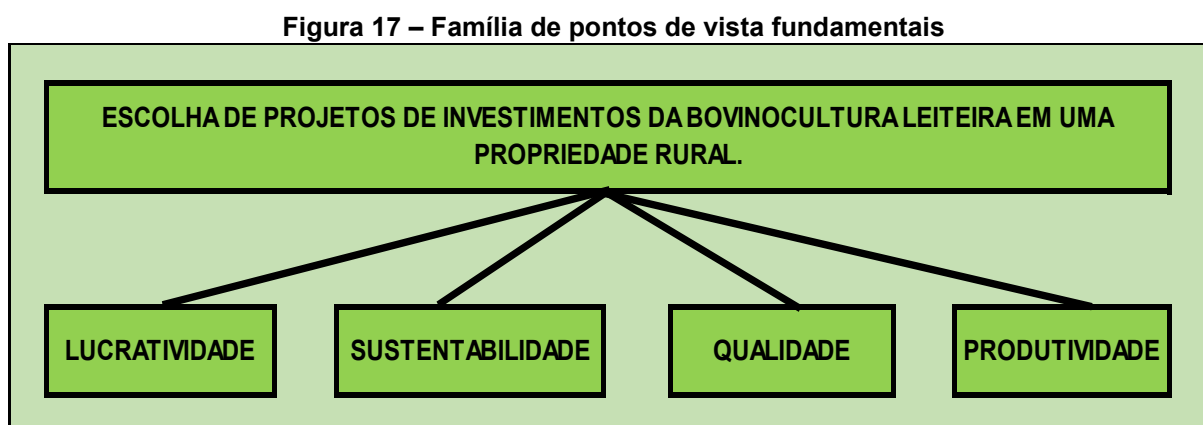
Nº	EPAS	Nº	Conceitos orientados a ação
1	Melhoria nas condições de trabalho	1	Escolher projetos para aumentar a lucratividade da propriedade ... deixar de promover o crescimento da propriedade
		2	Suprimido.
		3	Priorizar projetos que agilizam a ordenha com qualidade e eficiência ... perder tempo com trabalho manual.
2	Aumento da lucratividade	4	Escolher projetos que aumentem a receita da atividade leiteira da propriedade ... continuar no mesmo sistema de produção.
		5	Suprimido.
		6	Suprimido.
17	Modernizar sistema de ordenha	7	Escolher projetos que aumentem a produtividade de leite ordenhado ... continuar com mesmo plantel.
		8	Selecionar projetos que reduzam a quantidade de pessoas na ordenha ... sofrer com as consequências do trabalho forçado e manual.
5	Plantel produtivo	9	Optar por projetos que utilizem o máximo da capacidade produtiva das vacas ... desperdiçar quantidade de leite produzida.
		10	Suprimido.
4	Limitação da área de terra	11	Selecionar projetos que utilizam toda a capacidade produtiva da terra ... evitar desperdícios com áreas improdutivas.
		12	Suprimido.
		13	Escolher projetos que aumentem o volume de produção de leite... perder produtividade por falta de controle diário.
		14	Suprimido.

Fonte: autoria própria (2022).

Por usar a recursividade que a metodologia permite, foram reavaliados alguns conceitos iniciais, sendo alguns suprimidos, pois o decisor julgou repetitivo ou redundante, outros realinhados aos EPAs originários. É importante salientar este aspecto, pois o processo utilizado pela metodologia MCDA-C permite gerar conhecimento no decisor, ou seja, permite que o decisor, por meio da interação com a facilitadora, aumente o entendimento do contexto. Com isso, restaram 29 conceitos orientados à ação que estão apresentados no Apêndice A.

4.1.1.2.3 Família de pontos de vista fundamentais (FPVF)

Após a conclusão dos conceitos orientados à ação, buscou-se na entrevista com o proprietário rural construir a família de pontos de vista fundamentais, que, segundo a percepção do decisor, representam seus objetivos e o que considera mais relevante no desenvolvimento da atividade leiteira. A Figura 17 ilustra a família de pontos de vista construída.



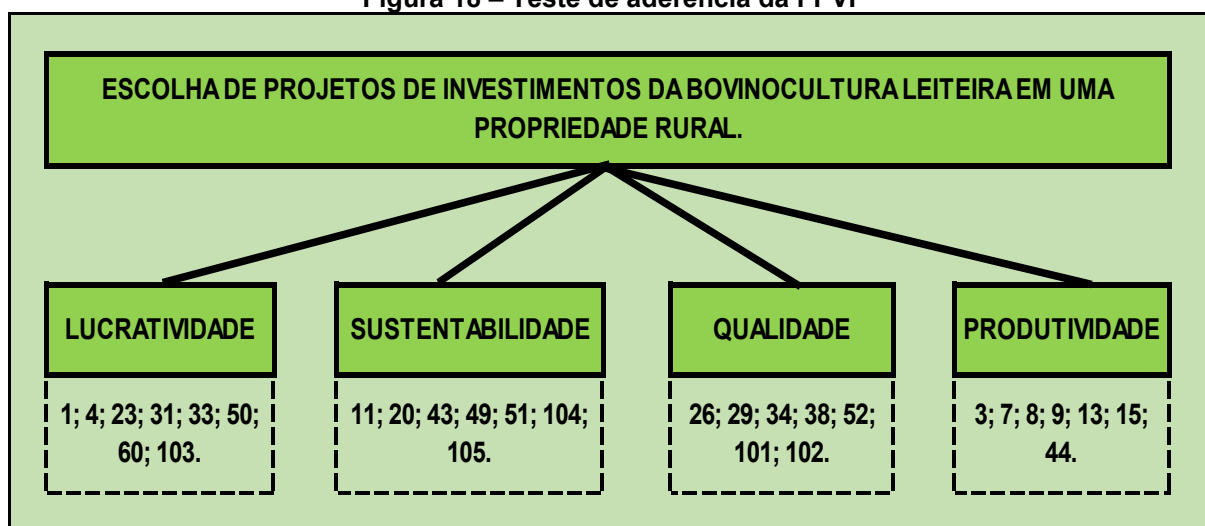
Fonte: autoria própria (2022).

A Figura 17 evidencia que os quatro Pontos de Vistas Fundamentais (PVF) do proprietário rural: (i) lucratividade; (ii) sustentabilidade; (iii) qualidade; (iv) produtividade. Nota-se que, além de lucros e produção, o proprietário está preocupado com qualidade e sustentabilidade da propriedade, ou seja, ter lucros com excelência e constância.

4.1.1.2.4 Teste de aderência da FPVF

Após a conclusão da construção da família de pontos de vista buscou-se, em conjunto com o decisor, agrupar os conceitos construídos nos pontos de vista para verificar se a família de pontos de vista construída é suficiente, e também se são necessários todos os pontos de vista identificados. A Figura 18 ilustra os conceitos agrupados por PVF.

Figura 18 – Teste de aderência da FPVF



Fonte: autoria própria (2022).

A identificação dos PVF refere-se à preocupação mais relevante do decisor. Os conceitos são numerados para melhor entendimento do decisor. EM seguida, é efetuado o teste de aderência, que coloca cada conceito agrupado no ponto PVF, que, no modelo, demonstra todos os pontos destacados tem uma mesma média de conceitos agrupados, evidenciando a preocupação como um todo do decisor em relação a sua propriedade rural.

Com os conceitos agrupados por área de preocupação, a próxima etapa para a construção do conhecimento corresponde a esclarecer o entendimento dado a cada uma dessas áreas de preocupação.

4.1.1.3 Construção dos descritores

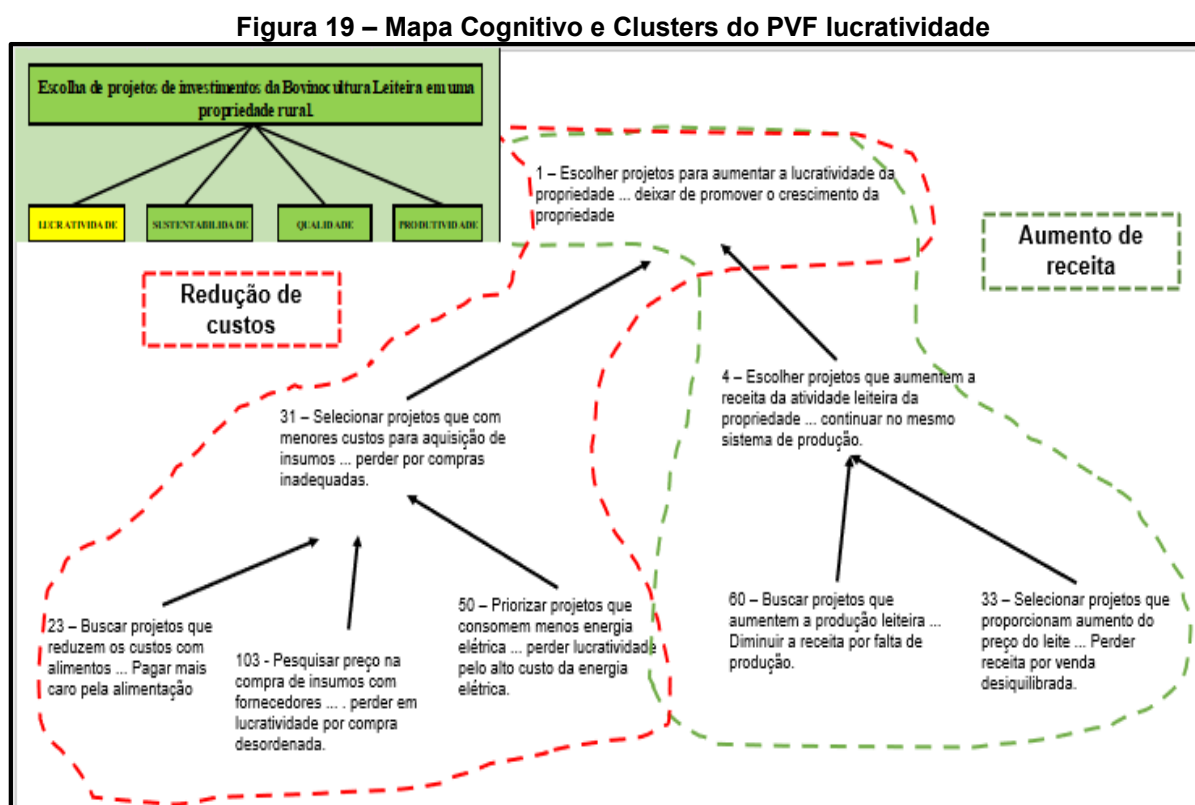
A construção dos descritores está organizada em: (i) mapas cognitivos e *clusters*; (ii) árvore de valor com pontos de vistas elementares; e, (iii) construção dos

descritores.

4.1.1.3.1 Mapas cognitivos e clusters

Os Mapas Cognitivos correspondem a um instrumento utilizado para reflexão e análise do contexto, com o intuito de organizar e desenvolver o conhecimento no decisor sobre o problema que busca resolver. Essa disposição inicial foi apresentada pela facilitadora ao decisor para que ele verificasse se a sua percepção estava, de fato, refletida no PVF e de forma apropriada.

Mediante a aprovação do decisor, foi solicitado que ele falasse sobre os conceitos, mais especificamente relatando “Como alcançar este conceito?” e “Para que ele se destina?” (Ensslin *et al.*, 2010). Dessa forma, os conceitos foram dispostos partindo, inicialmente, de seus fins (objetivos estratégicos) em direção aos seus meios (funções táticas e operacionais). De posse dessas informações, a facilitadora teve as informações suficientes para iniciar o desenvolvimento do Mapa Cognitivo. A Figura 19 ilustra o mapa cognitivo do PVF Lucratividade.



Fonte: autoria própria (2022).

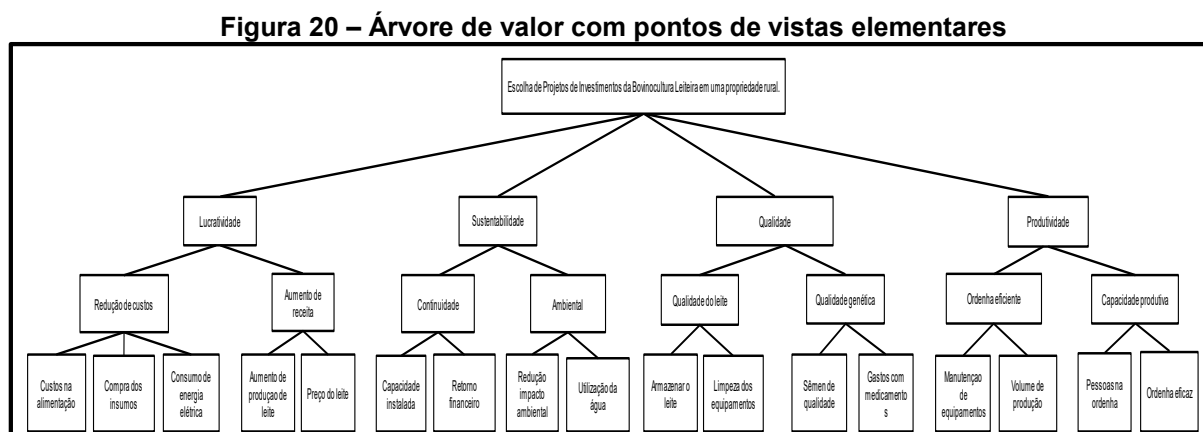
Como ilustra a Figura 19, o mapa cognitivo do ponto de vista fundamental de Lucratividade, possui dois *clusters*: redução de custos e aumento de receita. Ao analisar o cluster de redução de custos, observa-se que o decisor possui uma preocupação com buscar alternativas de investimentos que possam proporcionar redução de custos com a atividade leiteira.

Já no cluster de aumento de receita, selecionar projetos que melhorem a receita da propriedade com aumento de produção. Ambos os clusters direcionado ao conceito estratégico para obter mais lucratividade.

Foram construídos 4 mapas cognitivos, com seus respectivos *clusters*, que estão expostos no Apêndice B.

4.1.1.3.2 Árvore de valor com pontos de vistas elementares

Após a construção dos mapas cognitivos e os *clusters*, faz-se a transição para a estrutura hierárquica de valor. Para ilustrar esse processo, demonstra-se a Figura 20 com a árvore de valor com pontos de vistas elementares.



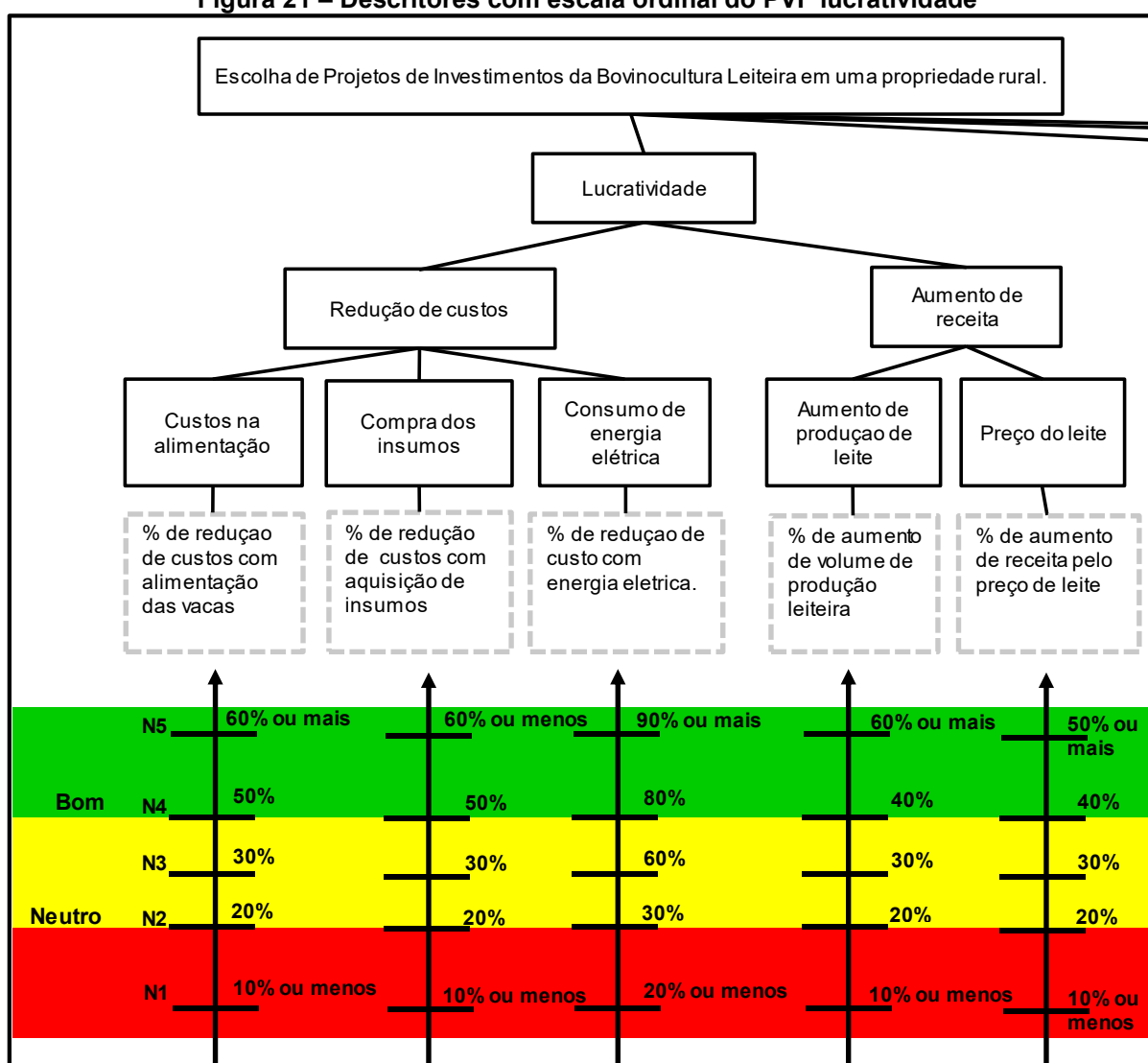
Fonte: autoria própria (2022).

Com a construção da árvore de valor é possível identificar os pontos de vista elementares, no modelo formados por: redução de custos, aumento de receita, continuidade: ambiental, qualidade do leite, qualidade genética, ordenha eficiente e capacidade produtiva.

4.1.1.3.3 Construção dos descritores

Seguindo a estruturação do modelo, nessa etapa foram construídos os descritores capazes de estabelecer os níveis de referência de cada um. As cores destacadas pelo verde, acima do nível bom é considerado desempenho excelente, já abaixo do nível neutro, na cor vermelha, é considerado comprometedor, e entre esses dois níveis, na cor amarela, é considerado um desempenho competitivo. A Figura 21 ilustra um recorte do PVF Lucratividade, com seus níveis de referência na escala ordinal. Os demais descritores estão no Apêndice C.

Figura 21 – Descritores com escala ordinal do PVF lucratividade



Fonte: autoria própria (2022).

Na Figura 21 os níveis de referência (N) foram construídos em 5 níveis para cada descritor, sendo que em cada um deles é representado pela escala cardinal (%). A teoria da mensuração foi aplicada em todos os descritores, porém, no texto se apresenta de forma ilustrativa dos descritores da Figura 21.

O decisor deseja mensurar o objetivo lucratividade, pra poder escolher o melhor projeto que possa alcançar de forma eficiente o objetivo. Uma vez que o descritor mensura o percentual de redução de custo e aumento de receita, a escala está contemplando o objetivo do decisor (mensurabilidade).

Para poder mensurar o desempenho de cada descritor capaz de medir esses pontos de vista, foi utilizado uma escala formada por uma série crescente de percentual, e nenhum nível possui redundância de valor (Inteligibilidade).

A informação para medir os níveis da escala pode ser levantada junto ao decisor que tem conhecimento da produção leiteira (Operacionalidade).

A propriedade em estudo deseja mensurar a lucratividade. Para tanto as escalas em percentuais de indicadores representa em todos os níveis o desempenho ideal para alcançar os objetivos mensurados (Homogeneidade).

Sendo que a escala é formada por indicadores de frequência do percentual dos indicadores que atendem ao melhor desempenho de redução de custo e aumento de receita, que quanto maior será mais atrativo, é possível visualizar a direção de preferência e a direção de perda de desempenho (permitir distinguir o desempenho melhor e pior).

4.1.2 Fase de Avaliação

A fase de avaliação é formada pelas seguintes etapas: (i) análise de independência; (ii) construção das funções de valor; (iii) identificação das taxas de compensação; (iv) identificação do perfil de impacto; e, (v) análise de sensibilidade.

4.1.2.1 Análise de Independência

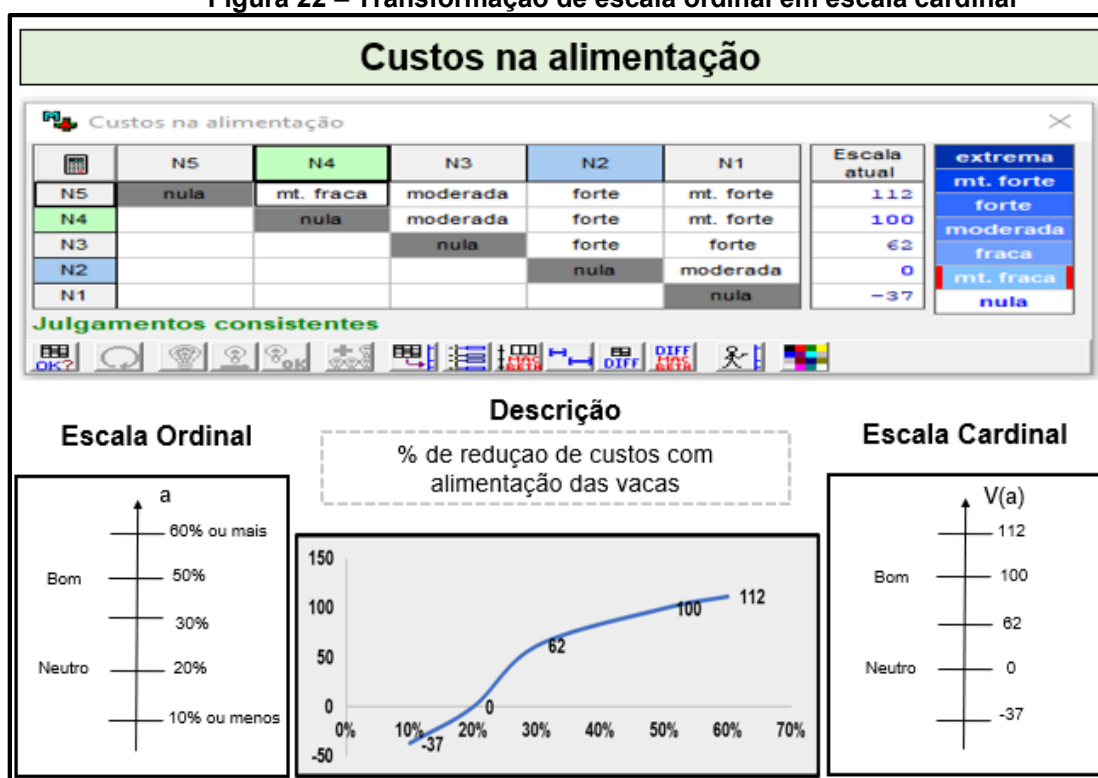
A análise de independência foi elaborada para os critérios suspeitos que pudesse ter dependência. Pela análise de independência, observou-se que todos os critérios são preferencialmente independentes ordinalmente e cardinalmente.

4.1.2.2 Construção das funções de valor

A construção das funções de valor é a transformação da escala ordinal, construída na fase de estruturação do modelo, em uma escala cardinal. Essa transformação é realizada com o apoio do *software Macbeth* e com o julgamento do decisor na identificação da diferença de atratividade entre os níveis do descritor. Nessa transformação, os níveis de referência Bom e Neutro equivalem a 100 e 0 pontos, respectivamente.

Com base nas respostas do decisor, referentes à diferença de atratividade de todos os níveis de desempenho, é formada uma matriz semântica (descrições verbais). O *Macbeth* organiza todos os julgamentos semânticos por meio de equações lineares e, com a ajuda de um modelo de programação linear, são geradas funções de valor que atendem a todos os juízos de valor fornecidos pelo decisor. Com a finalidade de ilustrar o processo de transformação das escalas ordinais em escalas cardinais, escolheu-se o descritor “Custos na alimentação”, conforme a Figura 22.

Figura 22 – Transformação de escala ordinal em escala cardinal



Fonte: autoria própria (2022).

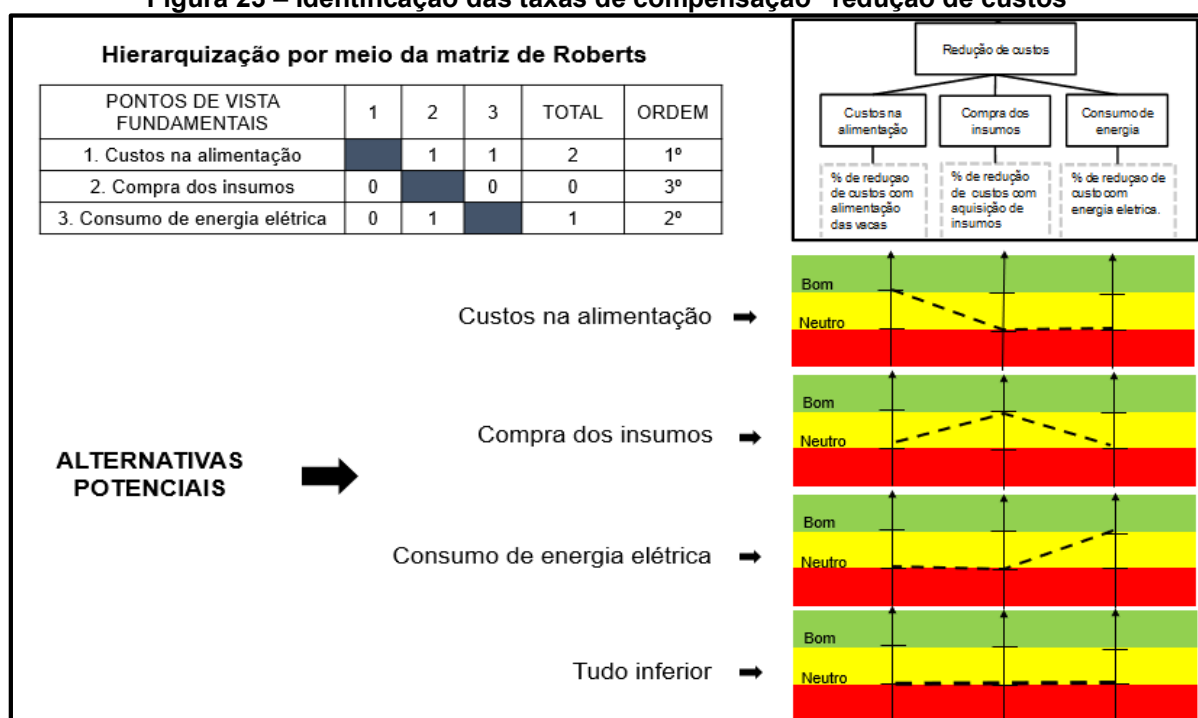
O descritor 1 – Custos na alimentação, possui 5 níveis de referência. Observa-se a matriz de julgamento feita pelo decisor, localizada na parte superior da figura, por meio dela é gerado a escala cardinal. Esse processo foi realizado para todos os 17 descritores do modelo de escolha de alternativas de investimentos da bovinocultura leiteira. Dessa forma, chegou-se à Função de Valor e conseqüentemente à escala cardinal para todos os descritores, que estão no Apêndice D.

4.1.2.3 Identificação das taxas de compensação

Para que seja possível a comparação entre diferentes perfis de impactos nos níveis mais estratégicos do modelo, é preciso identificar as taxas de compensação dos critérios (ENSSLIN *et al.*, 2001; ENSSLIN *et al.*, 2010). Dessa forma, depois de concluída a transformação das escalas ordinais em escalas cardinais, e a legitimação dessas escalas pelo decisor, inicia-se a construção das taxas de compensação que desenvolvem o conhecimento relativo à contribuição de cada critério para o modelo global.

A figura 23 ilustra as taxas de compensação por meio do julgamento do decisor.

Figura 23 – Identificação das taxas de compensação “redução de custos”

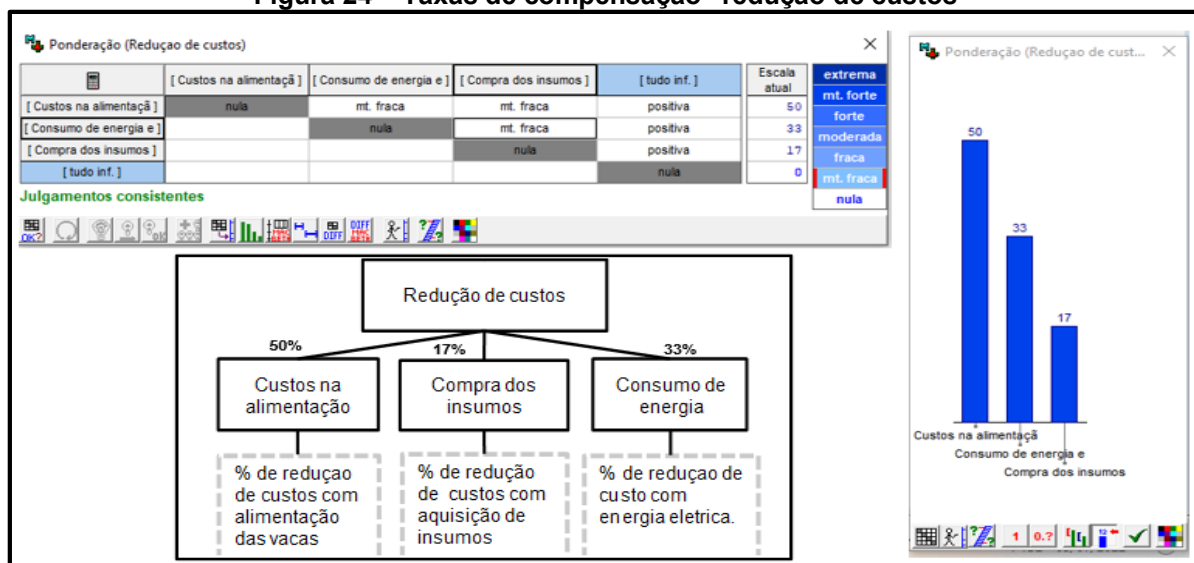


Fonte: autoria própria (2022).

O primeiro passo para identificar as taxas de substituição é hierarquizar os descritores por meio da matriz de Roberts (1979), que consiste em solicitar ao decisor a preferência entre os descritores. No exemplo, perguntou-se ao decisor qual era a preferência entre o ponto de vista: custo na alimentação e compra de insumos, sendo que o decisor optou pelo ponto de vista custos na alimentação. Dessa forma, coloca-se 0 para compra de insumos e 1 para a custos na alimentação. Realiza-se esse procedimento para as demais combinações e ao final tem-se a hierarquização de preferência do decisor.

Após essa etapa é utilizado o *software Macbeth*, para gerar as taxas de compensação, conforme ilustra a Figura 24.

Figura 24 – Taxas de compensação “redução de custos”



Fonte: autoria própria (2022)

Visualiza-se as escalas geradas para cada alternativa ao lado dos julgamentos, sendo elas: 50% a taxa para o descritor de “Custos na alimentação”, 33% para “consumo de energia” e 17% para “compra de insumos”.

O mesmo processo foi realizado para todos os pontos de vista, estratégicos, táticos e operacionais, permitindo que o decisor identifique quais critérios tem maior ou menor impacto de acordo com as taxas de compensação, para realizar a sua escolha das alternativas de investimentos. As demais taxas de compensação estão expostas no Apêndice E.

4.1.2.4 Identificação do perfil de impacto

As funções de valor e as taxas de compensação permitem realizar a avaliação global de desempenho de cada alternativa de investimentos (*status quo*) construída com o decisor. O Quadro 6 apresenta as alternativas de investimentos construídas entre conversa da facilitadora e decisor.

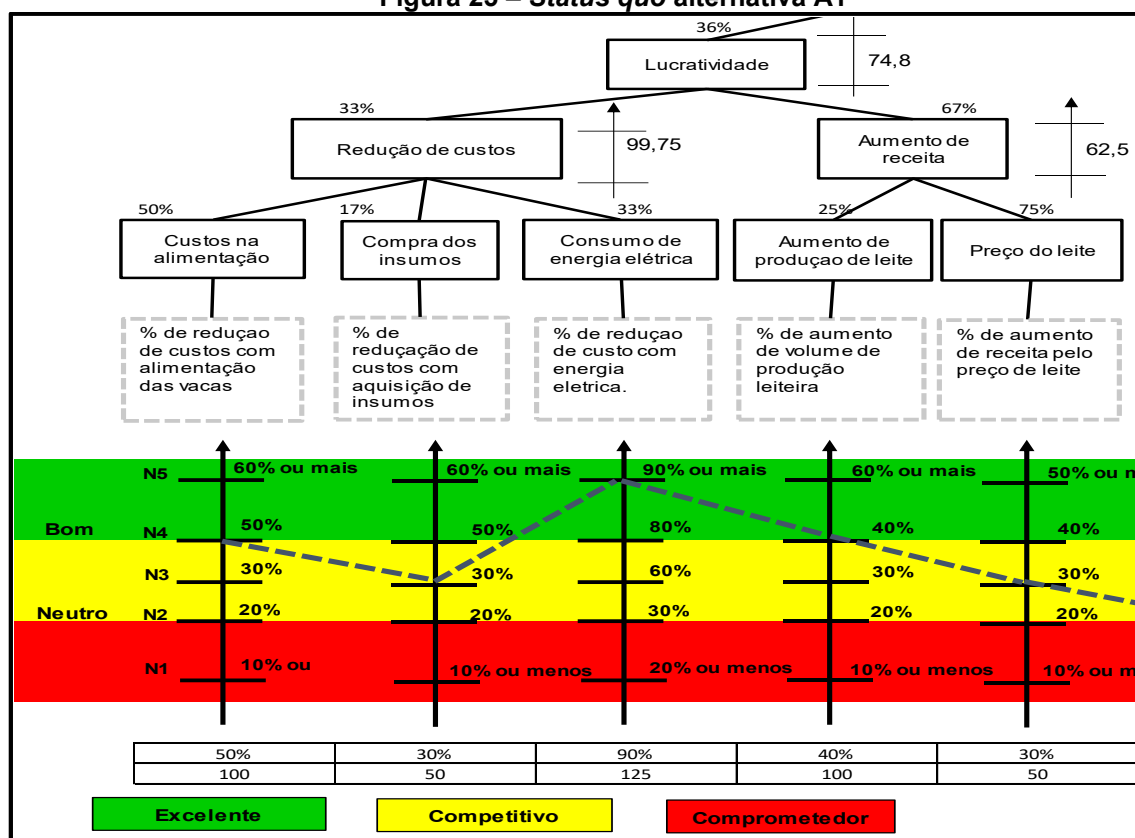
Quadro 6 – Alternativas de alternativas de investimentos

A1	A2	A3	A4
<i>Compost Barn</i>	<i>Compost Barn</i>	<i>Free stall</i>	<i>Free stall</i>
Ordenha mecanizada	Robotização da ordenha	Robotização da ordenha	Ordenha mecanizada
Sistemas Fotovoltaicos	Biodigestor	Sistemas Fotovoltaicos	Biodigestor

Fonte: autoria própria (2022).

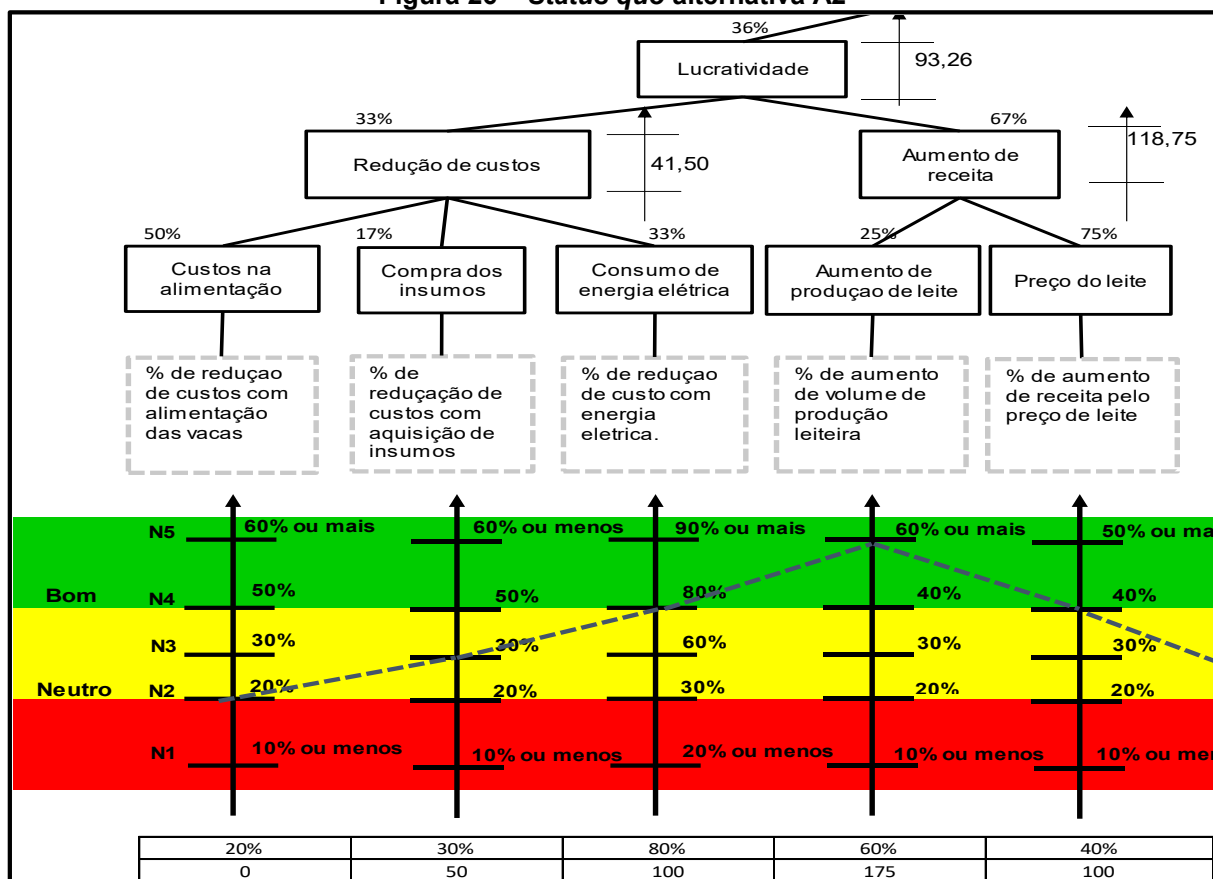
Na figura 25 e 26 pode-se observar um comparativo do *status quo* da alternativa A1 e alternativa A2, respectivamente, do PVF Lucratividade.

Figura 25 – Status quo alternativa A1



Fonte: autoria própria (2022).

Figura 26 – Status quo alternativa A2



Fonte: autoria própria (2022).

A identificação do *status quo* de cada PVE do modelo resulta da soma das multiplicações da taxa de compensação pela escala cardinal dos descritores. A Equação do Quadro 7 calcula o *status quo* do PVE Redução de custos descrito na Figura 26.

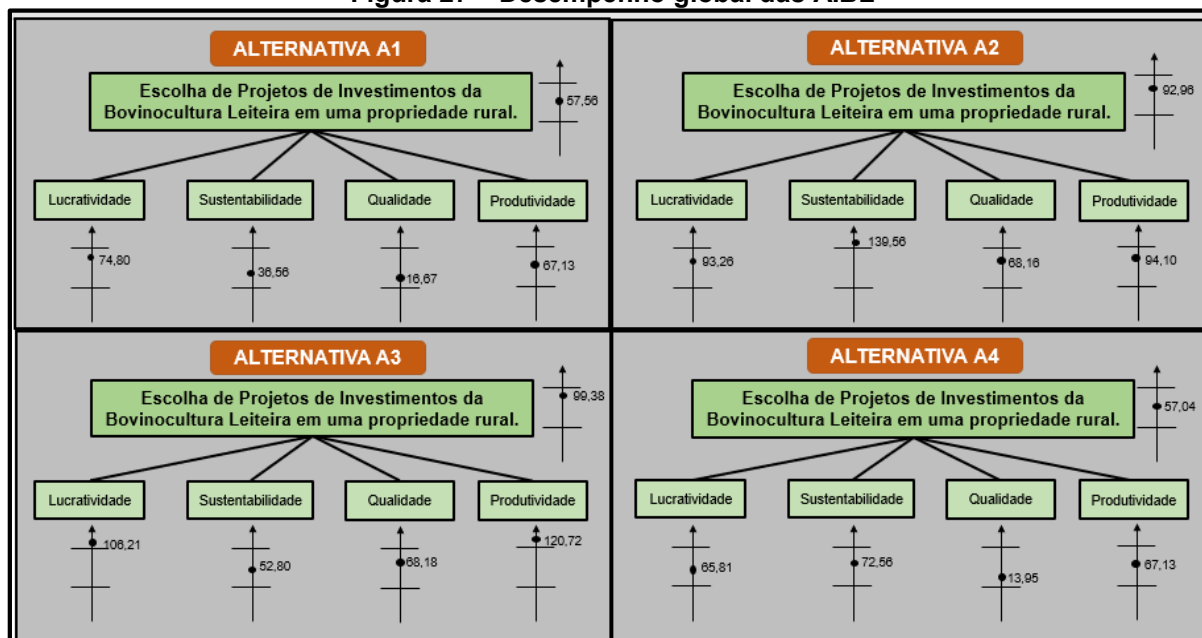
Quadro 7 – Equação *status quo*

Redução de custos	
Taxa de compensação	33%
Custos na alimentação	
Taxa de compensação	50%
Escala cardinal	0
Compra dos insumos	
Taxa de compensação	17%
Escala cardinal	50
Consumo de energia elétrica	
Taxa de compensação	33%
Escala cardinal	100
Aplicação da equação PVE Redução de custos	
$V = (0,50 \times 0) + (0,17 \times 50) + (0,33 \times 100)$	
V = 41,50	

Fonte: autoria própria (2022).

Repetindo esse processo, utilizando a equação em todos os demais PVE e PVF, foi possível identificar o desempenho do *status quo* em cada nível do modelo e assim ter o desempenho atual de cada alternativa de Investimento da Bovinocultura Leiteira, em cada nível organizacional (estratégico, tático e operacional), chegando ao desempenho global de cada AIBL, conforme ilustra a Figura 27.

Figura 27 – Desempenho global das AIBL



Fonte: autoria própria (2022).

Conforme pode-se observar na Figura 27, a AIBL que teve o melhor desempenho foi A3 que é composto por *Free stall*, Robotização da ordenha, Sistemas Fotovoltaicos. Verifica-se que o desempenho global do mesmo ficou em 99,38, considerado nível bom, ou seja, próximo ao nível de excelência.

Observa-se que pelo modelo ser compensatório a alternativa de investimento A3 ganha em lucratividade e produtividade, perdendo em sustentabilidade, em relação à alternativa de investimento A2, que tem melhor desempenho em sustentabilidade, porém perde em lucratividade e produtividade. Os modelos completos de cada AIBL estão no Apêndice F.

4.1.2.5 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade é o exame da robustez das respostas do modelo frente a alterações nos parâmetros do mesmo. Ela permite que se saiba se uma

pequena alteração, por exemplo, da taxa de compensação de um critério, vai causar uma grande variação nas alternativas de PI.

A análise de sensibilidade baseada nas variações das taxas de compensação do modelo é feita alterando-se estes parâmetros e verificando as modificações que, por ventura, possam ocorrer na avaliação das ações (alternativas). Se o resultado final sofrer grandes alterações devido a pequenas flutuações nas taxas de compensação, o modelo não é robusto em relação a estes parâmetros (ENSSLIN *et al.*, 2001).

Para realizar a análise de sensibilidade escolhe-se a taxa de um dos critérios e modifica-se o seu valor. Entretanto, esta alteração também afeta as demais taxas de compensação do modelo, pois a soma das taxas deve ser igual a 1. Assim, as demais taxas devem ser recalculadas de tal forma que as proporções entre elas não se modifiquem. O Quadro 8 apresenta o desempenho global das alternativas sem alteração nas taxas de compensação.

Quadro 8 – Desempenho global sem alteração nas taxas

Tabela original						
	w1	w4	w3	w2		
Taxas de compensação	36%	9%	19%	36%	Global	Posição
Alternativas	Lucratividade	Sustentabilidade	Qualidade	Produtividade		
A1	74,8	36,56	16,67	67,13	57,55	3
A2	93,26	139,56	68,16	94,1	92,96	2
A3	106,21	52,8	68,18	120,72	99,40	1
A4	65,81	72,56	13,95	67,13	57,04	4

Fonte: autoria própria (2022).

Para realizar a análise numérica usa-se a seguinte Fórmula:

$$W'_n = \frac{W_n \cdot (1 - W'_1)}{(1 - W_1)}$$

Para fazer a análise de sensibilidade do modelo foi realizado um acréscimo de 10% na taxa de compensação do critério Lucratividade, 10% de 36=3,6%. Ou seja, a nova taxa de lucratividade ficou em 39,6% e usando a fórmula foi possível identificar as novas taxas dos demais critérios. O Quadro 9 apresenta o resultado das novas taxas.

Quadro 9 – Acréscimo de 10% no critério lucratividade

Acréscimo de 10% na Lucratividade						
	w1	w4	w3	w2		
Taxas de compensação	39,6%	8,4%	18,0%	34,0%	Global	Posição
Alternativa/critérios	Lucratividade	Sustentabilidade	Qualidade	Produtividade		
A1	74,8	36,56	16,67	67,13	58,5	3
A2	93,26	139,56	68,16	94,1	92,9	2
A3	106,21	52,8	68,18	120,72	99,8	1
A4	65,81	72,56	13,95	67,13	57,5	4

Fonte: autoria própria (2022).

Foi realizado outra análise, reduzindo 10% na taxa de compensação do critério lucratividade, que gerou uma nova taxa de 32,4% para lucratividade e consequentemente alterando a taxa dos demais critérios para que a soma de todos seja igual a 100%. O Quadro 10 apresenta os resultados dessa alteração na taxa.

Quadro 10 – Redução de 10% no critério lucratividade

Redução de 10% na Lucratividade						
	w1	w4	w3	w2		
Taxas de compensação	32,4%	9,6%	20,0%	38,0%	Global	Posição
Alternativa/critérios	Lucratividade	Sustentabilidade	Qualidade	Produtividade		
A1	74,8	36,56	16,67	67,13	56,6	3
A2	93,26	139,56	68,16	94,1	93,0	2
A3	106,21	52,8	68,18	120,72	99,0	1
A4	65,81	72,56	13,95	67,13	56,6	4

Fonte: autoria própria (2022).

Após a realização da análise pode-se concluir que com alteração de 10% para mais e para menos, o modelo se apresenta robusto, não apresentando alteração de posição das alternativas.

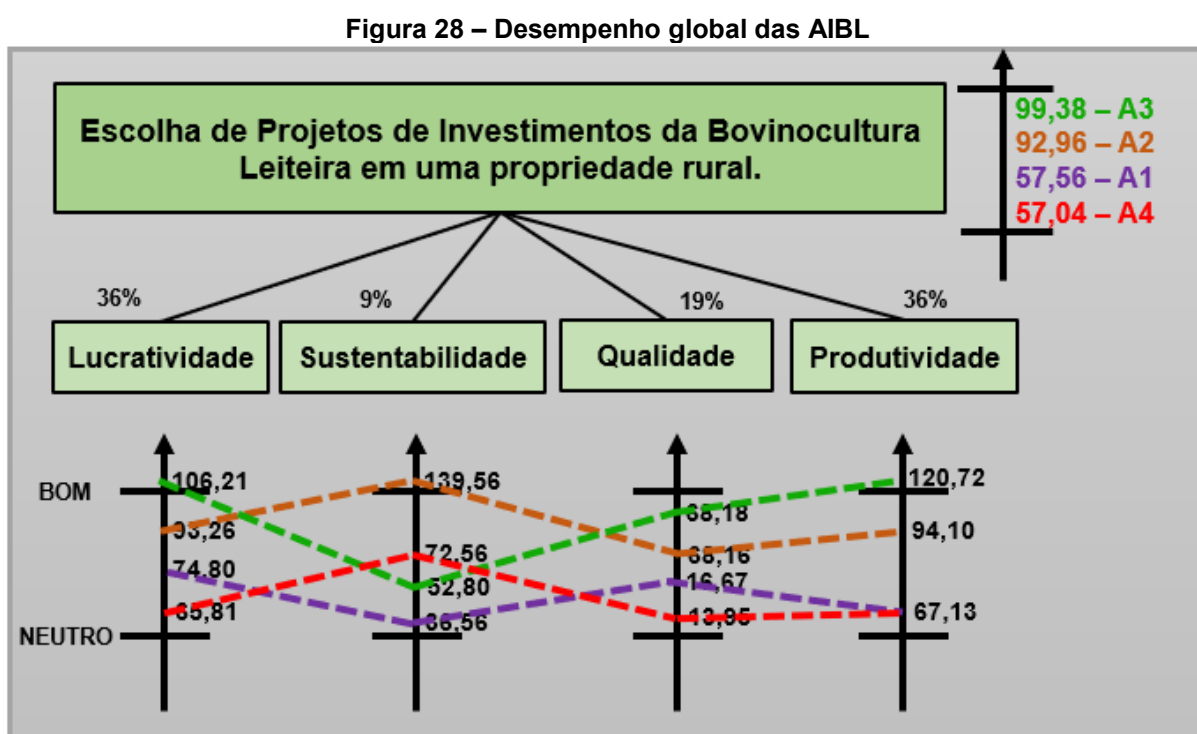
Foram realizadas mais análises considerando que “lucratividade” não tenha nenhuma contribuição, ou seja, taxa de compensação 0%. E, considerando que tenha contribuição total, ou seja, taxa de compensação de 100%, outra análise realizada foi uma alteração na taxa de compensação da lucratividade de 20% para mais e para menos.

Todas as análises realizadas não tiveram alteração na posição das alternativas. Permanecendo no ranqueamento a posição de A3 – A2 – A1 – A4 respectivamente. Essa análise está completa no Apêndice G.

Diante do exposto, observa-se que a análise de sensibilidade é um recurso que permite uma melhor compreensão do modelo e suas taxas de compensação. O conhecimento gerado até o momento permitiu desenvolver o modelo de escolha de AIBL.

4.1.3 Fase de recomendações

A fase de recomendações possui o intuito de apresentar junto ao decisor o resultado final das alternativas de investimento de BL que tiveram o melhor desempenho, de acordo com os objetivos do mesmo. A Figura 28 ilustra o desempenho de cada uma das alternativas.



Fonte: autoria própria (2022).

Para concluir essa fase, serão apresentadas as análises de viabilidade econômica da alternativa de investimento que teve melhor colocação no ranqueamento que o MCDA-C permitiu realizar.

4.2 Discussões dos Resultados do Modelo

A escolha de alternativas de investimentos na área rural é um dos principais desafios da pesquisa agropecuária, em termos da geração e adaptação de tecnologias que garantam rentabilidade econômica e, ao mesmo tempo, que reduzam os impactos ambientais. Para os agricultores, essa escolha é uma decisão complexa, que visa atender a diversos e, muitas vezes, conflitantes objetivos.

Para a construção do modelo foram realizadas entrevistas com o produtor rural, conforme o andamento observou-se a construção de conhecimento para identificar os objetivos necessários e suficientes para a avaliação do contexto em que ele está inserido.

De forma geral, inicialmente para a construção da fase de estruturação, foi identificado o problema do contexto, a importância da construção do modelo e a sua justificativa. Posteriormente, identificou-se as principais preocupações do contexto decisório de acordo com o ponto de vista do decisor, sendo apresentadas em 22 elementos primários de avaliação (EPAs).

Os EPAs foram transformados em conceitos orientados a ação, inicialmente 60 conceitos. Posteriormente, ao gerar mais conhecimento no decisor, foram suprimidos 37 e elaborados 6 novos conceitos orientados a ação, resultando em 29 conceitos (durante a construção dos mapas cognitivos), comprovando a geração de conhecimento no decisor que a metodologia MCDA-C propõe.

Na sequência, após identificar todos os objetivos necessários do contexto, foram organizados em uma estrutura hierárquica de valor, sendo possível a construção dos descritores em escala ordinal do modelo.

Em seguida, na fase de avaliação transformou-se as escalas ordinais dos descritores em escalas cardinais, e identificando suas taxas de compensação, evidenciando que o perfil de desempenho do contexto apresenta-se em nível competitivo.

O modelo finalizado para a propriedade em estudo, objetivando os desejos particulares do decisor, permitiu construir um processo de conhecimento mais amplo da atividade leiteira, bem como de toda a propriedade rural, que se sustenta com o desenvolvimento da produção leiteira.

Outros estudos publicados corroboram com essa afirmação. Nagaoka *et al.* (2012) destacam o aspecto prático ao propor a utilização de um processo ilustrado por um modelo para apoiar a gestão de uma fazenda experimental, que está inserida em um contexto no qual o decisor não consegue explicitar o que deve considerar para avaliar o contexto. O fato de o modelo ser específico para o responsável pela gestão, permite ao gestor visualizar as consequências de suas ações nos aspectos que ele acredita serem os mais relevantes para sua situação em particular. Evidencia também que apesar de o modelo ser personalizado, representa os valores e preferências de

um decisor, o processo utilizado é genérico, podendo ser utilizado por outros gestores, desde que readequado para a realidade e particularidades.

Piovesani *et al.* (2015) com a construção do modelo baseado do MCDA-C, identificou o desempenho global da propriedade em estudo e pode contribuir com sugestões para melhoria de desempenho. Ressaltando que foram construídos indicadores financeiros e não financeiros particulares da propriedade e foram mensurados por meio de escalas ordinais e cardinais. Neste contexto pode-se concluir no cotejamento com a literatura que a pesquisa possui um aspecto particular, voltado para a pequena propriedade em estudo e o entendimento que o decisor possui dela e das variáveis que impactam o desempenho.

Estudos que utilizaram essa metodologia no meio rural já resultaram em apoio no processo decisório de propriedades rurais. Entre eles, destacam-se: Reck e Schultz (2017), Piovesani *et al.* (2015), Nagaoka *et al.* (2012) e Xavier *et al.* (2012). Porém, todos os achados são de melhoramento na gestão da propriedade. Portanto, o presente estudo construiu um modelo de apoio na escolha de alternativas de investimentos na bovinocultura leiteira, para melhorar e garantir a continuidade dessa atividade na propriedade em estudo.

4.3 Apresentação dos Resultados da Viabilidade Econômica

Ao finalizar a construção do modelo multicritério construtivista (MCDA-C) foi possível identificar a alternativa de investimento (AI) que teve melhor desempenho para a propriedade rural, seguindo os objetivos e desejos do proprietário rural e sua família. Conforme apresentado nas seções anteriores, a alternativa que correspondeu a essas percepções foi o A3, a qual é composta por: *Free stall*, robotização de ordenha e sistemas fotovoltaicos.

Seguindo os objetivos desse estudo, será apresentada a avaliação da viabilidade econômico-financeira de implantação dessa alternativa na propriedade rural. Para realizar essa avaliação, foram realizadas pesquisas de orçamento inicial e manutenção ao longo do tempo.

A propriedade em estudo, já qualificada na seção 4.2.1.1, tem interesse em investir na continuidade, ampliação e modernização da atividade leiteira. Para isso, foram feitos os levantamentos da situação atual. Porém, para a viabilidade econômica,

será considerado somente o que essa alternativa vai agregar em relação as atuais receitas e despesas, ou seja, foco na diferença como preconiza a área de Engenharia Econômica (LIMA *et al.*, 2015).

O investimento inicial (FC_0) da alternativa selecionada, leva em consideração os equipamentos necessários para implantação dos mesmos na propriedade. A Tabela 02 apresenta o orçamento detalhado desse investimento.

Tabela 2 – Dados sobre o Investimento Inicial (FC_0) orçado

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Matrizes	20	9.000	180.000
Barracão <i>Free stall</i>	1	380.000	380.000
Divisórias	60	130	7.800
Bebedouros	2	6.600	13.200
Ventiladores	6	4.500	27.000
Aspersor	1	30.000	30.000
Cama	1	15.000	15.000
<i>Scraper</i>	1	29.000	29.000
Robô	1	1.000.000	1.000.000
Sistema Fotovoltaico	1	78.000	78.000
TOTAL			1.760.000

Fonte: autoria própria (2022).

O investimento inicial (FC_0) inclui a aquisição de 20 matrizes, para somar às existentes na propriedade, a construção de um barracão com todos os equipamentos necessários para viabilizar a produção leiteira, um robô para ordenha e uma sistema fotovoltaico, totalizando R\$ 1.760.000,00.

Na sequência, foram orçados os custos de operação e manutenção (CO&M) desse investimento (valores médios anuais). Os valores estimados estão detalhados Tabela 03.

Tabela 3 – Dados sobre os Custos de Operação e Manutenção estimados anuais

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$/L)	Valor total (R\$)
Custos da atividade leiteira	1	970.000	970.000
Custos de manutenção robô	1	66.000	66.000
Manutenção preventiva painéis	1	500	500
TOTAL			1.036.500

Fonte: Autoria própria (2022).

Vale ressaltar que os valores de custos com atividade leiteira são somente os valores a mais que a propriedade vai ter com a implantação dessa alternativa. O custo

de manutenção do robô foi orçado com o fabricante, bem como o sistema fotovoltaico, com a empresa especializada.

As receitas esperadas com esse investimento foram calculadas pela venda do leite *in natura*. A quantidade utilizada para cálculo da receita é somente o acréscimo previsto com a compra de mais matrizes e a robotização da ordenha. Os dados esperados estão apresentados na Tabela 04.

Tabela 4 – Dados sobre as Receitas esperadas

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Leite in natura	504.000	2,90	1.461.600
		TOTAL	1.461.600

Fonte: Autoria própria (2022)

Conforme entrevista com o proprietário, foi possível mensurar a média de leite produzida no último ano, e calcular a diferença de produção com o investimento. O preço calculado foi baseado no índice CEPEA do preço médio de mercado do estado de Santa Catarina. O valor esperado anual é R\$ 1.461.600,00. A partir desses dados foi possível projetar o Fluxo de Caixa (FC) necessário para a análise de viabilidade econômica (VE). O valor anual do FC foi estimado em R\$ 425.100,00.

4.3.1 Avaliação da viabilidade econômica da melhor alternativa de investimento

Seguindo o fluxograma apresentado na metodologia, a próxima fase consistiu na avaliação de VE da AI. Após ser identificado que a AI não tem flexibilidade gerencial, foi aplicado a Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA), com suporte do aplicativo web \$AVEPI®.

O aplicativo foi preenchido com as seguintes informações sobre a AI: (i) Taxa Mínima de Atratividade (TMA) igual a 10% ao ano obtida com base na taxa de mercado (SOUZA; CLEMENTE, 2009; BABAEI; ABDOLLAH, 2022); (ii) Horizonte de planejamento (N) igual a 10 anos; (iii) Investimento inicial (FC₀), o qual foi detalhado na Tabela 02; (iv) Fluxo de Caixa (FC) anual igual a R\$ 425.100,00, considerado constante; e (v) valor Residual (VR), o qual foi considerado nulo. Com base nesses dados, a plataforma digital gerou os indicadores da MMIA, os quais estão apresentados no Quadro 11. Com base nessas informações foi possível fazer uma classificação das três dimensões da MMIA: retorno, risco e sensibilidades, conforme ilustra Figura 29.

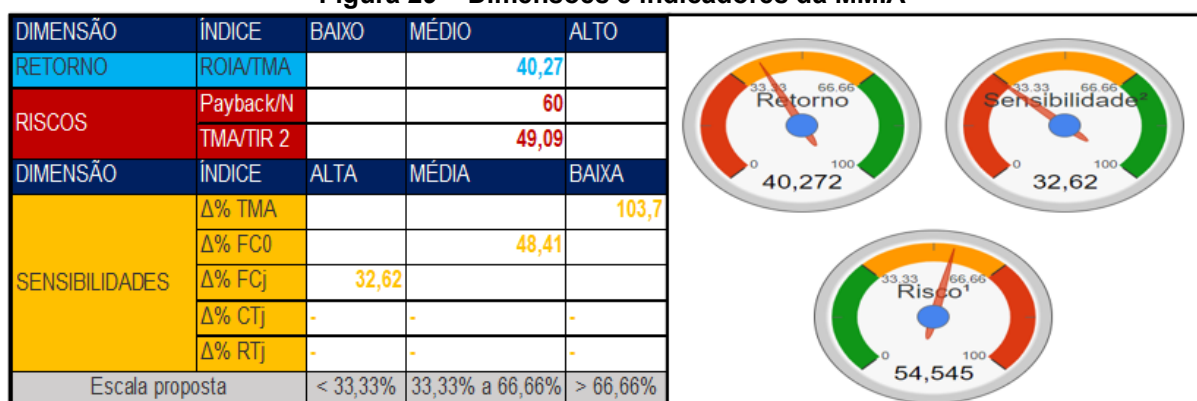
Quadro 11– Avaliação econômica da alternativa de investimento

Dimensão	Indicador	Valor esperado
Retorno	Valor Presente – VP (R\$)	2.612.055,48
	Valor Presente Líquido – VPL (R\$)	852.055,48
	Valor Presente Líquido Anualizado – VPLA (R\$)	138.668,11
	Índice Benefício/Custo – IBC	1,4841
	Retorno Adicional sobre o Investimento – ROIA (%)	4,03
	Índice ROIA/TMA (%)	40,27
Riscos	Payback	6 anos
	Taxa Interna de Retorno – TIR (%)	20,37
	Índice Payback/N (%)	60
	Índice TMA/TIR (%)	49,09
Sensibilidades: Limites de Elasticidade (LEs)	$\Delta\%$ TMA (variação percentual)	103,7
	$\Delta\%$ FC ₀ (variação percentual)	48,41
	$\Delta\%$ FC _j (variação percentual)	32,62
	$\Delta\%$ FC ₀ e FC _j (variação percentual)	19,49
	$\Delta\%$ TMA e FC ₀ (variação percentual)	33
	$\Delta\%$ TMA e FC _j (variação percentual)	24,81
	$\Delta\%$ FC ₀ e FC _j e TMA (variação percentual)	16,41
Sensibilidades: Valores-limite (VLs)	TMA (%)	20,37
	FC ₀ (R\$)	2.612.055,48
	FC _j (1 a 9) (R\$)	286.431,89
	FC ₁₀ (R\$)	286.431,89

Nota: dados obtidos com base nos resultados do \$AVEPI®

Fonte: autoria própria (2022).

Figura 29 – Dimensões e indicadores da MMIA



Nota: dados obtidos com base nos resultados do \$AVEPI®

Fonte: autoria própria (2022).

Na dimensão retorno, a AI apontada pela MCDA-C necessita de um aporte de capital (FC₀) da ordem de R\$ 1.760.000,00. Espera-se que esse investimento produza R\$ 2.612.055,48 (VP). Isso implica em um retorno líquido total (VPL) de R\$ 852.055,48 em 10 anos, equivalente a R\$ 138.668,11 por ano (VPLA). Vale ressaltar que esse

ganho sempre é o adicional ao oportunizado pelo mercado, o qual está representado pela TMA igual a 10% ao ano. Para esse PI, a cada unidade monetária investida, há a expectativa de retorno de 1,4841. Isso é equivalente a um ganho de 4,03% ao ano, além da TMA anual de 10%. O retorno fica melhor expresso pelo índice ROIA/TMA (SOUZA e CLEMENTE, 2009), cujo valor obtido é de 40,27%. Isso permite classificar o investimento como retorno de grau médio (de 33,33% a 66,66%), segundo a escala proposta por Lima *et al.* (2018).

No tocante a dimensão riscos, a AI apresenta expectativa de *Payback* em aproximadamente 6 anos. O índice *Payback/N* é de 60,00%, ou seja, a AI tem que ser promissora em pelo menos 60,00% da vida estimada para apresentar retorno financeira. Por outro lado, o índice TMA/TIR resultou em 49,09%, representando a razão entre o percentual oferecido pelo mercado (TMA) e o rendimento máximo esperado pela AI. Isso permite categorizar o investimento como risco de grau médio (de 33,33% a 66,66%), segundo a escala proposta por Lima *et al.* (2018).

Na análise de sensibilidades, para a AI em estudo, a TMA admite uma variação máxima de 103,70% antes de torná-lo economicamente inviável, sendo o valor-limite igual a 20,37% (TIR). Por outro lado, o investimento inicial (FC_0) suporta um acréscimo de até 48,41%, sendo o valor-limite igual a R\$ 2.612.055,48 (VP). Já o FC permite uma redução máxima 32,62%, sendo o valor-limite igual a R\$ 286.431,89.

Com base nesses resultados (valor abaixo de 33,33%, indicando uma alta sensibilidade), aplicou-se a SMC também com suporte da ferramenta computacional \$AVEPI[®]. Vale ressaltar que o objetivo da SMC é melhorar a percepção de risco da implantação da AI selecionada pelo MCDA-C. Assim, a SMC vai produzir resultados mais robustos para subsidiar o processo decisório.

4.3.2 Avaliação de viabilidade econômica via SMC

A necessidade da utilização da SMC é mais acentuada em investimentos que apresentam sensibilidade alta. Na AI selecionada pela MCDA-C, o índice que requer uma maior atenção é a variável Fluxo de Caixa (FC). Contudo, a TMA e o investimento inicial (FC_0) também foram considerados como variáveis aleatórias. A Tabela 05 apresenta a configuração adotada para a SMC.

Tabela 5 – Configuração adotada para a SMC

Parâmetro	Valor mínimo	Valor mais provável	Valor máximo
TMA (%)	5%	10%	14,25%
FC ₀ (R\$)	1.584.000,00	1.760.000,00	1.936.000,00
FC (R\$)	340.080,00	–	510.120,00

Fonte: autoria própria (2022).

Ao todo, foram geradas 100.000 simulações pseudoaleatórias com apoio da ferramenta digital \$AVEPI[®], nas quais o horizonte de planejamento (N) foi mantido fixo em 10 anos (conforme Quadro 12_. A TMA teve sua variação, seguindo uma distribuição de probabilidades triangular, com valores variando de 5% valor mínimo a 14,25% valor máximo, valores baseados no comportamento histórico da Taxa Selic nos últimos anos. O FC seguiu com uma distribuição triangular, com valores mínimos iguais a 80% dos valores mais prováveis e valores máximos iguais a 120% dos valores-base. O FC₀ seguiu uma distribuição de probabilidade uniforme, com variação de mais ou menos 10%. Os gráficos e figuras estão no Apêndice H.

Quadro 12– Estatísticas descritivas e inferenciais obtidas com a SMC

Estatísticas Descritivas	VPL
Quantidade (número de simulações)	100.000
Mínimo (R\$)	172.367,20
Máximo (R\$)	1.815.326,23
Amplitude (Máx - Mín)	1.642.959,03
Média (R\$)	894.364,46
Desvio-padrão (R\$)	251.699,32
Coeficiente de variação: desvio-padrão/média	28,14%
Mediana (R\$)	879.933,34
Estatísticas Inferenciais	VPL
P(VPL < 0): Probabilidade de insucesso financeiro	0,02%
VaR _{5%} (R\$): Valor em Risco	480.355,92
CVaR _{5%} (R\$): Valor em Risco Condicional	413.137,45

Nota: dados obtidos com base nos resultados do \$AVEPI[®]

Fonte: autoria própria (2022).

A SMC melhorou a robustez do nível de risco da decisão de investimento. Assim, a distribuição de probabilidades resultante para o VPL em 100.000 cenários aleatórios, mostra que a probabilidade de insucesso financeiro [P(VPL < 0)] é de 0,02%, ou seja, há 99,98% de possibilidade de sucesso financeiro, considerando a variabilidade incorporada nas simulações.

O valor em risco ($VaR_{5\%}$), significa que há 5% de probabilidade de a AI eleita pela MCDA-C gerar um ganho financeiro abaixo de R\$ 480.355,92. Nesse contexto, espera-se um ganho médio de aproximadamente R\$ 413.137,45 ($CVaR$).

Isto posto, é possível emitir o parecer conclusivo sobre a VE da proposta de investimento. Dado a expectativa média de ganho de R\$ 894.364,46 (VPL médio) e a probabilidade de perda financeira de 0,02% [$P(VPL < 0)$], recomenda-se a implantação da AI selecionada pelo MCDA-C, devido à expectativa de retorno de grau médio, associado a um baixo nível de risco. Portanto, conclui-se pela viabilidade econômico-financeira de implantação da alternativa escolhida pelo modelo multicritério, a qual inclui *Free stall*, robotização da ordenha e sistemas fotovoltaicos.

4.4 Discussões dos Resultados da Viabilidade Econômica

No aspecto econômico-financeiro, a implantação da alternativa A3 mostrou-se economicamente viável, pois os indicadores apresentados são considerados bons, com retorno acima do capital investido. Considerando um horizonte de 10 anos, mantendo o fluxo de caixa projetado, o investimento tem o tempo de retorno em 6 anos. Com a SMC identificou-se que a probabilidade de sucesso da AI é de 99,98%.

Outros estudos corroboram com a aplicação de avaliação da viabilidade econômica (VE) adotada para a condução deste estudo de caso. Lopes *et al.* (2021), no estudo de VE da implantação e instalação de *free stall* para vacas leiteiras, utilizando a SMC, encontraram VPLs positivos para todos os cenários simulados.

A pesquisa de Pacassa *et al.* (2022) sobre a VE do uso de ordenha robotizada, com a aplicação da SMC, encontrou probabilidade nula de o investimento apresentar prejuízos financeiros, dentro da variabilidade analisada. Além disso, os valores para os indicadores de riscos extremos: *Value at Risk* ($VaR_{5\%}$) e *VaR Conditional* $CVaR_{5\%}$ foram positivos, evidenciando a segurança financeira no investimento.

Nespolo *et al.* (2022), no estudo de VE da implantação de sistema fotovoltaico na BL, identificou resultados promissores com a aplicação da MMIA e da SMC. Todos os cenários aleatórios simulados foram positivos. Os indicadores da dimensão riscos mostraram que o projeto apresenta nível baixo, apresentando o retorno do capital investido em aproximadamente 9 anos. A análise dos índices $VaR_{5\%}$ e $CVaR_{5\%}$ mostrou que mesmo os piores cenários considerados apresentam retorno expressivo.

Assim, esses estudos apresentam análises isoladas, ou seja, avaliam a VE da implantação de apenas um projeto de investimento previamente identificado em uma propriedade rural. Por outro lado, a proposta dessa dissertação foi avaliar em conjunto uma alternativa para aumentar a lucratividade da propriedade em estudo. Com interação entre produtor e pesquisador, foi possível fazer um levantamento dos dados necessário para a avaliação da VE de implantação de alternativas de investimentos em conjunto, e concluir que a proposta é economicamente viável.

Portanto, a decisão de investir em novas tecnologias precisa ser avaliada sob o crivo de um método multicritério, seguido por uma adequada avaliação da VE da agregação de valor e dos riscos associados ao investimento.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este estudo propôs construir um modelo de escolha e avaliação de alternativas de investimentos da bovinocultura leiteira. Para atender aos objetivos iniciais foi realizada uma RSL, na qual foram obtidos trabalhos e pesquisas relevantes ao assunto. Dessa forma, pode-se observar lacunas na literatura, referentes ao paradigma construtivista, adotado pela pesquisa. Assim, identificou-se oportunidades como a construção de um modelo que auxilie na escolha e avaliação de alternativas de investimentos ligados a produção leiteira.

Em relação à análise da viabilidade econômica, nos trabalhos encontrados na literatura, são avaliados somente projetos individuais, ou comparativos entre um investimento ou outro. Com isso, essa pesquisa desenvolveu um estudo para identificar alternativas de investimentos com a participação do produtor rural, buscando ranquear a alternativa com melhor desempenho apoiada em um modelo multicritério, nos critérios definidos pelo decisor.

Com essa interação foi possível responder à problemática dessa pesquisa: quais alternativas de investimentos (AI) na bovinocultura leiteira (BL) devem ser escolhidos e quais são economicamente viáveis. Com a construção do modelo foi possível identificar a melhor alternativa com 99,38 pontos de nível de desempenho, ou seja, próximo ao nível de excelência, seguindo os critérios do modelo MCDA-C.

Em relação à análise de viabilidade econômica, pode-se observar que a metodologia clássica é a mais amplamente conhecida e disseminada, devido a facilidade no cálculo, porém, esta não considera a análise do risco do investimento em diferentes cenários. Dessa forma, ao utilizar 100 mil interações por meio do SMC foi possível obter dados mais confiáveis e que permitiram uma decisão mais assertiva. Assim, este estudo contribui ao evidenciar a aplicabilidade da técnica de SMC em conjunto com a MMIA, sendo esta abordagem útil para avaliar a viabilidade econômica de alternativas de investimentos da bovinocultura leiteira.

Apesar do alto investimento, tem-se diversas vantagens associadas à alternativa escolhida: *Free stall*, robotização da ordenha e sistemas fotovoltaicos - que além dos benefícios econômicos, têm um destaque na melhoria da qualidade de vida, aumentando o nível de produtividade do leite, bem como, gerando sustentabilidade ambiental.

Já as desvantagens estão associadas aos altos custos de manutenção. Para que se possa obter maiores retornos, assim como Pacassa *et al.* (2022) apontam em sua pesquisa, mostra-se de extrema relevância que os gestores realizem um gerenciamento adequado dos equipamentos, a fim de adaptar as vacas às novas rotinas e assim gerar qualidade na produção aliado ao bem-estar animal.

Com base na avaliação realizada, foi possível concluir que a implantação da alternativa selecionada pelo MCDA-C é economicamente viável, pois apresenta expectativa de retorno de grau médio, associado a um baixo nível de risco.

A pesquisa contribui com o preenchimento de lacunas identificadas na literatura, pois integra uma metodologia MCDA-C para a escolha de AI com respectiva avaliação de viabilidade econômico-financeira. Adicionalmente, contribui com a propriedade rural, objeto da pesquisa, na escolha e avaliação de AI na atividade de bovinocultura leiteira. Cabe ressaltar que a proposta teórico-metodológica da presente pesquisa poderá ser aplicada em outras propriedades rurais.

A maior contribuição dessa pesquisa foi a integração do MCDA-C (construção do modelo de escolha) com o *framework* (adaptado de recentes pesquisas sobre o tema), para avaliar a alternativa mais bem ranqueada. Já as limitações são os dados, os quais foram usados somente de uma propriedade rural, sendo o modelo singular às decisões e preferências do produtor rural e sua família.

Em razão da limitação do tempo para pesquisa, não foi possível acompanhar a implantação dessa alternativa. Com isso, sugere-se para estudos futuros o acompanhamento e monitoramento dessa alternativa na propriedade em estudo. Para isto, pode ser utilizado os índices de limites de elasticidade e valores-limite da MMIA. Além disso, pode-se replicar a utilização da interação desses métodos de pesquisa em outras propriedades rurais, que tem o objetivo de investir, mas com segurança e confiabilidade nos dados, evitando riscos e melhorando a lucratividade.

Como sugestão de pesquisas futuras, que também são contribuições práticas, de um ponto de vista genérico, para aplicação em outras propriedades, atividades rurais, ou até mesmo outros contextos.

REFERÊNCIAS

- ALTOÉ, J.; GARCIA, A. D.; HORSTH, A. A.; ABREU, R. V. S. de. Viabilidade econômico-financeira na instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica em uma propriedade rural. **Rev. Educ. Meio Ambiente e Saúde**. 2017.
- ASSAF NETO, A. N. **Curso de administração financeira**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- ASSIS, J. de; FERREIRA, J. D.; MARTINS, H. H.; SCHNEIDER, M. B. Cadeia produtiva do leite no Brasil no contexto do comércio internacional. **Rev. Ciência. Empresa**. UNIPAR, Umuarama, v. 17, n. 1, p. 63-93, jan./jun. 2016.
- BANA e COSTA, C. A.; ENSSLIN, L.; CORREA, E. C.; VANSNICK, J.-C. Decision support systems in action: integrated application in a multicriteria decision aid process, **European Journal of Operational Research**, v. 113, n. 2, p. 315-335. 1999.
- BLACK, R.A.; TARABA, J.L.; DAY, G.B.; DAMASCENO, F.A.; BEWLEY, J.M. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, 8060-74, 2013.
- BIGOLIM, T.; MÜHL, J.J.; LIMA, J.M. de. Gestão rural: uma abordagem dos impactos dos custos na atividade leiteira. **Custos e agronegócio on line** - v. 16, Edição Especial, Nov. - 2020.
- BLOSS, R. Robot innovation brings to agriculture efficiency, safety, labor savings and accuracy by plowing, milking, harvesting, crop tending/picking and monitoring. **Industrial Robot: An International Journal**, v.41 (6), p.493 – 499, 2014.
- BORTOLUZZI, S. C. **Proposta teórico-metodológica fundamentada na avaliação de desempenho multicritério para a gestão do relacionamento de arranjo produtivo local (APL) e suas empresas individuais**. 2013, 551f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- BORTOLUZZI, S. C.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Avaliação de desempenho das operações produtivas de uma indústria familiar do ramo moveleiro por meio da metodologia MCDA-C. **XIII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais - SIMPOI 2010**.
- BORTOLUZZI, S. C.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; ALMEIDA, M. O. de. Multicriteria decision aid tool for the operational management of an industry: a constructivist case. **Brazilian Journal of Operations & Production Management** 14, 2017. pp 165-182
- BRITO, E. C. **Produção Intensiva de Leite em Compost Barn: Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

BRUN, R. **Planejamento Estratégico Aplicado a uma Propriedade Rural de Atividade Leiteira.** (Monografia Final de Curso) - Faculdade de Horizontina, Horizontina, 2013.

CARLOTTO, I.; FILIPPI, A. J.; MARCELLO, E. I. Estudo de viabilidade da produção de leite em uma propriedade familiar rural do município de Francisco Beltrão-PR. **Revista Ciências Empresariais UNIPAR**, v. 12, n. 1, p. 95- 109, 2011.

CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) **Casa da Agricultura. Bovinocultura de leite**, São Paulo, 2012.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações.** 2. ed. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier: ABEPRO, 2012.

CENCI N. J.; REIS J. A. F. dos; ZANIN A.; ROSA S. S. da. Ensino, Produção Leiteira e Desenvolvimento Local: Um Estudo Sobre A Região Oeste De Santa Catarina. **RACEF – Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace.** v. 8, n. 1, p. 1-16, 2017.

COPELAND, T; ANTIKAROV, V. **Opções Reais: Um Novo Paradigma para Reinventar a Avaliação de Investimentos**, Rio de Janeiro, Campus, 2002.

CÓRDOVA, H. D. A.; ALESSIO, D. R. M.; CARDOZO, L. L.; THALER NETO, A. Impact of the factors of animal production and welfare on robotic milking frequency. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n.2, p. 238-246,2018.

CORREIA NETO, J. F. **Elaboração e Avaliação de Projetos de Investimento.** 1. ed. São Paulo: Campus, 2009.

COSTA, I. R. B. da; SANTOS, D. F. L. Viabilidade econômica de uma propriedade leiteira modal com opções reais. **Custos e agronegócio on line** - v. 15, Edição Especial, /Abr - 2019.

CÔTE, C.; MASSE, D.I.; QUESSY, S. Reduction of indicator and pathogenic microorganisms by psychrophilic anaerobic digestion in swine slurries. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 1, p. 686-691, 2006.

DAL MAGRO, C.B; DI DOMENICO, D; KLANN, R.C; ZANIN, A. Contabilidade rural: comparativo na rentabilidade das atividades leiteira e avícola. **Custos e agronegócio on line** - v. 9, n. 1 – Jan/Mar - 2013.

DALCHIAVON, A.; HEBERLE, E.L.; FANK, D.R.B.; ZANIN, A. Análise comparativa de custos e produtividade de leite em diferentes sistemas de produção. **Custos e agronegócio on line** - v. 14, n. 3, Jul/Set - 2018.

DAMASCENO, F. A. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model.** 2012. 391 f. Thesis (Program Graduate of Agricultural Engineering's) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

DEMEU, F. A.; LOPES, M. A.; REIS, E. M. B.; LIMA, A. L. R.; Francisval de Melo CARVALHO, F. de M.; PALHARES, J. C. P.; OTENIO, M. H. Economic viability of a canadian biodigester for power generation in dairy farming. **Semina: Ciênc. Agrár. Londrina**, v. 42, n. 1, p. 375-394, jan./fev. 2021.

DI DOMENICO, D; KRUGER, S. D.; MAZZIONI, S. ZANIN, A.; LUDWIG, M. B. D. Índice De Sustentabilidade Ambiental Na Produção Leiteira. **RACE**, Joaçaba, v. 16, n. 4, p. 261-282, jan./abr. 2017.

DIXIT, A.K.; PINDYCK, R.S. **Investment under uncertainty**. New Jersey: Princeton University Press, 1ª Edição, 1994.

DRANKA, G. G., CUNHA, J., LIMA, J. D. de., FERREIRA, P. Economic evaluation methodologies for renewable energy projects. **AIMS Energy**, v. 8, n. April, p. 339–364, 2020.

EDEN, C. Cognitive mapping. **European Journal of Operational Research**, v. 36, p. 01-13, 1988.

EDUCAPOINT. **Manejo da cama no Compost Barn determina a limpeza das vacas**. 2018. Disponível em <https://www.milkpoint.com.br/colunas/educapoint/manejo-da-cama-no-compost-barn-determina-a-limpeza-das-vacas-208244/>. Acesso em 20 set. 2022.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Gado de Leite. Sistema de Produção**. Brasília – DF, 2005.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Raças e tipos de cruzamentos para produção de leite**. Juiz de Fora, MG Agosto, 2009.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Pecuária De Leite No Brasil. Cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF, 2016.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Anuário do leite 2020**. Brasília, DF, 2020.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Multimídia: Banco de Imagens - Vaca da raça Holandesa pastando**. 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/803001/vaca-da-raca-holandesa-pastando>. Acesso em 20 set. 2022.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; LACERDA, R. T. O.; TASCA, J. E. **Proknow-C, Knowledge Development Process – Constructivist**. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil. 2010.

ENSSLIN, L; NETO, G. M.; NORONHA, S. M. **Apoio à Decisão – Metodologia para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001. ISBN 85-7474-093-4.

ENSSLIN, L.; GIFFHORN, E.; ENSSLIN, S. R.; PETRI, S. M.; VIANNA, W. B. Avaliação do Desempenho de Empresas Terceirizadas com o uso da Metodologia Multicritério em Apoio à Decisão Construtivista. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 1, p. 125-152, 2010.

EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2018 - 2019**.

FAO. **Dairy Market Review: Emerging trends and outlook**, December 2020.

FARINA, E.; GARDIN, J. A. C.; BEE, A. M. Análise de viabilidade econômica da atividade de bovinocultura de leite em uma propriedade no município de Pinheiro Preto – SC. **XXII Congresso Brasileiro de Custos** – Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 11 a 13 de novembro de 2015.

FEE - FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA SIEGFRIED EMANUEL HEUSER. **O que é o agronegócio?** 2015.

(FERREIRA, D. ; KRUGER, S. D. ; LIZOT, M. ; TROJAN, F. . Análise dos indicadores de desempenho econômico-financeiros da produção leiteira em propriedades rurais familiares de Formosa do Sul ? SC. **Custos e agronegócio On Line**, v. 16, p. 2-27, 2020.)

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Departamento do Agronegócio. **Outlook FIESP: projeções para o agronegócio brasileiro 2029**. São Paulo, 2020. 84 p.

FISCHER, A.; JUNIOR SANTOS, S.; SEHNEM, S.; BERNARDI, I. Produção e produtividade de leite do Oeste catarinense. **RACE-Revista de Administração, Contabilidade e Economia**, v. 10, n. 2, p. 337-362, 2012.

FRANCO, A. N.; LOPES, M. A. Uso da robótica na ordenha de vacas leiteiras: uma revisão. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**. 2014. Vol 22, número 3, 4: 101-107.

GARCIA, E. C.; OLIVEIRA, D. M.; LUCIANO, R. C. Estudo sobre a utilização da tecnologia nas propriedades leiteiras. In **XI Semana Universitária e X Encontro de Iniciação Científica**. UNIFIMES - Centro Universitário de Mineiros, GO. 2015.

GITMAN, LAWRENCE. J. **Princípios de administração financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GRECA, F. M.; BARDDAL, R. L.; RAVACHE, S. C.; SILVA, D. G.; CATAPAN, A.; MARTINS, P. F. Análise de um projeto de investimento para minimização de quebras de estoque com a utilização da metodologia multi-índices e da simulação de Monte Carlo. **GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 4, n. 3, p. 1092-1107, 2014.

GUARES, S. A.; LIMA, J. D. de; OLIVEIRA, G. A. Techno-economic model to appraise the use of cattle manure in biodigesters in the generation of electric energy and biofertilizer. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 150, p. 1-11, 2021.

HASKELL, M. J.; RENNIE, L.J.; BOWELL, V.A.; BELL, M.J.; LAWRENCE, A.B. Housing system, milk production, and zero-grazing effects on lameness and leg injury in dairy cows. **Journal of Dairy Science, Champaign**, v. 89, n. 11, p. 4259-4266, 2006.

HIRANO, M. Y., SILVA, C. L. Análise da viabilidade do uso de biogás gerado a partir de dejetos bovinos em microturbinas para fins de geração, cogeração e trigeração de energia. **X Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 1, p. 28-41. 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2017**. Resultados definitivos. 2019.

KEENEY, R. L. **Value focused-thinking: a path to creative decision-making**. Cambridge: Harvard Univ. Press, 1992.

KRUGER, S. D.; TRIZOTO, D. C.; GOLLO, V.; MAZZIONI, S.; PETRI, S. M. Análise do Custo-Volume-Lucro da produção agropecuária. **Revista de Estudos Contábeis**, v. 8, n. 14, p. 3-22, 2017.

KRUGER, S. D.; BERGAMIN, W.; GOLLO, V. Viabilidade Econômica-Financeira da Atividade Leiteira no Sistema de Pastoreio e Compost Barn. **XXVI Congresso Brasileiro de Custos** – Curitiba, PR, Brasil, 11 a 13 de novembro de 2019.

KRUGER, S. D.; PESENTE, R.; ZANIN, A. PETRI, S.M. Análise comparativa do retorno econômico-financeiro das atividades leiteira e avícola. **Custos e agronegócio on line** - v. 15, n. 3, Jul/Set - 2019.

LACERDA, R. T. de O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. A performance measurement view of IT project management. **International Journal of Productivity and Performance Management** Vol. 60 No. 2, 2011.

LARICCHIA, C. R. **Estruturação de Problemas Complexos na Agricultura Familiar: CHAP2 e Pesquisa-Ação**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE. Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2015.

LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; OLIVEIRA, G. A.; BATISTUS, D. R.; SETTI, D. A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects. **Int. J. Engineering Management and Economics**. v.5, n.1/2. 2015.

LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; OLIVEIRA, G. A.; BATISTUS, D. R.; SETTI, D. Systematic Analysis of Economic Viability with Stochastic Approach: A Proposal for Investment. In: **Engineering Systems and Networks: The Way Ahead for Industrial Engineering and Operations Management**. Amorim, M.; Ferreira, C.; Vieira Junior, M.; Prado, C. (Org.). v.10, Série 11.786: **Lecture Notes in Management and Industrial Engineering**. 1 ed. Switzerland: Springer International Publishing, 2017, p. 317-325.

LIMA, J. D. de; COLOMBO, J. A.; DRANKA, G. G.; OLIVEIRA, G. A. Ferramenta computacional \$AVEPI como suporte para o processo de ensino e aprendizagem de Engenharia Econômica. In: André Mendonça dos Santos; Bruno Souza Fernandes;

Carolina Izabella A. Ribeiro Andrade; Cristiane Agra Pimentel; Eron Passos Andrade; Luís Oscar Silva Martins. (Org.). **RELATOS DE EXPERIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2021**. 1ed. Rio de Janeiro/RJ: Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO, 2021, v. I, p. 85-104.

LIMA, M. V.; SOARES, T.; HERLING, L. H. D. Aplicação de metodologia MCDA-C na gestão do capital de giro em suinocultura. **RACE**, Unoesc, v. 11, n. 1 Edição Especial Agronegócios, p. 131-150, jan./jun. 2012.

LIZOT, M.; ANDRADE JÚNIOR, P.P. de; LIMA, J.D. de; TRENTIN, M.G.; SETTI, D. Análise econômica da produção de aveia preta para pastejo e ensilagem utilizando a metodologia multi-índice ampliada. **Custos e agronegócio on line** - v. 13, n. 2, Abr/Jun - 2017.

LONGARAY, A. A. **Estruturação de situações problemáticas baseada na integração da Soft Systems Methodology à MCDA-Construtivista**. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis: 2004.

LOPES, M. A.; DEMEU, F. A.; REIS, E. M. B.; LIMA, A. L. R.; CARVALHO, F. de. M.; PALHARES, J. C. P.; COSTA, G. M. da.; PINHEIRO, M. V. G.; DEMEU, A. A. Economic viability of implementing an infrastructure for recycling bedding sand from a free-stall facility for dairy cows. **Semina: Ciênc. Agrár.** Londrina, v. 42, n. 1, p. 361-374, jan./fev. 2021.

LOPES, M.A.; SANTOS, G. dos; CARVALHO, F. de M. Comparativo de indicadores econômicos da atividade leiteira de sistemas intensivos de produção de leite no Estado de Minas Gerais. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 59, n.4, p. 458-465, jul/ago, 2012.

MAIA, G. B. S. **Produção Leiteira no Brasil**. BNDES Setorial 37, p. 371-398, 2013. <http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>.

MACULAN, R.; LOPES, M. A. Ordenha robotizada de vacas leiteiras: uma revisão. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, n. 1, p. 80-87, 2016.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio Brasil 2019/20 a 2029/30**. Brasília/DF, 2020.

MARCHIORO, L. **Avanços advindos da tecnologia familiar, com ênfase na produção leiteira. Um estudo com agricultores de Nova Bassano**. Casca, 2014. Estágio supervisionado curso de administração. UPF, 2014.

MARCONI, M.de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2011.

MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Contabilidade da pecuária**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARQUEZAN, L. H. F.; BRONDANI, G. Análise de investimentos. **Revista Eletrônica de Contabilidade**, v. 3, n. 1, p. 35-final, 2006.

MARTINS, P.; LIMA, E. P. de.; BORTOLUZZI, S. C.; COSTA, S. E. G. da. Performance assessment of the operations strategy of credit unions. **International Journal of Productivity and Performance Management**. Emerald Publishing Limited 1741-0401. 2021.

MARTINS, T.; ZANIN, D.F. Retorno do investimento da pecuária leiteira: uma análise em uma propriedade rural de Nova Esperança do Sudoeste – PR. **Custos e agronegócio on line** - v. 16, Edição Especial, Nov. - 2020.

MINARDI, A. M. A. F.; Teoria de opções aplicada a projetos de investimento. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 74-79, 2000.

MONTEIRO, C.A.; SANTOS, L.S.; WERNER, L. Simulação de Monte Carlo em decisão de investimento para implantação de projeto hospitalar. In: **XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Bento Gonçalves/RS, 2012.

MONTORO, S.B.; LUCAS Jr, J.; SANTOS D. F. L.; COSTA, M. S. S. M. Anaerobic co-digestion of sweet potato and dairy cattle manure: A technical and economic evaluation for energy and biofertilizer production. **Journal of Cleaner Production** 226. 2019.

MUNARETTO, L. F.; DELLARME LIN, S.; ROSIN, R. B. Proposta de metodologia de planejamento estratégico para pequenas propriedades rurais de base familiar. **COLÓQUIO – Revista do Desenvolvimento Regional - Faccat** - Taquara/RS - v. 16, n. 1, jan./jun. 2019.

NAGAOKA, M. da P. T.; ENSSLIN L.; ENSSLIN S. R.; NAGAOKA A. K. Desenvolvimento de modelo para apoiar a gestão de uma fazenda experimental. **RACE**, Unoesc, v. 11, n. 1 Edição Especial Agronegócios, p. 53-74, jan./jun. 2012.

NARDELLI, P. M.; MACEDO, M. A. da. S. Análise de um Projeto Agroindustrial Utilizando a Teoria de Opções Reais: a opção de adiamento. **RESR**, Piracicaba, SP, vol. 49, nº 04, p. 941-966, out/dez 2011.

NESPOLO, S.; GAMA, B. C. da.; GUERRA, V. S.; BATISTA, V. D.; LOPES, V. M. de.; LIMA, J. D. de. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em uma propriedade rural. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente - RAMA** DOI:10.17765/2176-9168.2022v15n3e9419 e-ISSN 2176-9168. 2022.

NOGUEIRA, A. D. M. **Mapeamento de processos da ordenha e análise econômico-financeira de robotização da ordenha**. Dissertação de mestrado Universidade de Cruz Alta. 2018

NORONHA, J. F.; NUNES, C. L. M; G., D. G.; SILVA JÚNIOR, R. P. **Análise da rentabilidade da atividade leiteira no Estado de Goiás**. Goiânia, GO: Ed. UFG, 2001.

OECD/FAO. **Agricultural Outlook 2020-2029**, FAO, Rome/OECD Publishing, Paris, 2020.

OLIVEIRA, N. C. **Contabilidade do agronegócio: teoria e prática**. 2. ed. Curitiba: Juruá, 2010.

OLIVEIRA, E. R. de.; NORONHA, J. F.; FIGUEIREDO, R. S.; SILVA JÚNIOR, R.P. da. Estudo de viabilidade econômica e risco para sistemas de bovinocultura de leite em Piracanjuba, GO. **Revista de Política Agrícola**, Ano XVI – Nº 3 – Jul./Ago./Set. 2007.

OLIVEIRA, P. H.; SANTOS, M. A.; PERDIGÃO, J. G. L.; DORNELAS, J. S.; PERDIGÃO, M. L. P. B. Processo Decisório Empresarial: Um Estudo Na Área Comercial De Uma Multinacional De Pneus – **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, Rio de Janeiro, 2012.

PACASSA, F.; ZANIN, A.; VILANI, L.; LIMA, J. D. de. Análise de viabilidade econômica da implantação da robotização da ordenha em uma propriedade rural familiar. **Custos e agronegócio on line** - v. 18, n. 1, Jan/Mar - 2022.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F.; SOUZA, S. R. L.; LIMA, K. A. O.; MENDES, A. S. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e XXII Congresso Brasileiro de Custos – Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 11 a 13 de novembro de 2015 mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. **Revista Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1492-1498, 2009.

PETRI, J. M.: **Proposta de um framework de avaliação de projetos de investimentos em inovação tecnológica de startup**. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/26013/1/propostaframeworkavaliacaoprjetos.pdg>, 2021.

PIOVESAN, G. T.; LIMA, J. D. de; OLIVEIRA, G. A. Viabilidade econômica da automação de equipamentos: estudo de caso em fábrica de ração suína utilizando a MMIA. **Custos e Agronegocio On Line**, v. 17, p. 145-165, 2021.

PIOVESANI, V.; BORTOLUZZI, S. C.; SILVA, M. R. Avaliação de Desempenho em uma Propriedade Rural de Pequeno Porte do Extremo Oeste de Santa Catarina. **Reuna**, v. 20, n. 3, p. 109-128, 2015.

PUC GOIAS. **Instalações para bovinos leiteiros**. 2018. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/4383/material/Instala%C3%A7oes%20para%20bovinos%20leiteiros%202018%201.pdf>. Acesso em 20 set. 2022.

RASOTO, A.. **Gestão Financeira: enfoque em inovação**. Curitiba: Aymar, 2012.

RECK, A. B.; SCHULTZ G. Aplicação da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão no Relacionamento Interorganizacional na Cadeia da Avicultura de Corte. **RESR**, Piracicaba-SP, Vol. 54, Nº 04, p. 709-728, Janeiro de 2017.

RENEWABLE ENERGY WORLD 2012. **Advantages and disadvantages of Solar Photovoltaic –Quick Pros and Cons of Solar PV**. Retrieved February 25, 2016, from <http://blog.renewableenergyworld.com/ugc/blogs/2012/12/advantages-and-disadvantages-ofsolar-photovoltaic-quick-pros-and-cons-of-solar-pv.html>.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004.

SANTOS, G. M. dos.; SANTOS, G. B.; CASTRO, M. A. S. de. Viabilidade econômica da implantação do sistema compost barn em uma propriedade em São Pedro do Turvo-SP. **ANAIS SINTAGRO**, Ourinhos-SP, v. 11, n. 1, p. 432-438, 22 e 23 out. 2019.

SANTOS, I. M. A. **Análise de investimentos**. 2009 Disponível em: <http://vigo.ime.unicamp.br/Projeto/2009-2/MS777/ms777_ieda.pdf>.

SCHNORRENBERGER, A; FENSTERSEIFER, J.E; MACHADO, J.A.D; OLIVEIRA, L.M. de; SCHMITZ, M.J. Cenários, processo decisório e investimentos nas agroindústrias da cadeia produtiva do leite do Vale do Taquari, RS – Brasil. **Custos e agronegócio on line** - v. 4, Edição Especial - Mai - 2008.

SCHEWE, R. L.; STUART, D. Diversity in agricultural technology adoption: How are automatic milking systems used and to what end?. **Agric Hum Values**, v.32, p.199–213, 2015.

SEBRAE. **Compost Barn: produtividade e qualidade para o setor**. 2015. Disponível em:[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/a_eb6eb8fcfd94f39f41848211c29765d/\\$File/5388.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/a_eb6eb8fcfd94f39f41848211c29765d/$File/5388.pdf).

SILVA, D. F.; PARIZZI, C. **Análise da viabilidade econômico-financeira do projeto de abertura de uma empresa de alimentação coletiva**. Linguagem Acadêmica, Batatais, v. 6, n.1, p. 09-26, jan./jun. 2016. Disponível em: <<https://intranet.redeclaretiano.edu.br/download?caminho=/upload/cms/revista/sumarios/410.pdf&arquivo=sumario1.pdf>>.

SILVA, H. W. da. Produção de biogás utilizando dejetos de vacas leiteiras – uma alternativa viável para redução de impactos ambientais. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR** - ISSN 2358-5420 - 13ª edição – Setembro de 2018.

SINALO, C.; SANTOS, M. V. **Compost Barn: uma alternativa para o confinamento de vacas leiteiras**. Milk Point. 2012. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/mypoint/6239/p_compost_barn_uma_alternativa_para_o_confinamento_de_vacas_leiteiras_4771.aspx>.

SNA – Sociedade Nacional de Agricultura. **Grandes produtores de leite cresceram em 2020**. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/grandes-produtores-de-leite-cresceram-em-2020/> Acesso em 07 de setembro de 2021.

SORENSEN, L.; VIDAL, R. V. V. "The anatomy of soft approaches". **Revista Investigacion Operacional**, v. 24, n. 2, p. 173-188, 2003.

SOSCHINSKI, C.K.; SCHLOTEFELT, J. de O.; BASSO, L.; BRIZOLLA, M.M.B.; FILLIPIN, R. Análise de viabilidade econômica de investimento para produção leiteira. **Custos e agronegócio on line** - v. 14, n. 4, Out/Dez - 2018.

SOUZA, A.; DE OLIVEIRA, A. M. M; FOSSILE, D. K.; ÓGUCHI OGU, E.; DALAZEN, L. L.; DA VEIGA, C. P. Business Plan Analysis Using Multi-Index Methodology: Expectations of Return and Perceived Risks. **SAGE OPEN**, v. 10, 2020.

SOUZA, A. F. de. **Avaliação de Investimentos: uma abordagem prática**. São Paulo: Saraiva, 2007.

SOUZA, A., CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análises de Investimentos: Conceitos, técnicas e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

SOUZA, A. CLEMENTE, A. **METODOLOGIA MULTI-ÍNDICE Um novo olhar sobre a Avaliação de Planos de Negócios**. 10.13140/RG.2.2.22078.61767. 2021.

SOUZA JUNIOR, W. D.; BALDISSERA, J. F.; BERTOLINI, G. R. F. Análise de opções reais aplicada na diversificação da produção rural no estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 57(2), 253-269, 2019.

STEENEVELD, W.; VERNOOIJ, J. C. M.; HOGEVEEN, H. Effect of sensor systems for cow management on milk production, somatic cell count, and reproduction. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 6, p. 3896-3905, 2015.

TASCA, J. E. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal of European Industrial Training**, United Kingston, v. 34, n. 7, p. 631-655, 2010.

TEDESCO, João Carlos. **Terra, salário e família: ethos e racionalidade produtiva no cotidiano camponês**, Campinas, UPF, 1998.

TRIGEORGIS, L. **Real Options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation**. MIT Press, 1996.

TUA RADIO. **Tecnologia no campo: Família Baggio investe em ordenha robotizada**. 2017. Disponível em: <https://www.tuaradio.com.br/Aurora/noticias/agricultura/21-12-2017/tecnologia-no-campo-familia-baggio-investe-em-ordenha-robotizada>. Acesso em 20 set. 2022.

UPTON, J.; HUMPHREYS, J.; KOERKAMP, P. G.; FRENCH, P.; DILLON, P.; BOER, I. J. M. D. Energy demand on dairy farms in Ireland. **Journal of dairy science**, Amsterdã, v. 96, n. 10, p. 6489-6498, out. 2013. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6874>.

USDA - **DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS EUA**. 2020. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/topics/animal-products/dairy>.

VARGAS, L. A. MARTINAZZO, M. R. M. ZANIN, A. Gestão de energia sustentável: o panorama de uma propriedade rural. **XXVI Congresso Brasileiro de Custos** – Curitiba, PR, Brasil, 11 a 13 de novembro de 2019.

VIAN, M.; GOLLO, V.; KRUGER, S.D.; DIEHL, F.J. Análise da viabilidade econômico-financeira das atividades leiteira e suinícola em uma propriedade rural. **Custos e agronegócio on line** - v. 15, n. 1, Jan/Mar - 2019.

VILLALVA, M. G. **Energia solar fotovoltaica: Conceitos e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2015.

VILANI, L. **Proposta de um framework para análise de viabilidade econômica de projetos de investimento agropecuário**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Pato Branco, PR, 2020.

VILANI, L.; TRENTIN, M. G.; LIMA, J. D. de; Produção enxuta no agronegócio: a produção de leite na agricultura familiar. **VIII Congresso de sistemas lean**. Florianópolis, SC, 2018. <http://congressolean2018.paginas.ufsc.br/>

XAVIER, D. T.; PERES, A. A. C.; ALMEIDA, G. L.; CARVALHO, C. A. B. Application of the “real options theory” method to the production systems used in dairy cattle farming. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.72, n.6, p.2288-2296, 2020.

XAVIER, J. H. V.; GOMES, M. C.; ANJOS, F. S. dos; ALMEIDA, S. C. R. de; OLIVEIRA, M. N. de; SCOPEL, E.; CORBEELS, M.; MULLER, A. G. Metodologia multicritério de apoio à decisão como ferramenta para avaliação de sistemas de cultivo de milho. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 89-131, jan./abr. 2012.

YIN, R. K. Estudo de Caso - Planejamento e Métodos. 5. ed. Bookman. 2015.
ZANIN, A.; FAVRETTO, J.; POSSA, A.; MAZZIONI, S.; COSTA da S. ZONATTO, V. Apuração de custos e resultado econômico no manejo da produção leiteira: uma análise comparativa entre o sistema tradicional e o sistema *free stall*. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, vol. 17, núm. 4, 2015, pp. 431-444.

ZAMCOPE, F. C. ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; DUTRA, A. Modelo para Avaliar o Desempenho de Operadores Logísticos – um estudo de caso na indústria têxtil. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 4, p. 693-705, 2010.

ZULPO, A. P.; CARVALHO, T. B. de. Análise econômica de dois sistemas de produção de leite no Meio-Oeste catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.33, n.2, p.37-41, maio/ago. 2020.

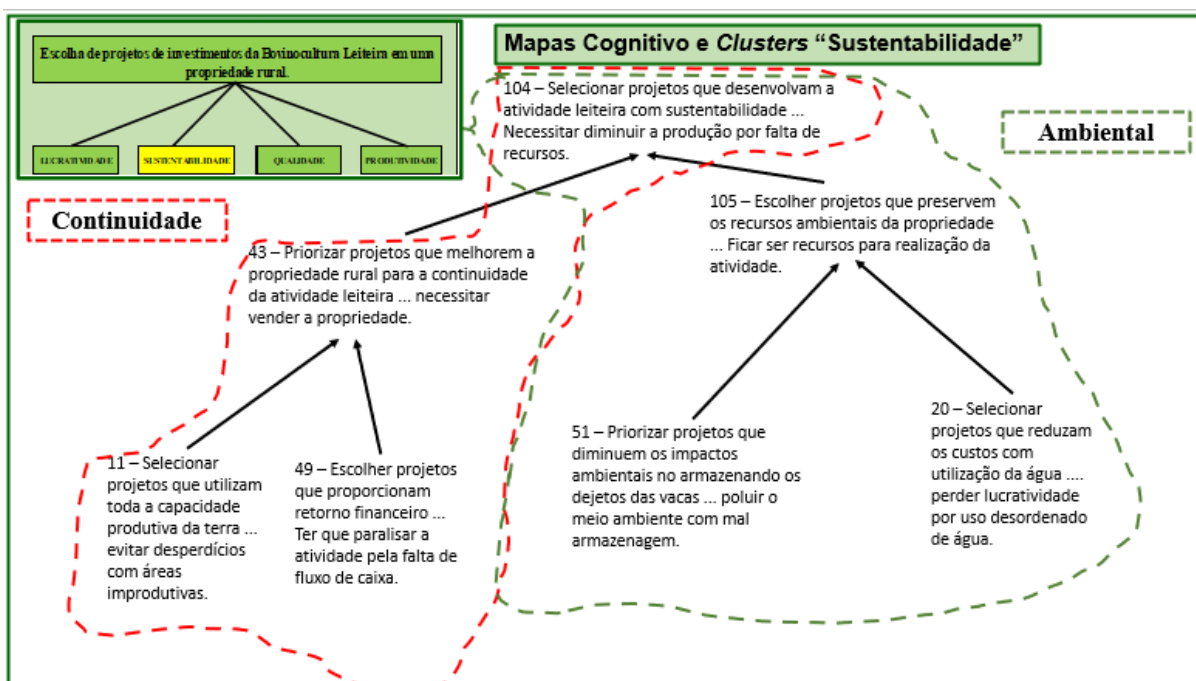
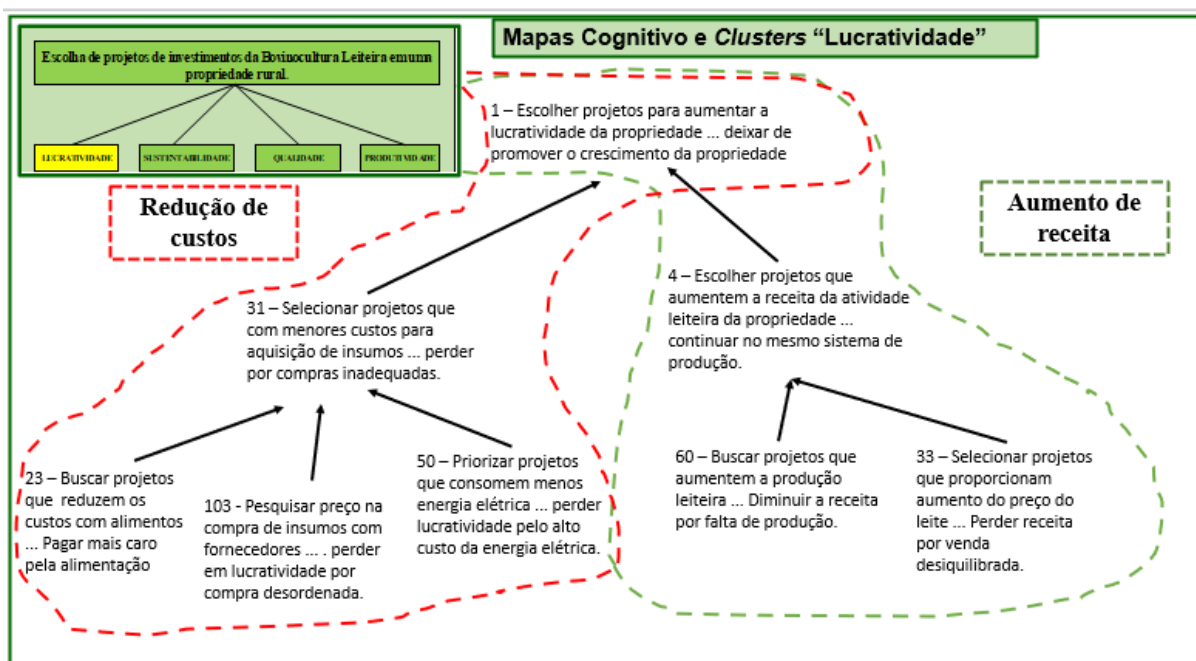
ZIMMERMANN, H. An application-oriented view of modeling uncertainty. **European Journal of Operations Research**, 2000. 122, 190-198.

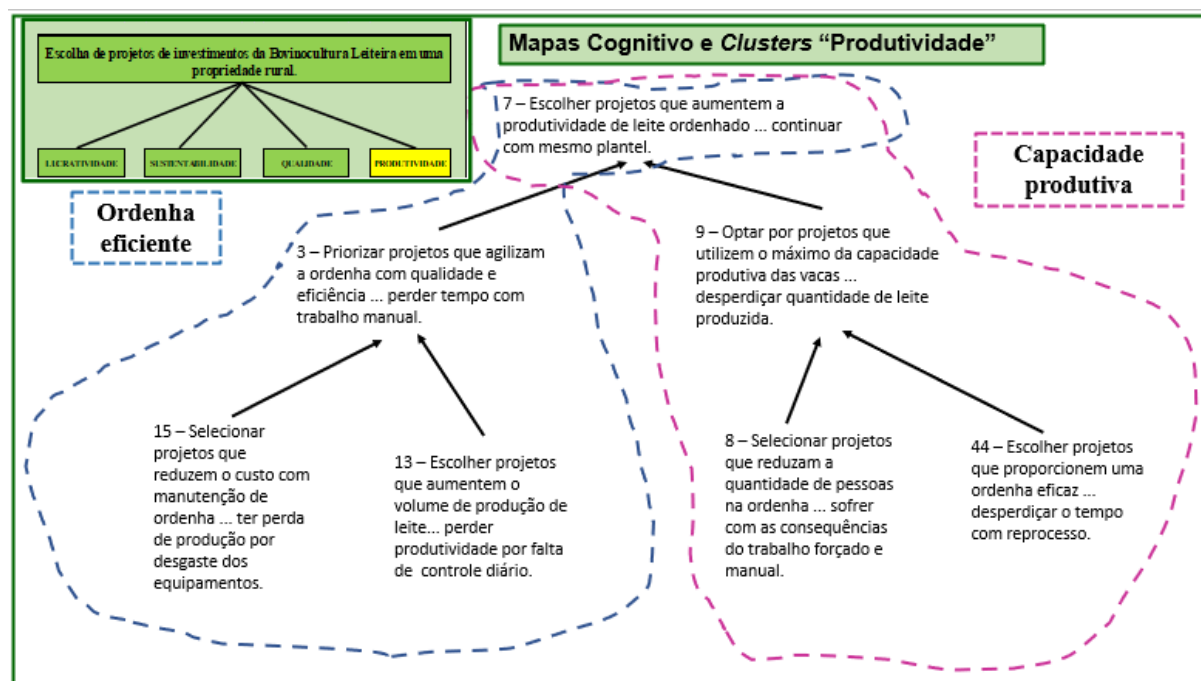
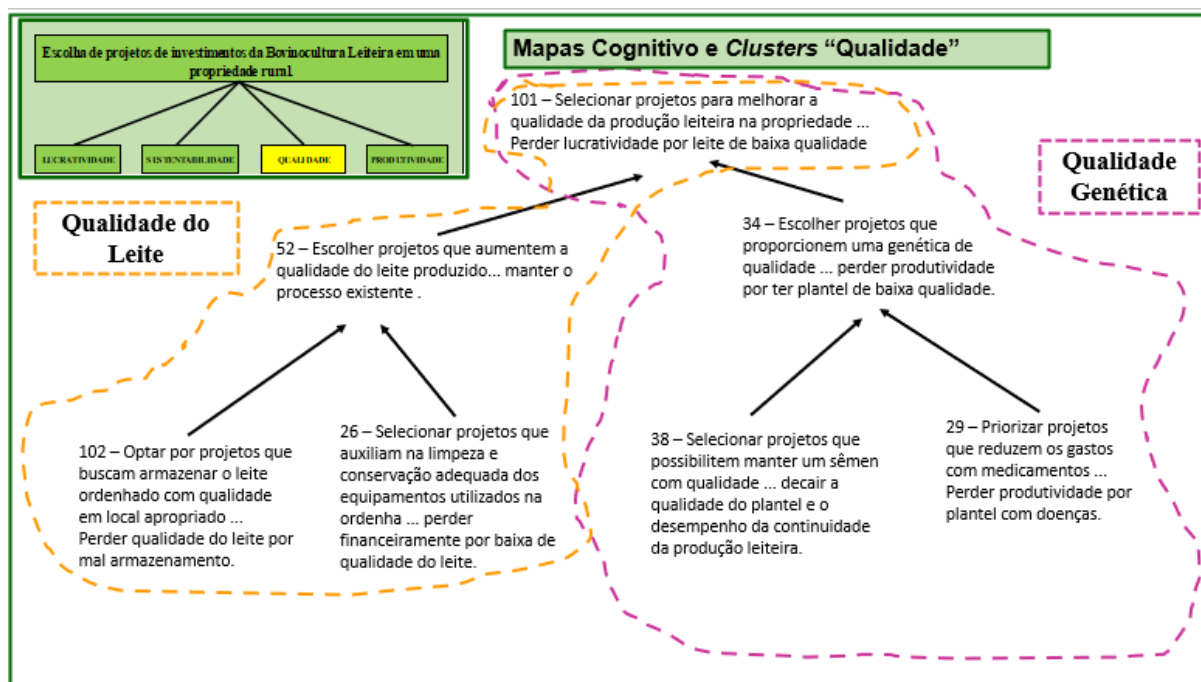
APÊNDICE A – Lista dos elementos primários de avaliação e conceitos orientados à ação

Nº	EPAs	Nº	Conceitos orientados a ação
1	Melhoria nas condições de trabalho	1	Escolher projetos para aumentar a lucratividade da propriedade ... deixar de promover o crescimento da propriedade
		2	Suprimido.
		3	Priorizar projetos que agilizam a ordenha com qualidade e eficiência ... perder tempo com trabalho manual.
2	Aumento da lucratividade	4	Escolher projetos que aumentem a receita da atividade leiteira da propriedade ... continuar no mesmo sistema de produção.
		5	Suprimido.
		6	Suprimido.
17	Modernizar sistema de ordenha	7	Escolher projetos que aumentem a produtividade de leite ordenhado ... continuar com mesmo plantel.
		8	Selecionar projetos que reduzam a quantidade de pessoas na ordenha ... sofrer com as consequências do trabalho forçado e manual.
5	Plantel produtivo	9	Optar por projetos que utilizem o máximo da capacidade produtiva das vacas ... desperdiçar quantidade de leite produzida.
		10	Suprimido.
4	Limitação da área de terra	11	Selecionar projetos que utilizam toda a capacidade produtiva da terra ... evitar desperdícios com áreas improdutivas.
		12	Suprimido.
		13	Escolher projetos que aumentem o volume de produção de leite... perder produtividade por falta de controle diário.
		14	Suprimido.
13	Custos de investimento	15	Selecionar projetos que reduzem o custo com manutenção de ordenha ... ter perda de produção por desgaste dos equipamentos.
		16	Suprimido.
		17	Suprimido.
8	Falta de água	18	Suprimido.
		19	Suprimido.
		20	Selecionar projetos que reduzam os custos com utilização da água perder lucratividade por uso desordenado de água.
9	Custos de produção	21	Suprimido.
		22	Suprimido.
		23	Buscar projetos que reduzem os custos com alimentos ... Pagar mais caro pela alimentação
		24	Suprimido.
		25	Suprimido.
15	Limpeza da ordenha	26	Selecionar projetos que auxiliam na limpeza e conservação adequada dos equipamentos utilizados na ordenha ... perder financeiramente por baixa de qualidade do leite.
		27	Suprimido.
		28	Suprimido.
6	Gastos com medicamentos	29	Priorizar projetos que reduzem os gastos com medicamentos ... Perder produtividade por plantel com doenças.
		30	Suprimido.
12	Compra de alimentos e insumos	31	Selecionar projetos que com menores custos para aquisição de insumos ... perder por compras inadequadas.
		32	Suprimido.
22	Preço do leite	33	Selecionar projetos que proporcionam aumento do preço do leite ... Perder receita por venda desequilibrada.
14	Genética animal	34	Escolher projetos que proporcionem uma genética de qualidade ... perder produtividade por ter plantel de baixa qualidade.
		35	Suprimido.

		36	Suprimido.
		37	Suprimido.
		38	Selecionar projetos que possibilitem manter um sêmen com qualidade ... decair a qualidade do plantel e o desempenho da continuidade da produção leiteira.
		39	Suprimido.
16	Sucessão familiar	40	Suprimido.
		41	Suprimido.
		42	Suprimido.
		43	Priorizar projetos que melhorem a propriedade rural para a continuidade da atividade leiteira ... necessitar vender a propriedade.
3	Aumento a produção	44	Escolher projetos que proporcionem uma ordenha eficaz ... desperdiçar o tempo com reprocesso.
		45	Suprimido.
		46	Suprimido.
		47	Suprimido.
7	Retorno financeiro	48	Suprimido.
		49	Escolher projetos que proporcionam retorno financeiro ... Ter que paralisar a atividade pela falta de fluxo de caixa.
20	Custo com energia elétrica	50	Priorizar projetos que consomem menos energia elétrica ... perder lucratividade pelo alto custo da energia elétrica.
21	Impacto ambiental	51	Priorizar projetos que diminuem os impactos ambientais no armazenando os dejetos das vacas ... poluir o meio ambiente com mal armazenagem.
10	Qualidade do leite	52	Escolher projetos que aumentem a qualidade do leite produzido... manter o processo existente.
		53	Suprimido.
		54	Suprimido.
		55	Suprimido.
		56	Suprimido.
		57	Suprimido.
		58	Suprimido.
		59	Suprimido.
		60	Buscar projetos que aumentem a produção leiteira ... Diminuir a receita por falta de produção.
		100	Suprimido
		101	Selecionar projetos para melhorar a qualidade da produção leiteira na propriedade ... Perder lucratividade por leite de baixa qualidade
11	Manejo da ordenha	102	Optar por projetos que buscam armazenar o leite ordenhado com qualidade em local apropriado ... Perder qualidade do leite por mal armazenamento.
19	Administrar a propriedade	103	Pesquisar preço na compra de insumos com fornecedores ... perder em lucratividade por compra desordenada.
18 3	Sustentabilidade	104	Selecionar projetos que desenvolvam a atividade leiteira com sustentabilidade ... Necessitar diminuir a produção por falta de recursos.
		105	Escolher projetos que preservem os recursos ambientais da propriedade ... Ficar ser recursos para realização da atividade.
		106	Suprimido

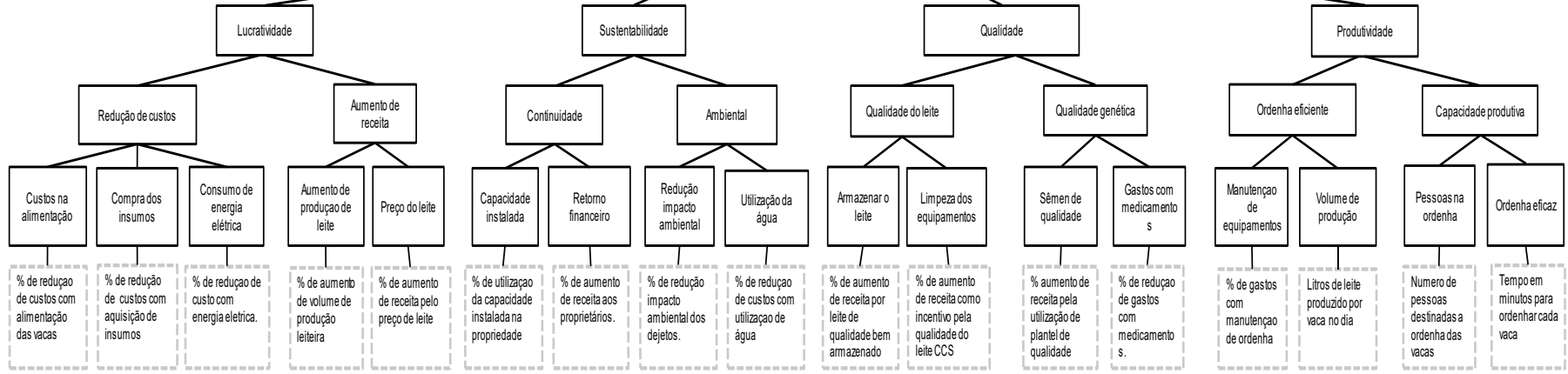
APÊNDICE B – Mapas cognitivos e *clusters*





APÊNDICE C – Construção dos descritores

Escolha de Projetos de Investimentos da Bovinocultura Leiteira em uma propriedade rural.



N5	60% ou mais	60% ou menos	90% ou mais	60% ou mais	50% ou mais	90% ou mais	40% ou mais	70% ou mais	90% ou mais	30% ou mais	30% ou mais	50% ou mais	60% ou mais	5% ou menos	50 l.	2 ou menos	00.03 ou
Bom N4	50%	50%	80%	40%	40%	80%	30%	60%	80%	20%	20%	40%	50%	10%	40 l.	3	00.04
N3	30%	30%	60%	30%	30%	75%	20%	50%	60%	10%	10%	30%	45%	12%	35 l.	5	00.05
Neutro N2	20%	20%	30%	20%	20%	70%	10%	40%	30%	5%	5%	20%	40%	15%	30 l.	6	0.06
N	10% ou menos	10% ou menos	20% ou menos	10% ou menos	10% ou menos	60% ou menos	5% ou menos	30% ou menos	20% ou menos	3% ou menos	3% ou menos	10% ou menos	30% ou menos	20% ou mais	25 l.	7 ou mais	00.07

Excelente Competitivo Comprometedor

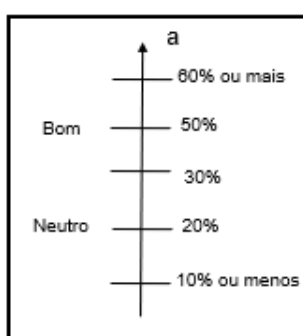
APÊNDICE D – Transformação de escala ordinal em cardinal

Custos na alimentação

	N5	N4	N3	N2	N1	Escola atual	
N5	nula	mt. fraca	moderada	forte	mt. forte	112	extrema
N4		nula	moderada	forte	mt. forte	100	mt. forte
N3			nula	forte	forte	62	forte
N2				nula	moderada	0	moderada
N1					nula	-37	fraca
							mt. fraca
							nula

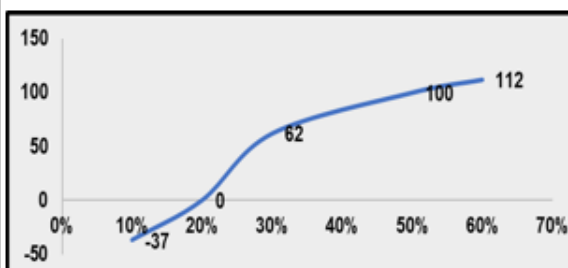
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

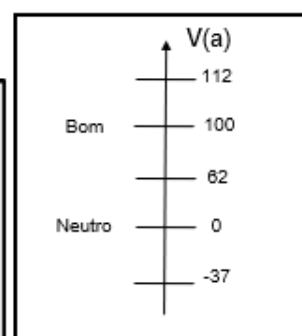


Descrição

% de redução de custos com alimentação das vacas



Escala Cardinal

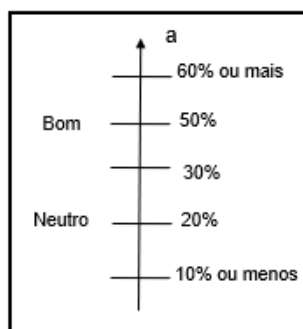


Compra dos insumos

	N5	N4	N3	N2	N1	Escola atual	
N5	nula	fraca	forte	mt. forte	extrema	167	extrema
N4		nula	fraca	moderada	forte	100	mt. forte
N3			nula	fraca	moderada	50	forte
N2				nula	mt. fraca	0	moderada
N1					nula	-33	fraca
							mt. fraca
							nula

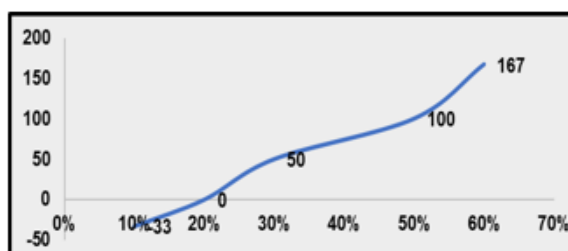
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

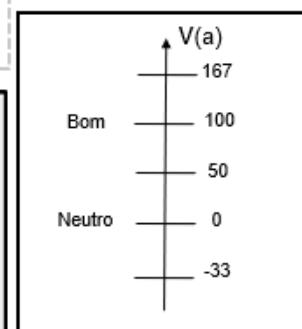


Descrição

% de redução de custos com aquisição de insumos



Escala Cardinal

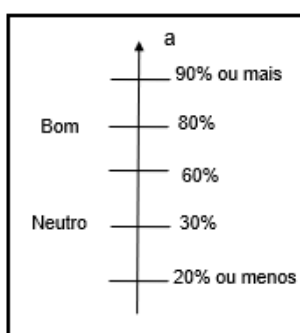


Consumo de energia elétrica

Consumo de energia elétrica						Escala atual	
	N5	N4	N3	N2	N1		
N5	nula	fraca	forte	mt. forte	extrema	125	extrema
N4		nula	moderada	forte	mt. forte	100	mt. forte
N3			nula	forte	mt. forte	62	forte
N2				nula	moderada	0	moderada
N1					nula	-50	fraca
							mt. fraca
							nula

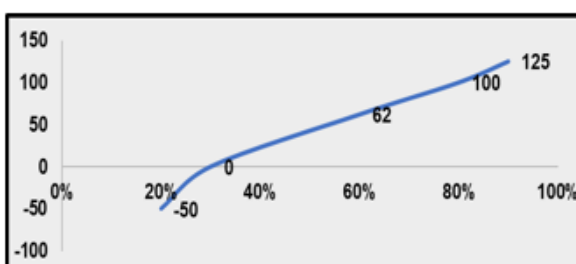
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

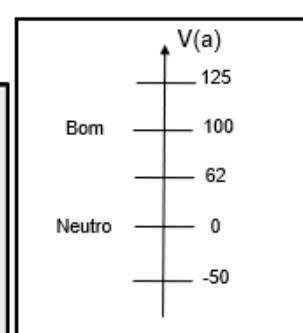


Descrição

% de redução de custo com energia elétrica.



Escala Cardinal

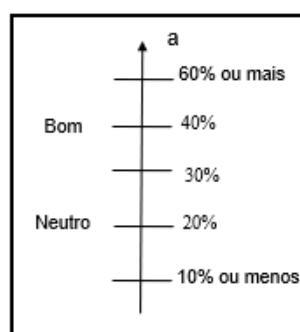


Aumento de produção de leite

Aumento de produção de leite						Escala atual	
	N5	N4	N3	N2	N1		
N5	nula	moderada	forte	mt. forte	extrema	175	extrema
N4		nula	fraca	forte	mt. forte	100	mt. forte
N3			nula	mt. fraca	moderada	37	forte
N2				nula	fraca	0	moderada
N1					nula	-50	fraca
							mt. fraca
							nula

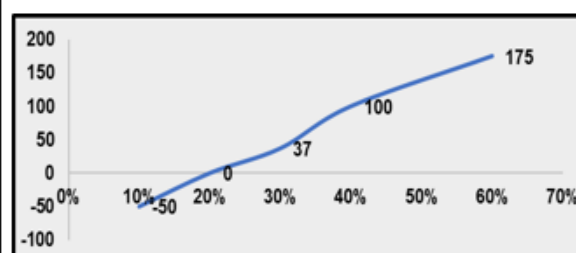
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

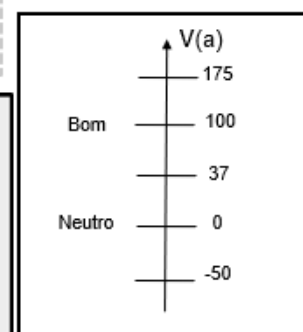


Descrição

% de aumento de volume de produção leiteira



Escala Cardinal

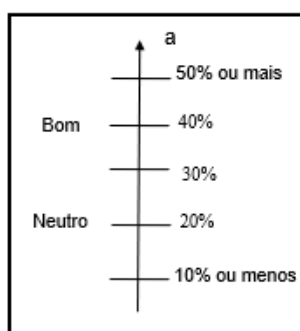


Preço do leite

Preço do leite						Escala atual	
	N5	N4	N3	N2	N1		
N5	nula	forte	mt. forte	extrema	extrema	150	extrema
N4		nula	forte	mt. forte	extrema	100	forte
N3			nula	forte	mt. forte	50	moderada
N2				nula	mt. forte	0	fraca
N1					nula	-62	mt. fraca
							nula

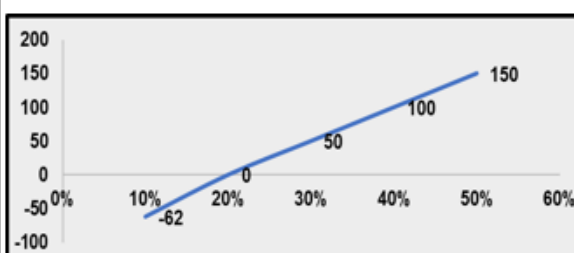
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

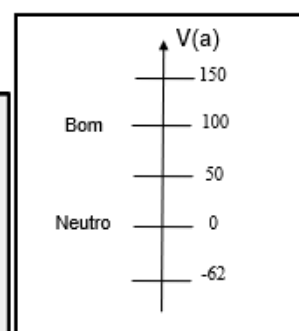


Descrição

% de aumento de receita pelo preço de leite



Escala Cardinal

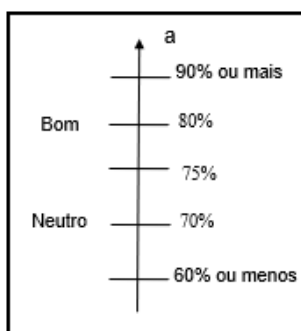


Capacidade instalada

Capacidade instalada						Escala atual	
	N5	N4	N3	N2	N1		
N5	nula	mt. fraca	fraca	moderada	moderada	125	extrema
N4		nula	fraca	fraca	moderada	100	mt. forte
N3			nula	fraca	fraca	50	forte
N2				nula	fraca	0	moderada
N1					nula	-50	fraca
							mt. fraca
							nula

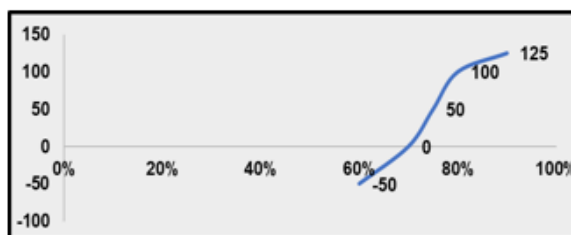
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

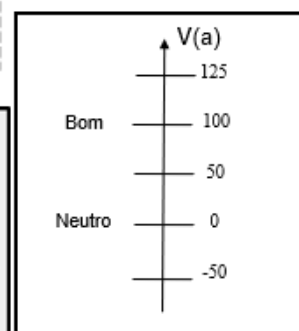


Descrição

% de utilização da capacidade instalada na propriedade



Escala Cardinal

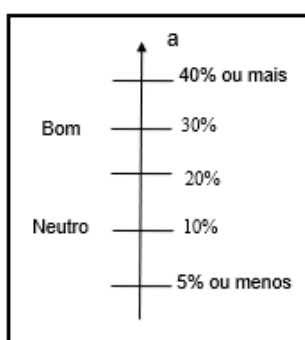


Retorno financeiro

Retorno financeiro						Escala atual	
	N5	N4	N3	N2	N1		
	nula	moderada	forte	mt. forte	extrema	143	extrema
N5	nula	moderada	forte	mt. forte	extrema	100	mt. forte
N4		nula	moderada	forte	mt. forte	57	forte
N3			nula	forte	mt. forte	0	moderada
N2				nula	forte	-57	fraca
N1					nula		mt. fraca
							nula

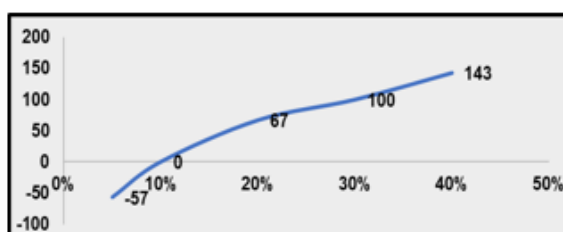
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

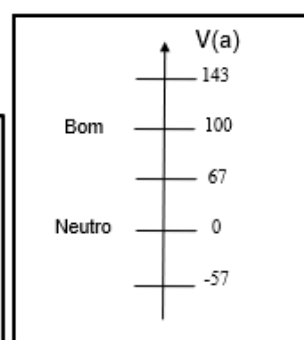


Descrição

% de aumento de receita aos proprietários.



Escala Cardinal

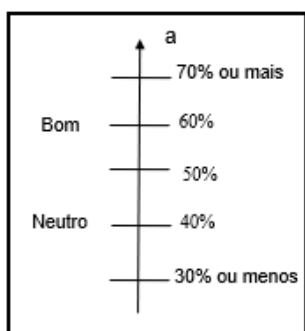


Redução impacto ambiental

Redução impacto ambiental						Escala atual	
	N5	N4	N3	N2	N1		
	nula	mt. fraca	forte	mt. forte	extrema	120	extrema
N5	nula	mt. fraca	forte	mt. forte	extrema	100	mt. forte
N4		nula	moderada	forte	mt. forte	40	forte
N3			nula	fraca	forte	0	moderada
N2				nula	fraca	-40	fraca
N1					nula		mt. fraca
							nula

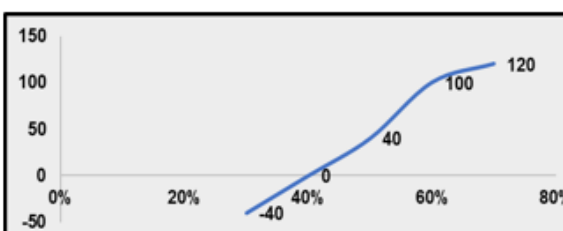
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

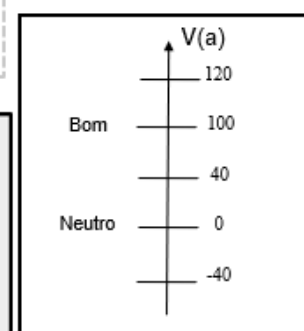


Descrição

% de redução impacto ambiental dos dejetos.



Escala Cardinal

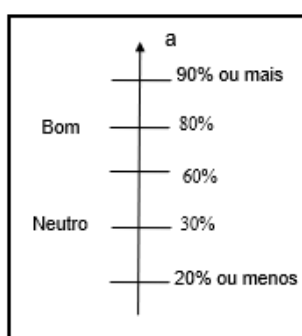


Utilização da água

	N5	N4	N3	N2	N1	Escala atual	
						167	extrema
N5	nula	mt. fraca	fraca	moderada	forte	100	mt. forte
N4		nula	mt. fraca	fraca	fraca	67	forte
N3			nula	mt. fraca	fraca	0	moderada
N2				nula	mt. fraca	-33	fraca
N1					nula		mt. fraca
							nula

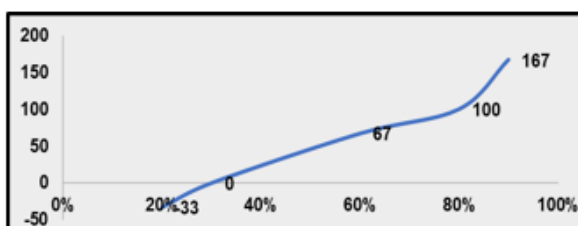
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

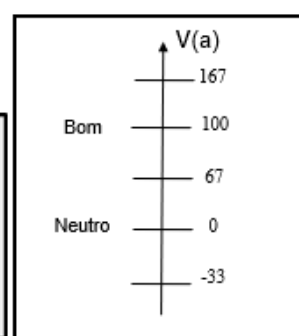


Descrição

% de redução de custos com utilização de água



Escala Cardinal

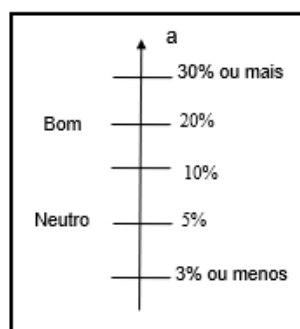


Armazenar o leite

	N5	N4	N3	N2	N1	Escala atual	
						162	extrema
N5	nula	forte	mt. forte	extrema	extrema	100	mt. forte
N4		nula	forte	forte	mt. forte	50	forte
N3			nula	forte	forte	0	moderada
N2				nula	forte	-50	fraca
N1					nula		mt. fraca
							nula

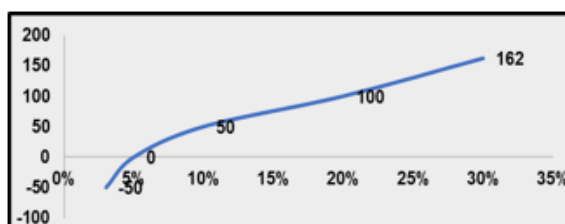
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

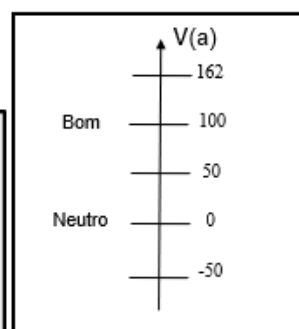


Descrição

% de aumento de receita por leite de qualidade bem armazenado



Escala Cardinal

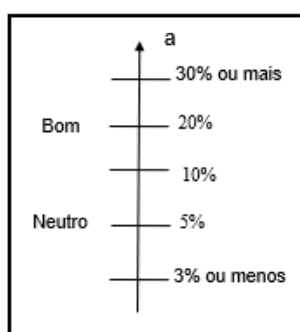


Limpeza dos equipamentos

Limpeza dos equipamentos						Escala atual	extrema
	N5	N4	N3	N2	N1	137	mt. forte
N5	nula	moderada	forte	mt. forte	extrema	100	forte
N4		nula	forte	forte	extrema	50	moderada
N3			nula	forte	extrema	0	fraca
N2				nula	mt. forte	-112	mt. fraca
N1					nula		nula

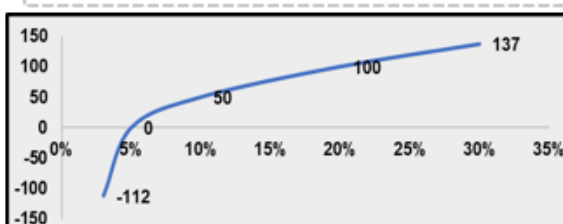
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

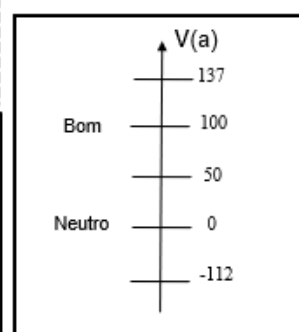


Descrição

% de aumento de receita como incentivo pela qualidade do leite CCS (contagem de células somáticas).



Escala Cardinal

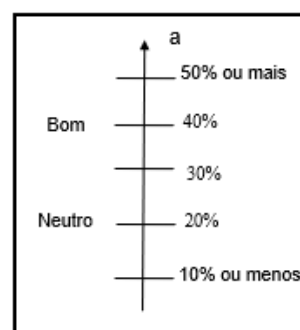


Sêmen de qualidade

Sêmen de qualidade						Escala atual	extrema
	N5	N4	N3	N2	N1	122	mt. forte
N5	nula	fraca	moderada	mt. forte	extrema	100	forte
N4		nula	moderada	forte	mt. forte	67	moderada
N3			nula	forte	mt. forte	0	fraca
N2				nula	mt. forte	-111	mt. fraca
N1					nula		nula

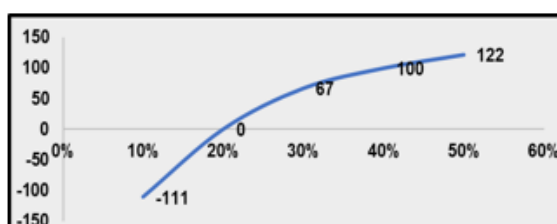
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

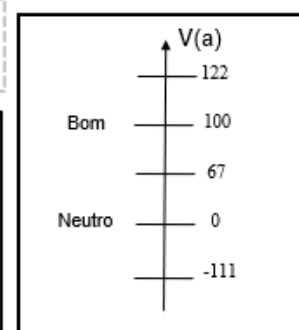


Descrição

% aumento de receita pela utilização de plantel de qualidade



Escala Cardinal

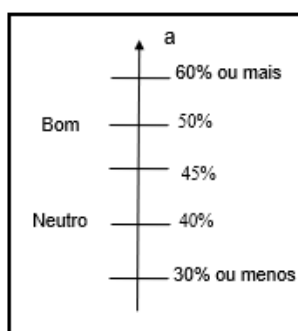


Gastos com medicamentos

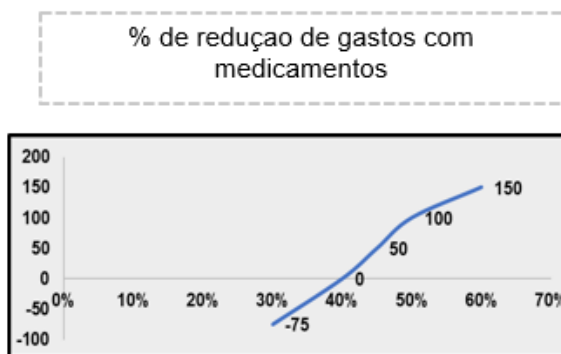
Gastos com medicamentos						Escala atual	extrema
	N5	N4	N3	N2	N1	150	mt. forte
N5	nula	fraca	moderada	forte	extrema	100	forte
N4		nula	fraca	moderada	forte	50	moderada
N3			nula	fraca	forte	0	fraca
N2				nula	moderada	-75	mt. fraca
N1					nula		nula

Julgamentos consistentes

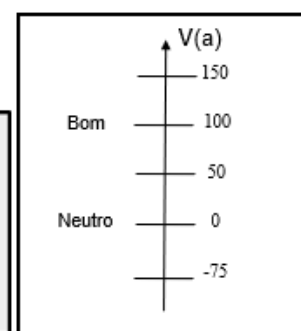
Escala Ordinal



Descrição



Escala Cardinal

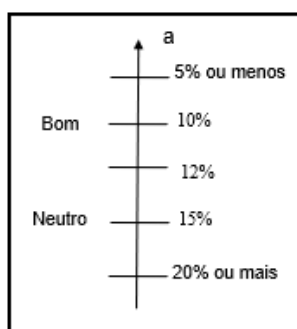


Manutenção de equipamentos

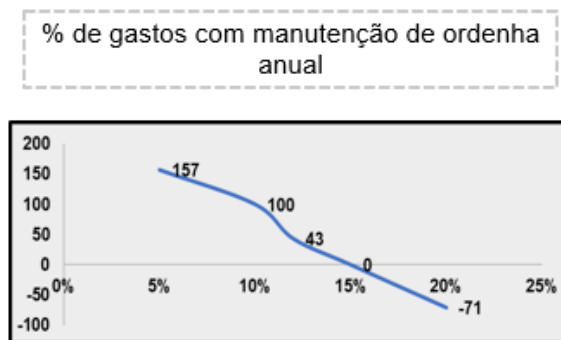
Manutenção de equipamentos						Escala atual	extrema
	N5	N4	N3	N2	N1	157	mt. forte
N5	nula	forte	mt. forte	mt. forte	extrema	100	forte
N4		nula	forte	forte	extrema	43	moderada
N3			nula	moderada	mt. forte	0	fraca
N2				nula	forte	-71	mt. fraca
N1					nula		nula

Julgamentos consistentes

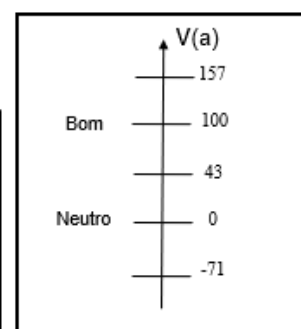
Escala Ordinal



Descrição



Escala Cardinal

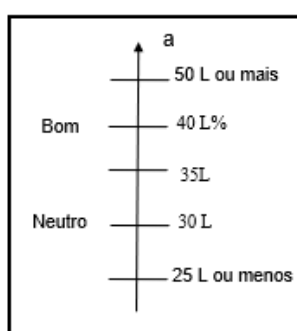


Volume de produção

Volume de produção						Escala atual	
	N5	N4	N3	N2	N1		
						171	extrema
N5	nula	forte	mt. forte	mt. forte	extrema	100	mt. forte
N4		nula	moderada	forte	extrema	57	forte
N3			nula	forte	extrema	0	moderada
N2				nula	mt. forte	-128	fraca
N1					nula		mt. fraca
							nula

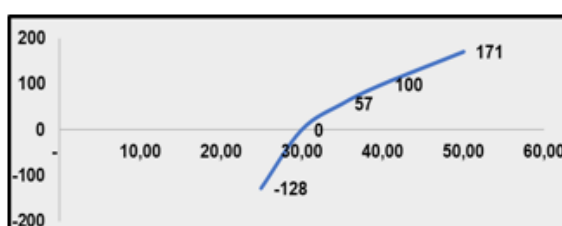
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

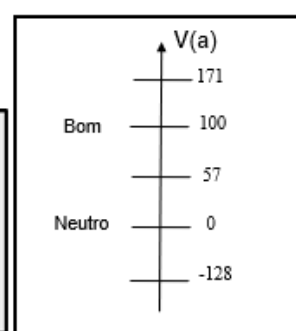


Descrição

Litros de leite produzido por vaca no dia



Escala Cardinal

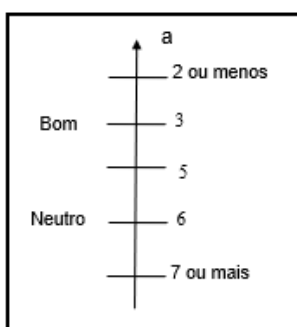


Pessoas na ordenha

Pessoas na ordenha						Escala atual	
	N5	N4	N3	N2	N1		
						140	extrema
N5	nula	fraca	moderada	forte	mt. forte	100	mt. forte
N4		nula	fraca	moderada	mt. forte	60	forte
N3			nula	moderada	forte	0	moderada
N2				nula	moderada	-60	fraca
N1					nula		mt. fraca
							nula

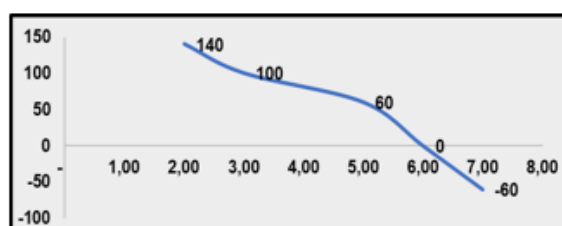
Julgamentos consistentes

Escala Ordinal

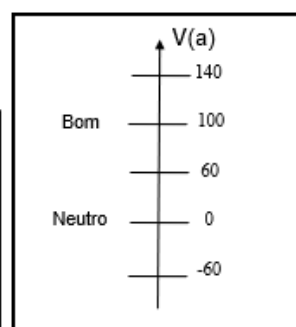


Descrição

Numero de pessoas destinadas a ordenha das vacas



Escala Cardinal



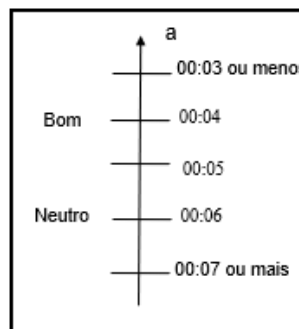
Ordenha eficaz

Ordenha eficaz								
	N5	N4	N3	N2	N1	Escala atual		
							extrema	
N5	nula	moderada	forte	mt. forte	extrema	150	mt. forte	
N4		nula	moderada	forte	extrema	100	forte	
N3			nula	moderada	mt. forte	50	moderada	
N2				nula	mt. forte	0	fraca	
N1					nula	-116	mt. fraca	
							nula	

Julgamentos consistentes

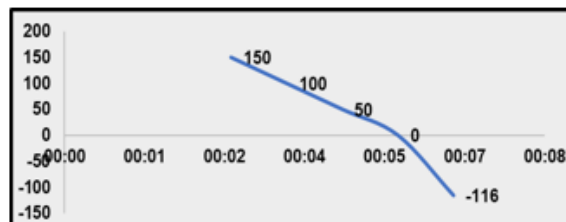
OK? [Icons: Refresh, Lightbulb, OK, Help, Undo, Redo, Scale, Diff Scale, Walk, Color]

Escala Ordinal

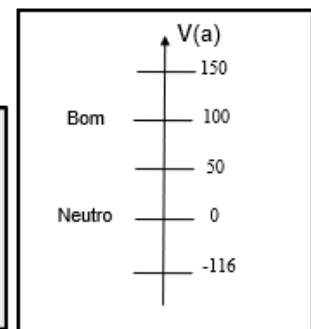


Descrição

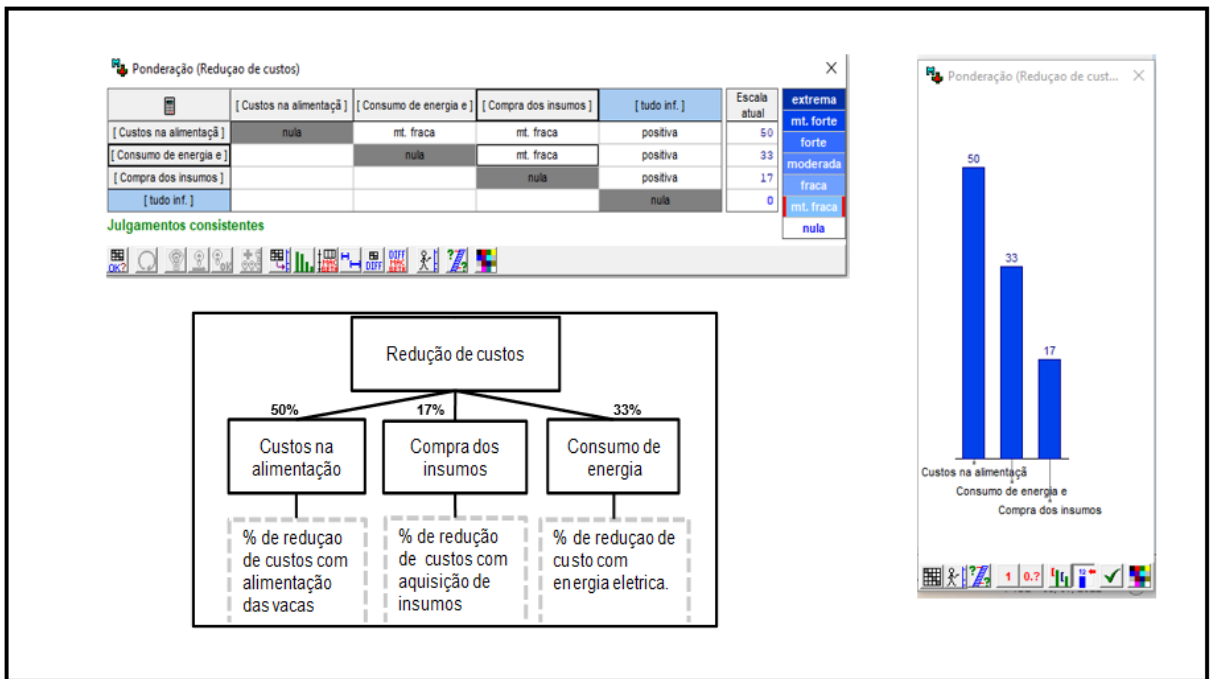
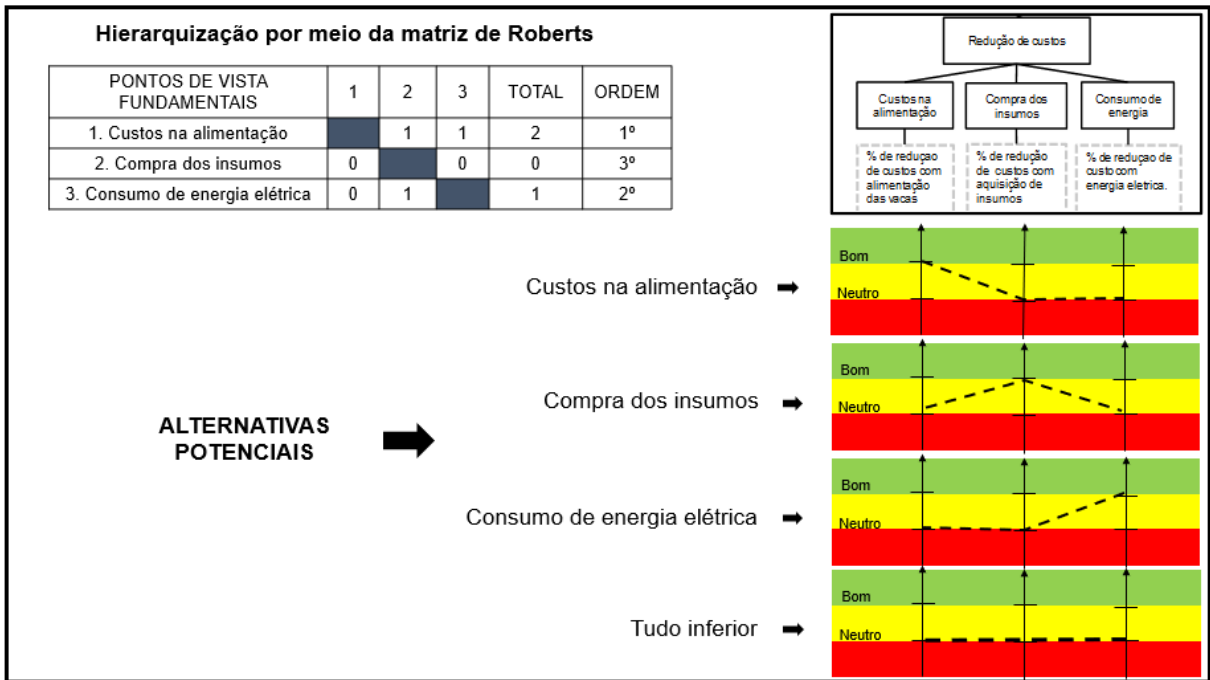
Tempo em minutos para ordenhar cada vaca

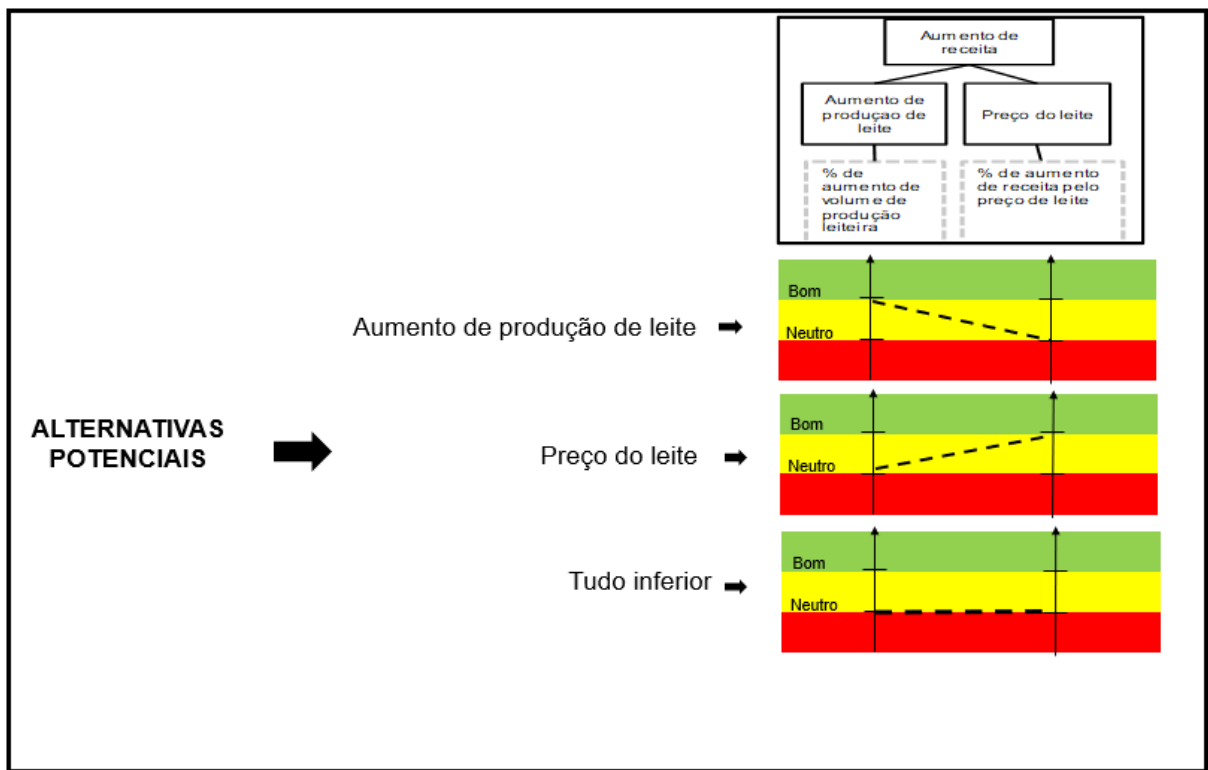


Escala Cardinal



APÊNDICE E – Construção das taxas de compensação



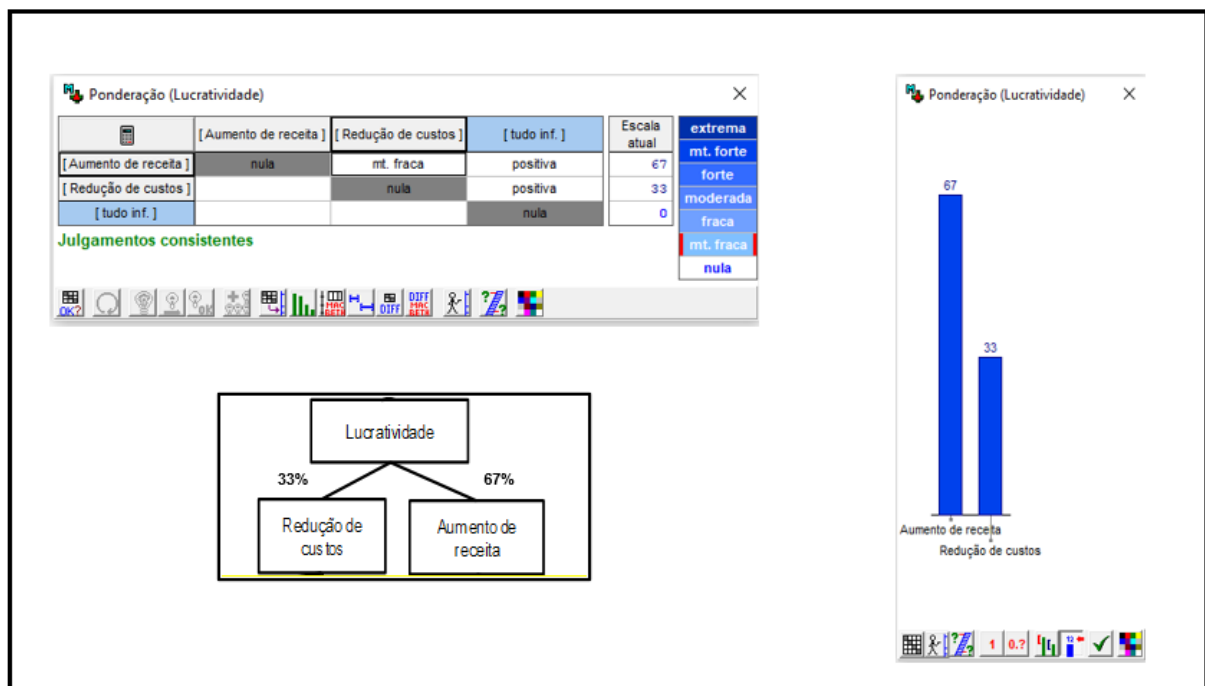
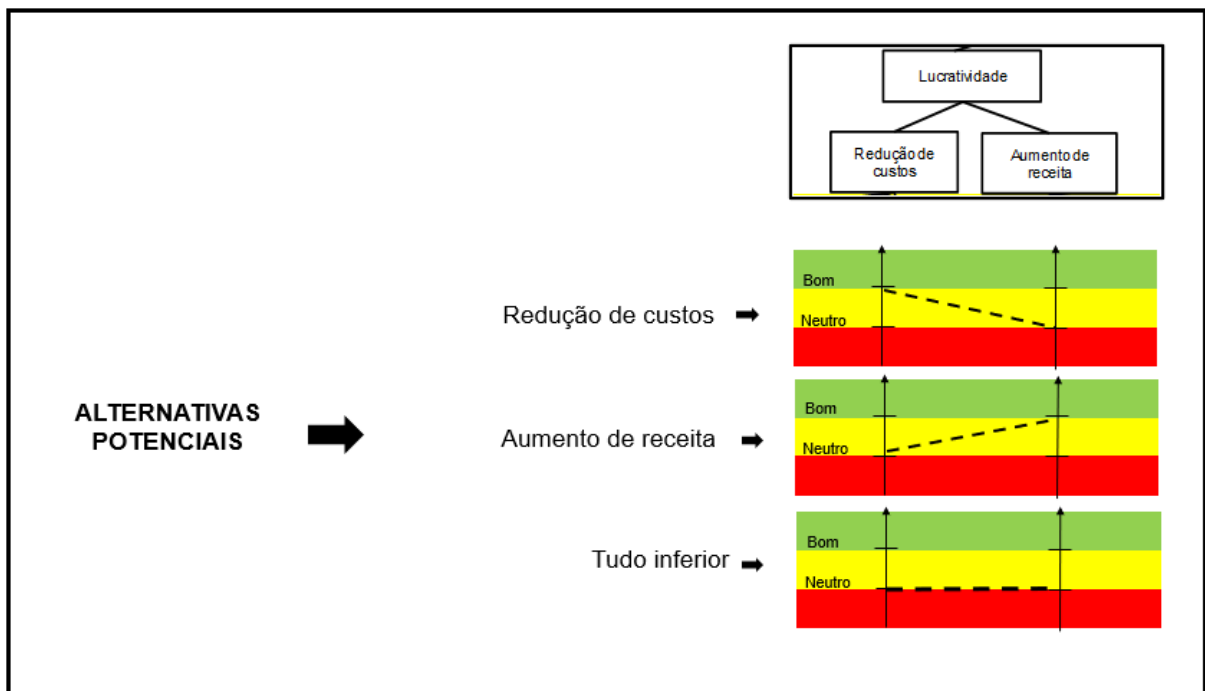


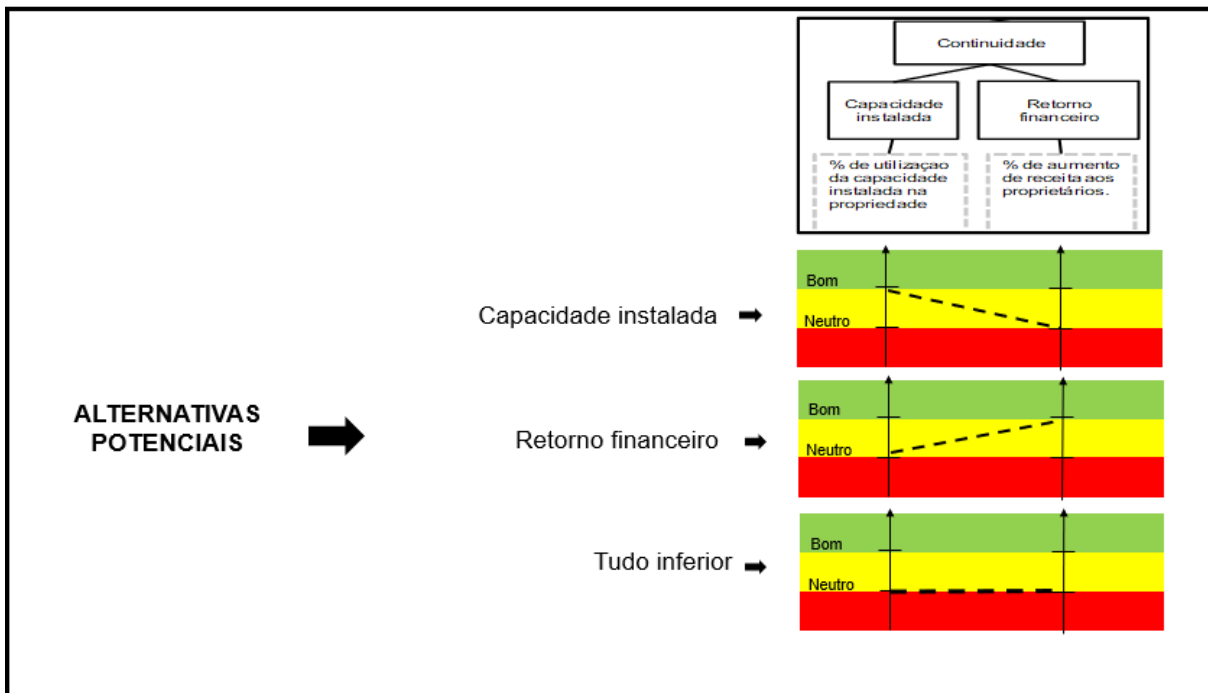
Ponderação (Aumento de receita)

	[Preço do leite]	[Aumento de produção]	[tudo inf.]	Escala atual
[Preço do leite]	nula	fraca	positiva	75
[Aumento de produção]		nula	positiva	25
[tudo inf.]			nula	0

Julgamentos consistentes

Ponderação (Aumento de rec...)

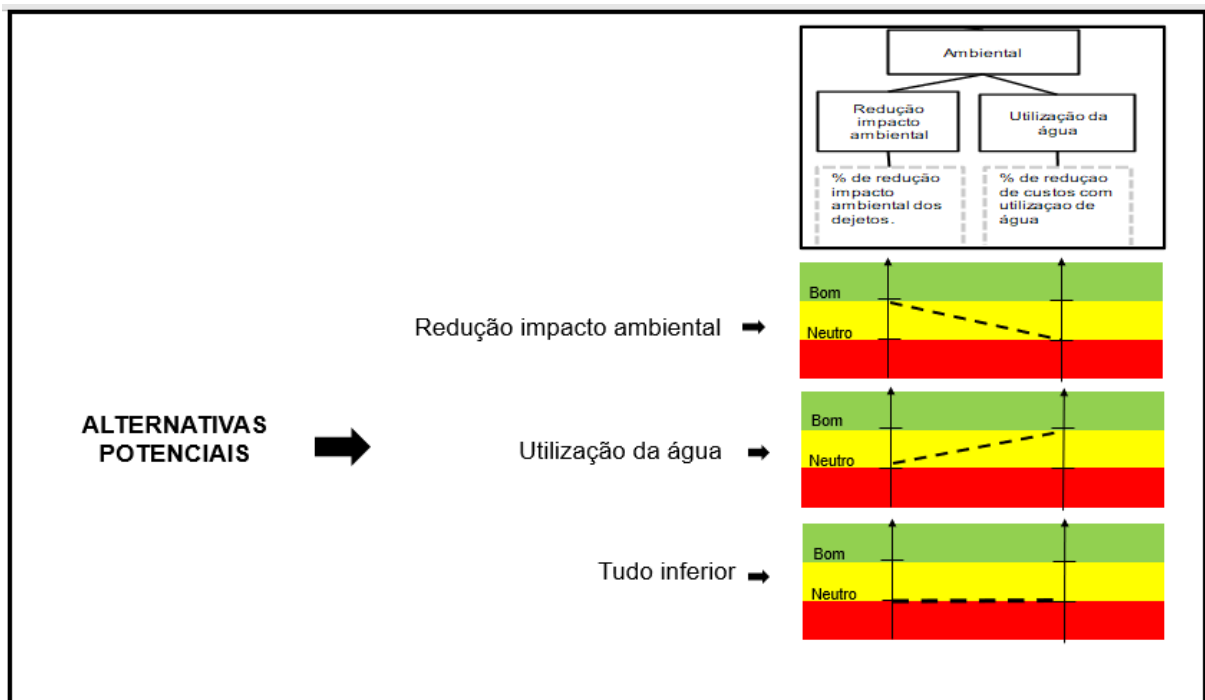




	[Retorno financeiro]	[Capacidade instalada]	[tudo inf.]	Escala atual
[Retorno financeiro]	nula	fraca	positiva	75
[Capacidade instalada]		nula	positiva	25
[tudo inf.]			nula	0

Julgamentos consistentes

Bar chart showing weights: Retorno financeiro (75) and Capacidade instalada (25).



Ponderação (Ambiental)

	[Redução impacto ambi]	[Utilização da água]	[tudo inf.]	Escala atual
[Redução impacto ambi]	nula	moderada	positiva	80
[Utilização da água]		nula	positiva	20
[tudo inf.]			nula	0

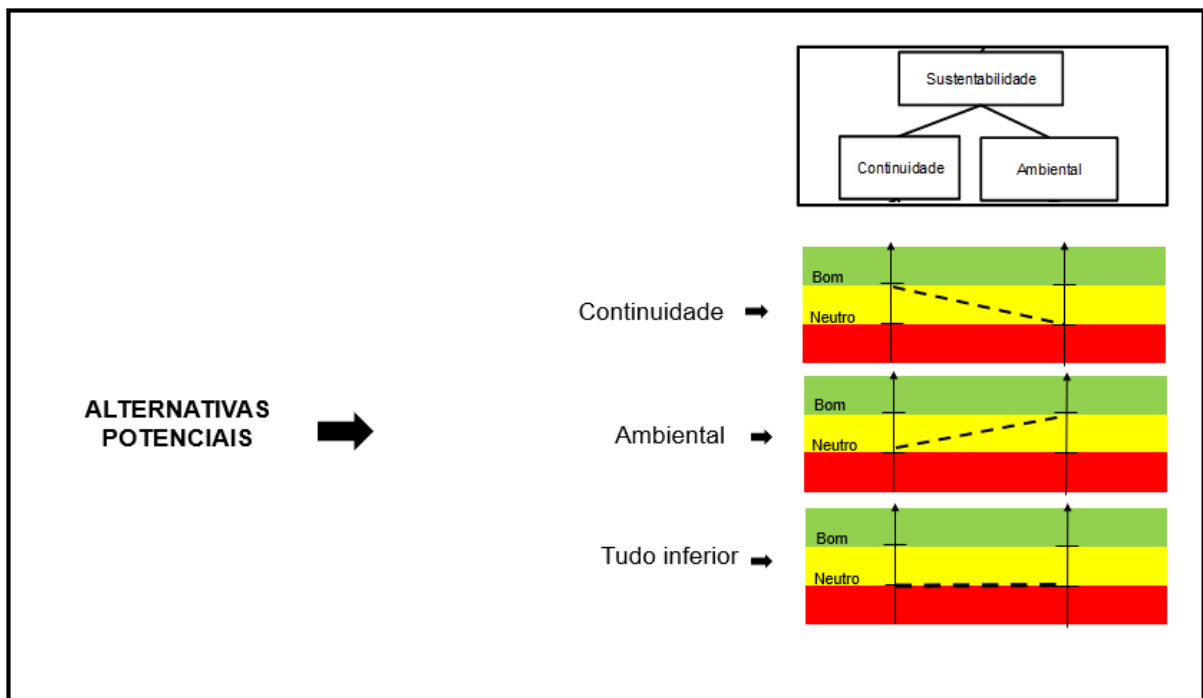
Julgamentos consistentes

Ponderação (Ambiental)

Redução impacto ambi	80
Utilização da água	20

Ambiental

- 80% Redução impacto ambiental: % de redução impacto ambiental dos dejetos.
- 20% Utilização da água: % de redução de custos com utilização de água.



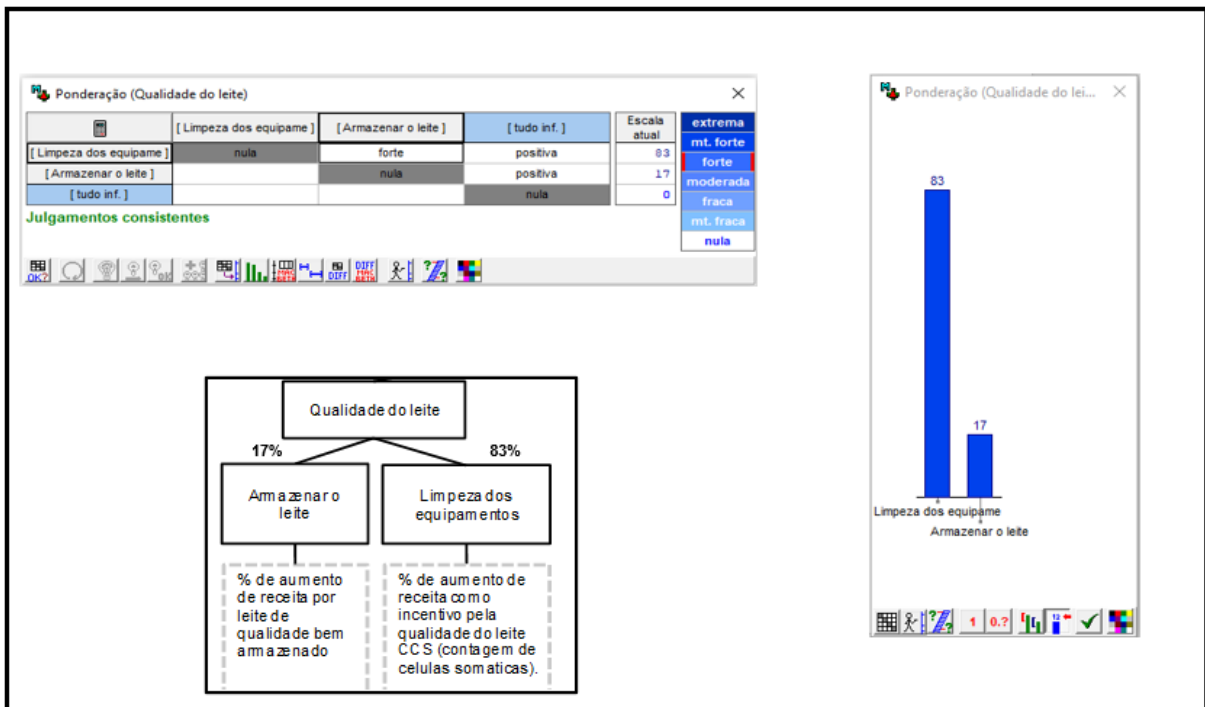
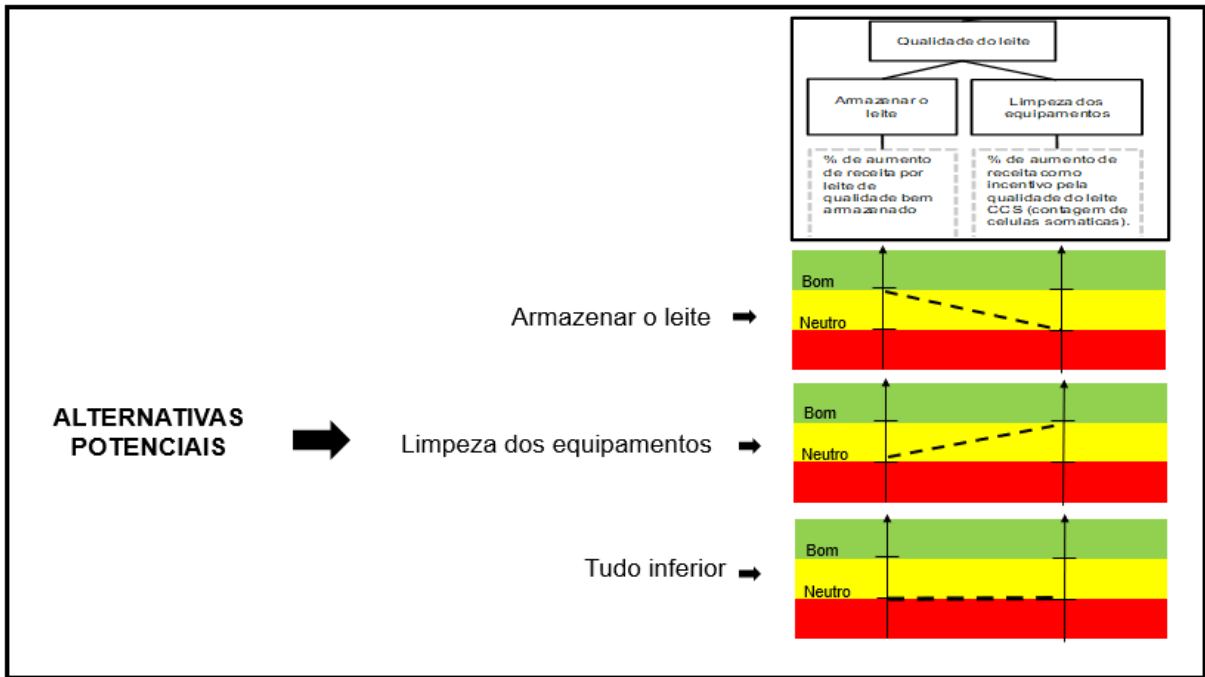
	[Ambiental]	[Continuidade]	[tudo inf.]	Escala atual
[Ambiental]	nula	fraca	positiva	75
[Continuidade]		nula	positiva	25
[tudo inf.]			nula	0

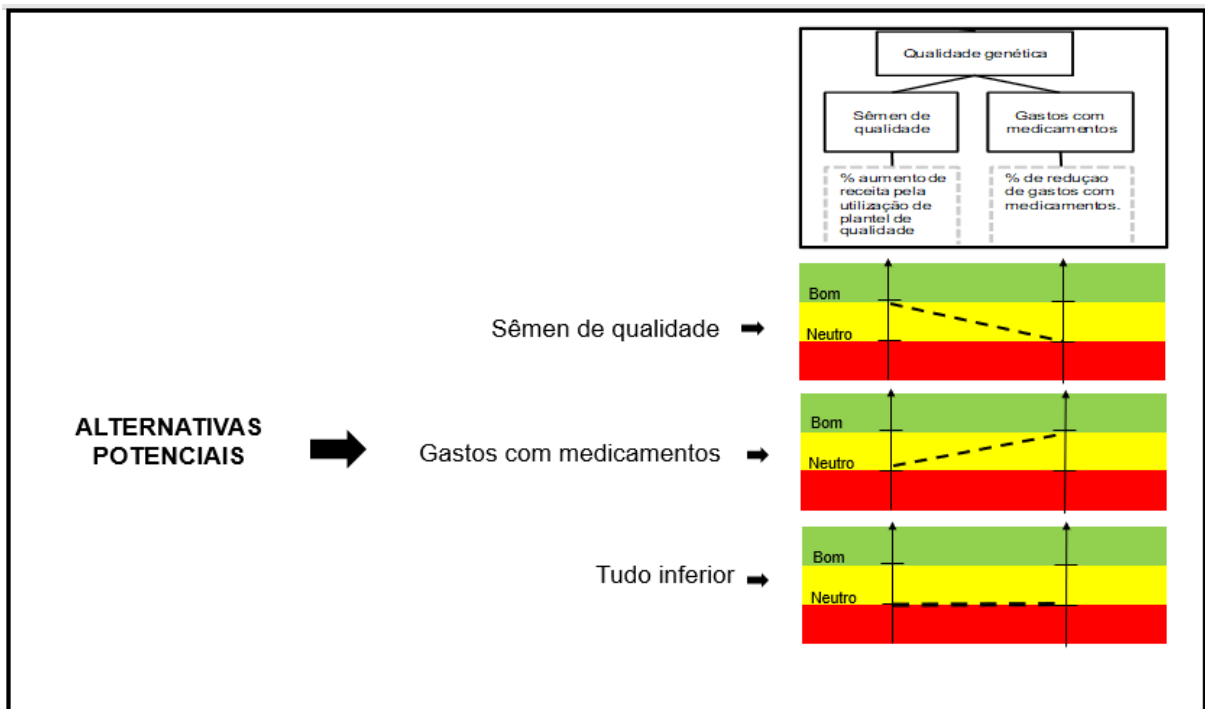
Julgamentos consistentes

Bar chart showing weights: Ambiental = 75, Continuidade = 25.

Sustentabilidade

25% Continuidade 75% Ambiental





Ponderação (Qualidade genética)

	[Sêmen de qualidade]	[Gastos com medicamen]	[tudo inf.]	Escala atual
[Sêmen de qualidade]	nula	fraca	positiva	75
[Gastos com medicamen]		nula	positiva	25
[tudo inf.]			nula	0

Julgamentos consistentes

Ponderação (Qualidade genét...)

Qualida de genética

75%

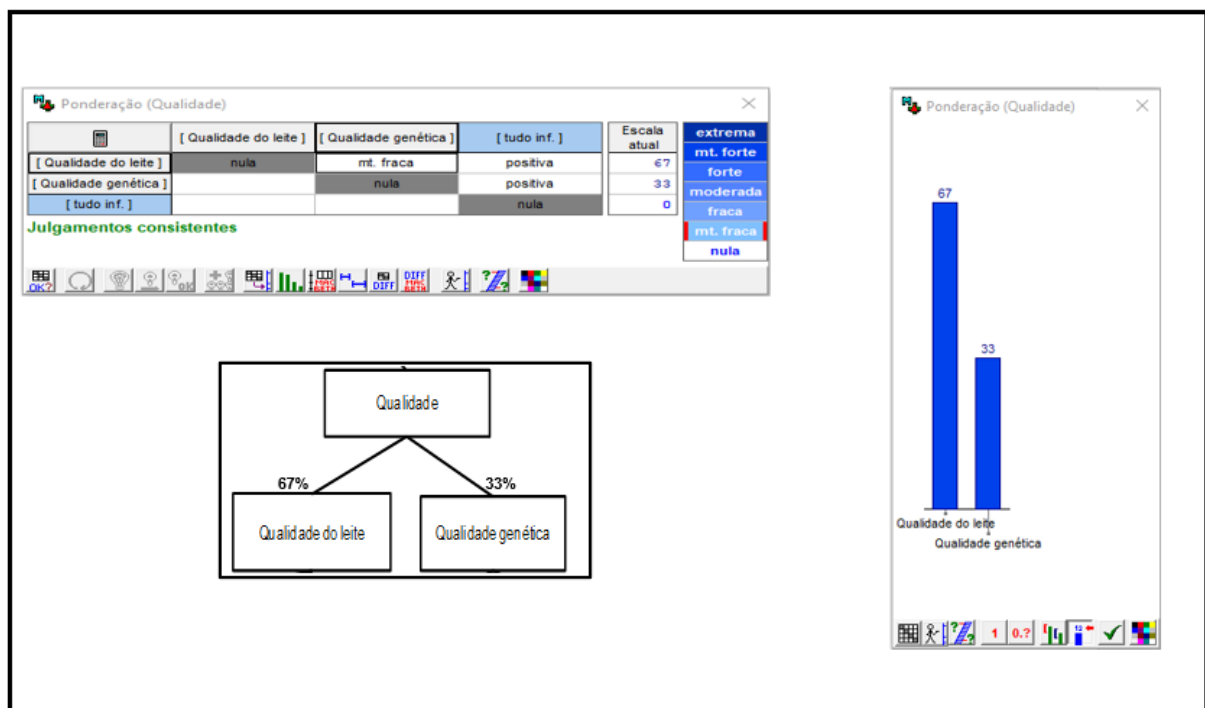
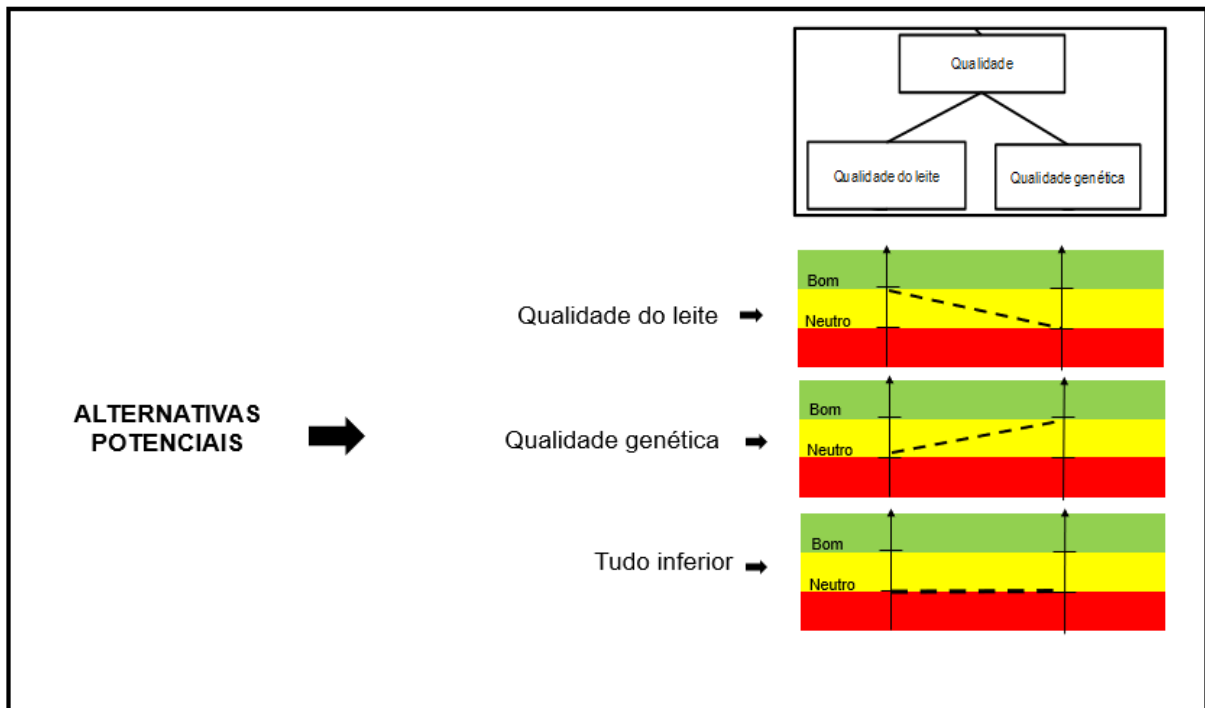
Sêmen de qualidade

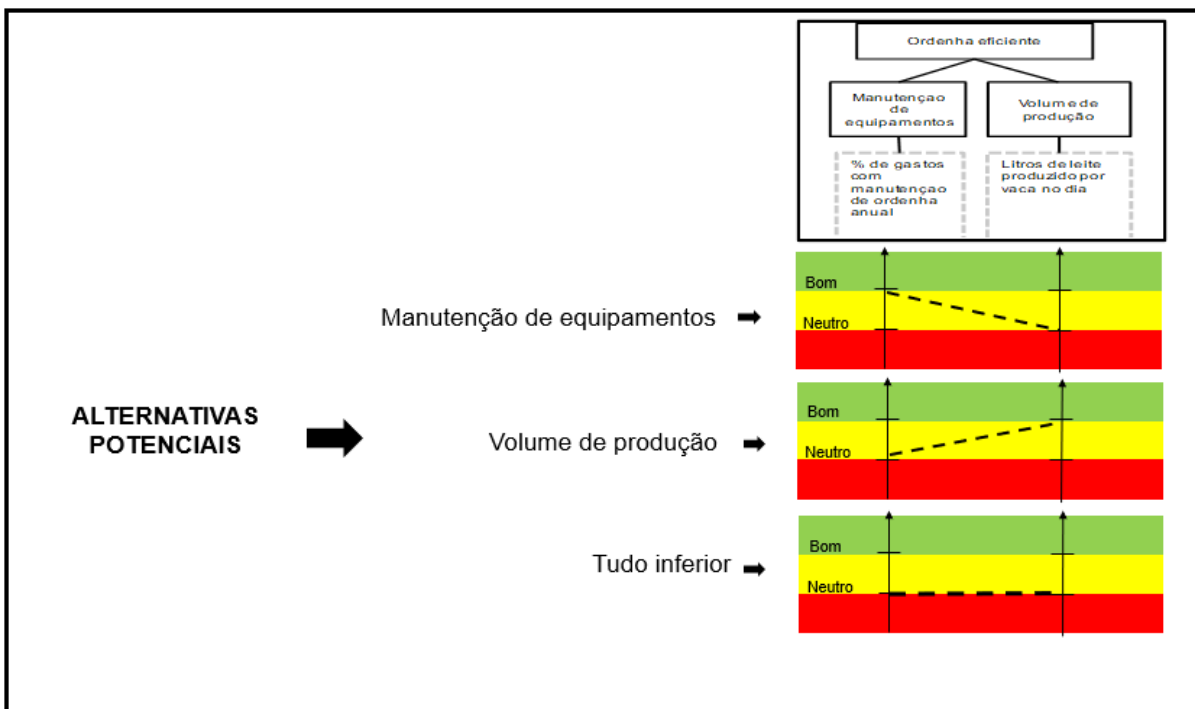
% aumento de receita pela utilização de plantel de qualidade

25%

Gastos com medicamentos

% de redução de gastos com medicamentos.





Ponderação (Ordemha eficiente)

	[Volume de produção]	[Manutenção de equipa]	[tudo inf.]	Escala atual
[Volume de produção]	nula	fraca	positiva	75
[Manutenção de equipa]		nula	positiva	25
[tudo inf.]			nula	0

Julgamentos consistentes

Ponderação (Ordemha eficiente)

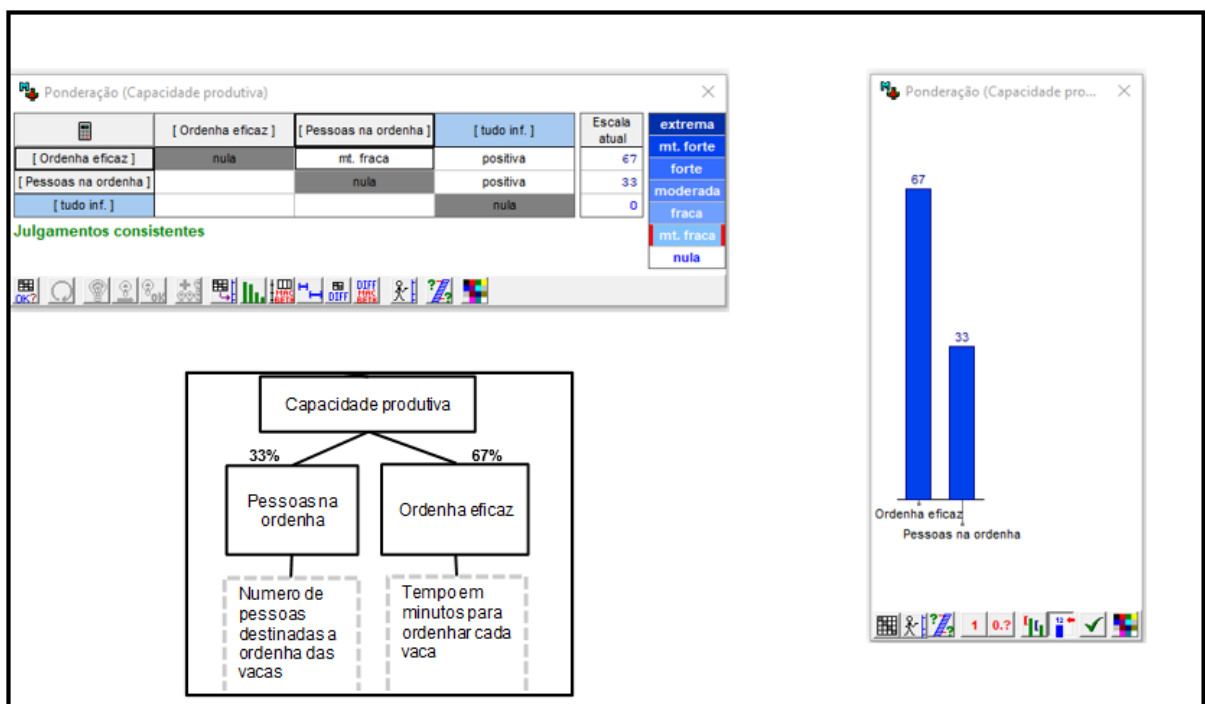
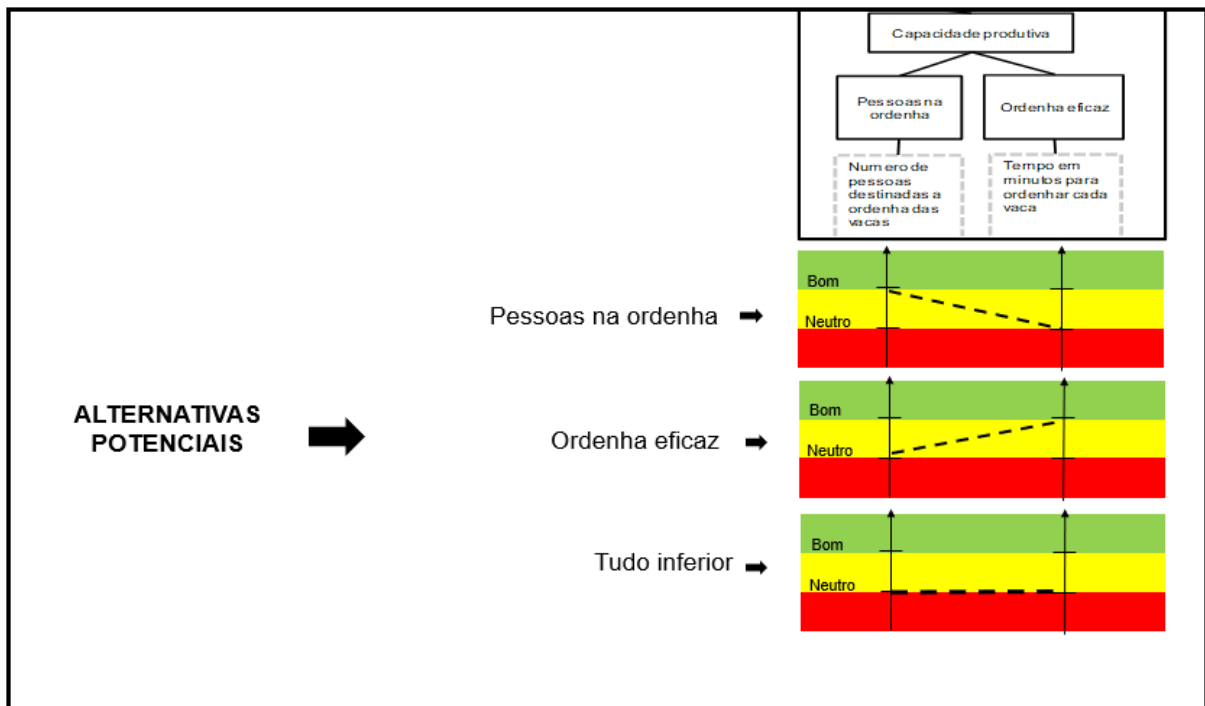
75
25

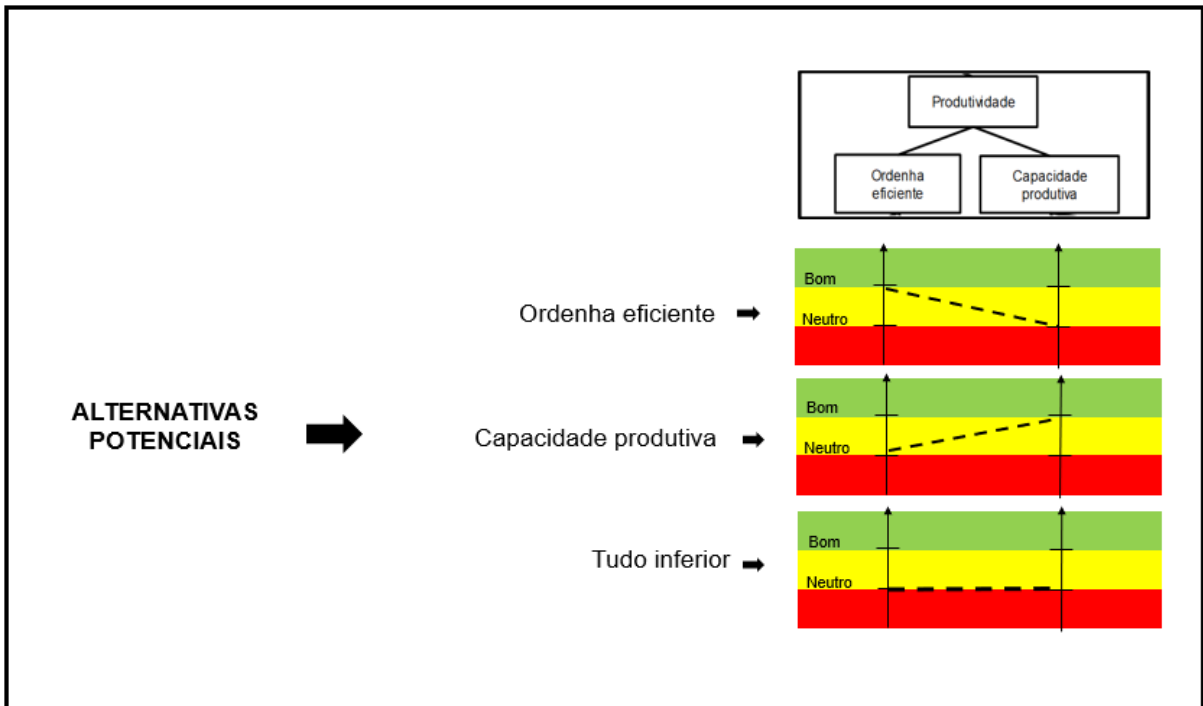
Volume de produção
Manutenção de equipa

Ordemha eficiente

25% 75%

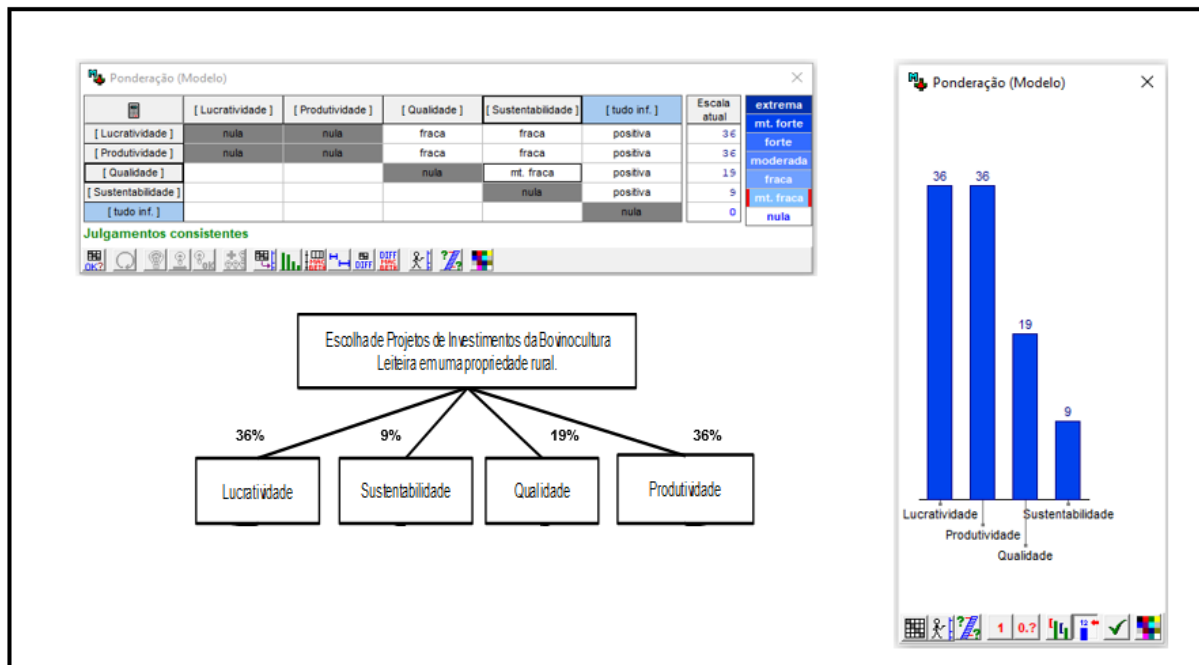
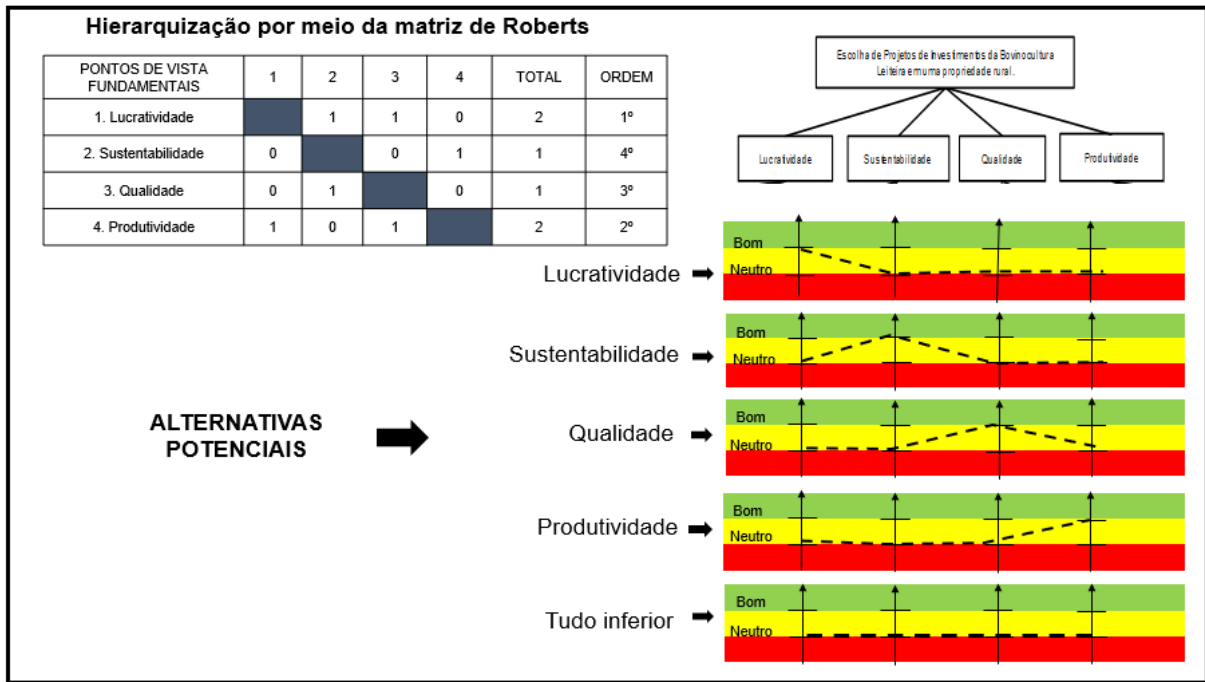
- Manutenção de equipamentos: % de gastos com manutenção de ordemha anual
- Volume de produção: Litros de leite produzido por vaca no dia



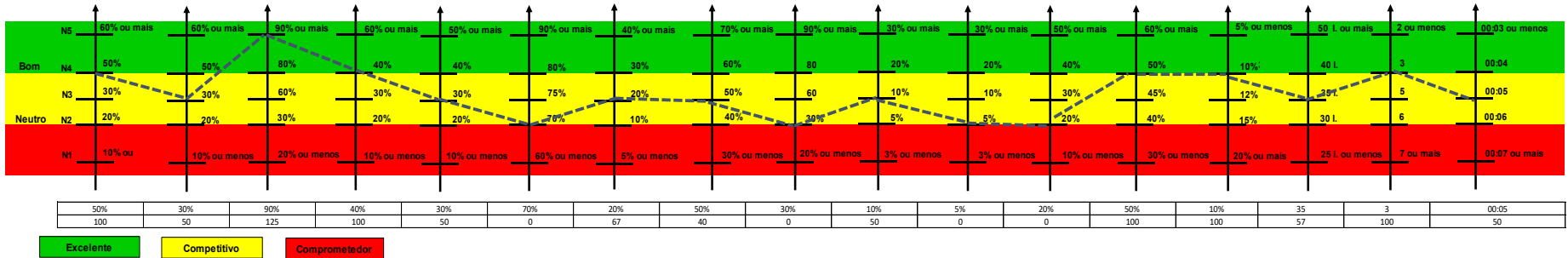
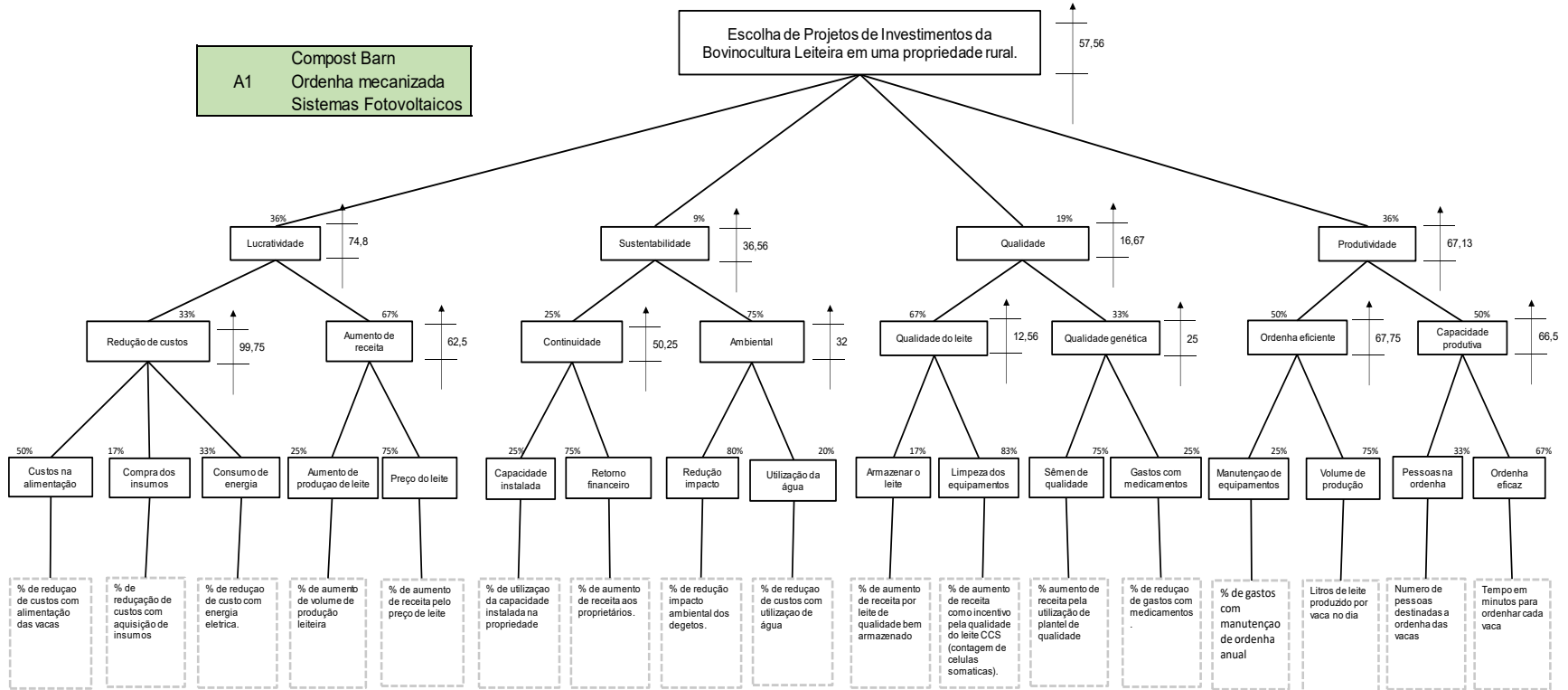


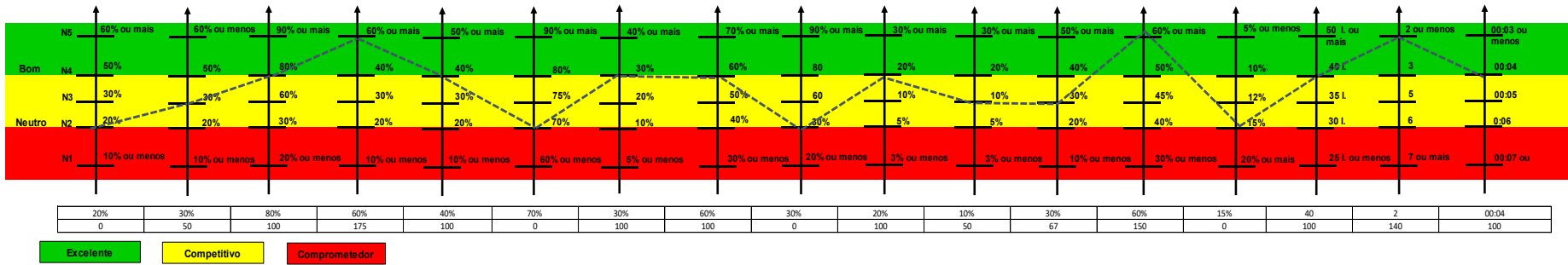
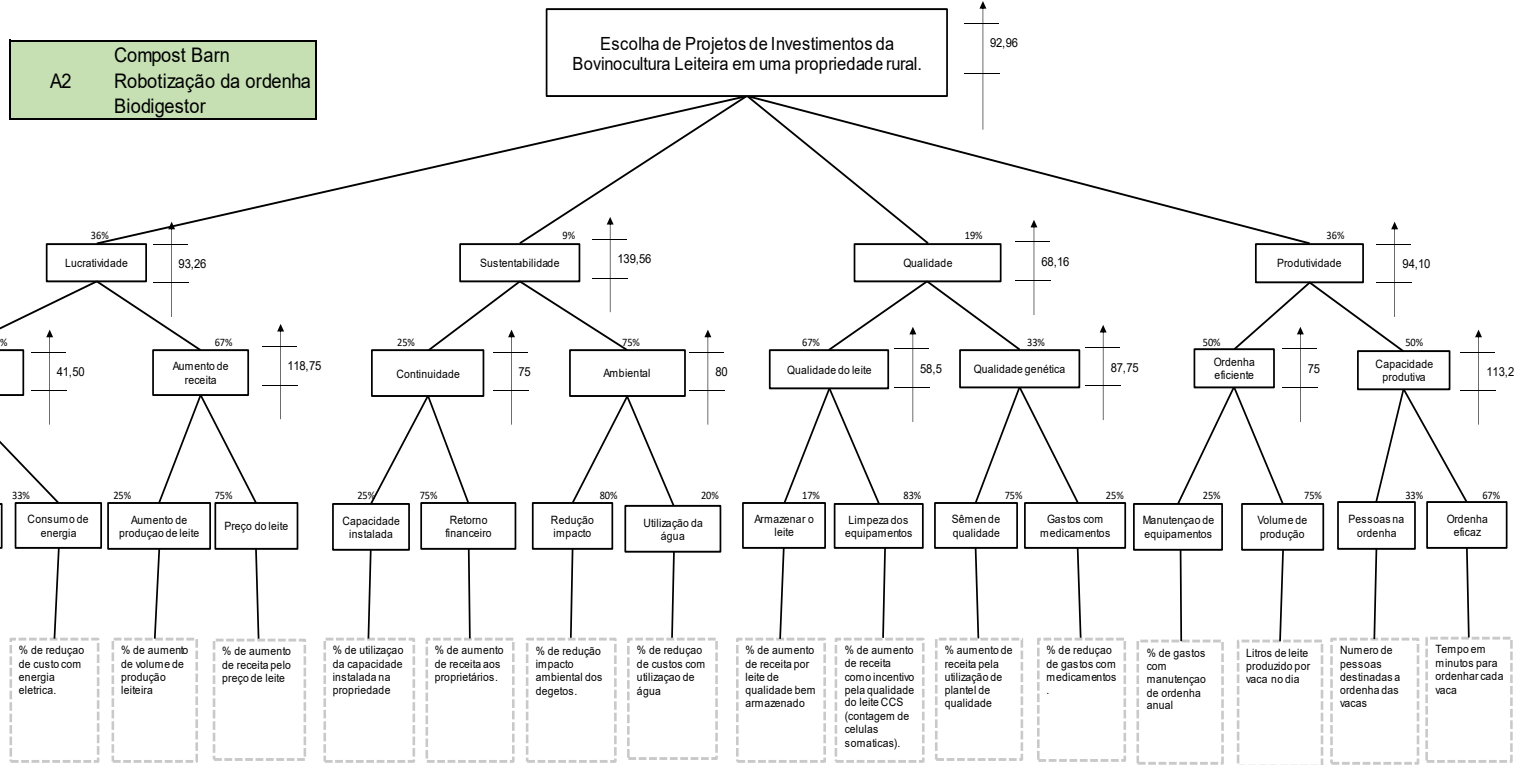
	[Capacidade produtiva]	[Ordenha eficiente]	[tudo inf.]	Escala atual
[Capacidade produtiva]	nula	nula	positiva	50
[Ordenha eficiente]	nula	nula	positiva	50
[tudo inf.]			nula	0

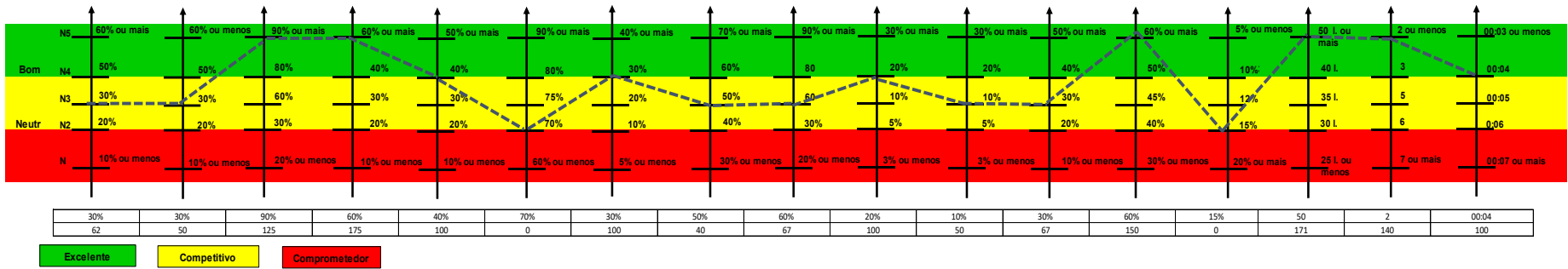
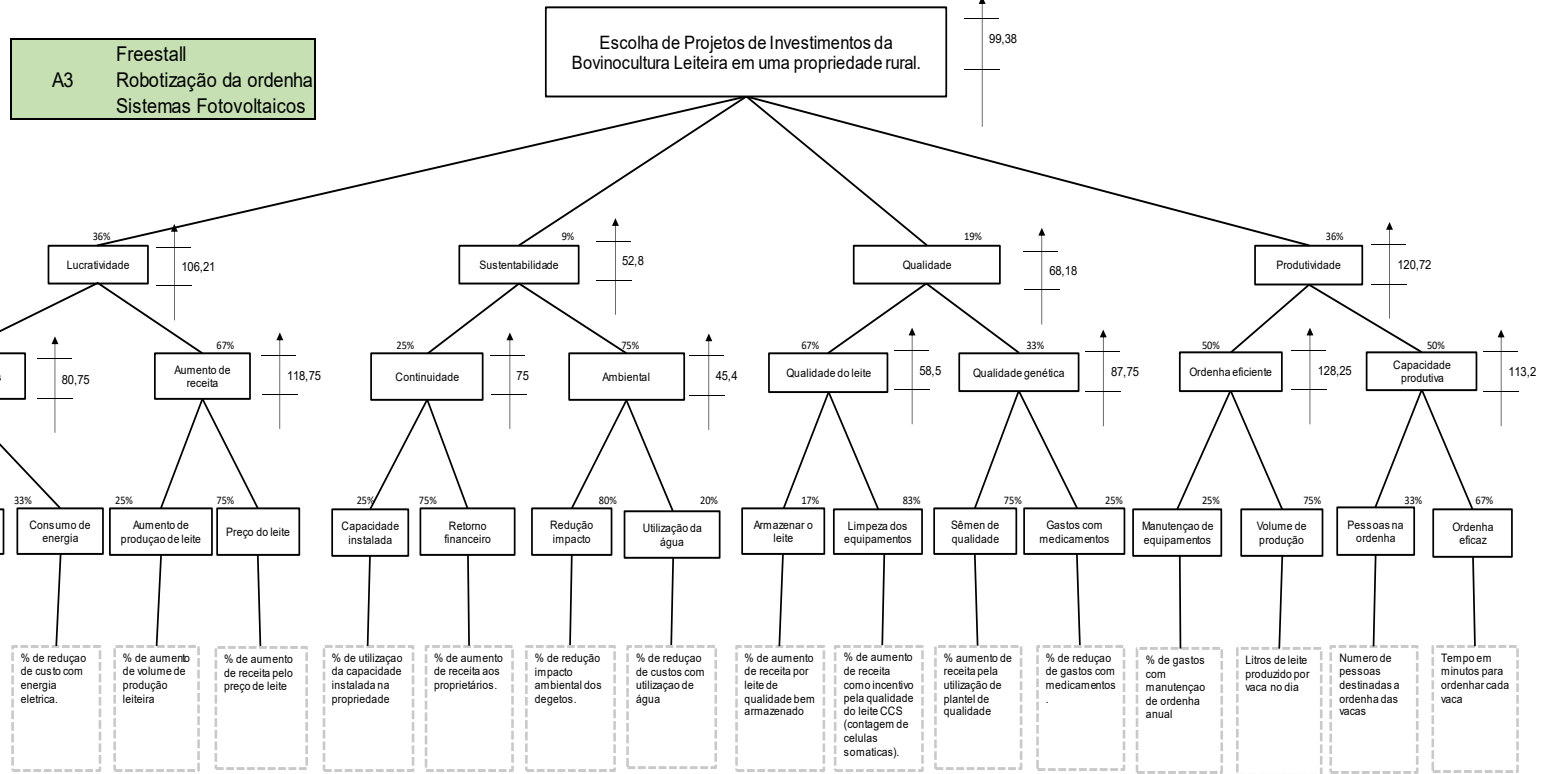
Julgamentos consistentes

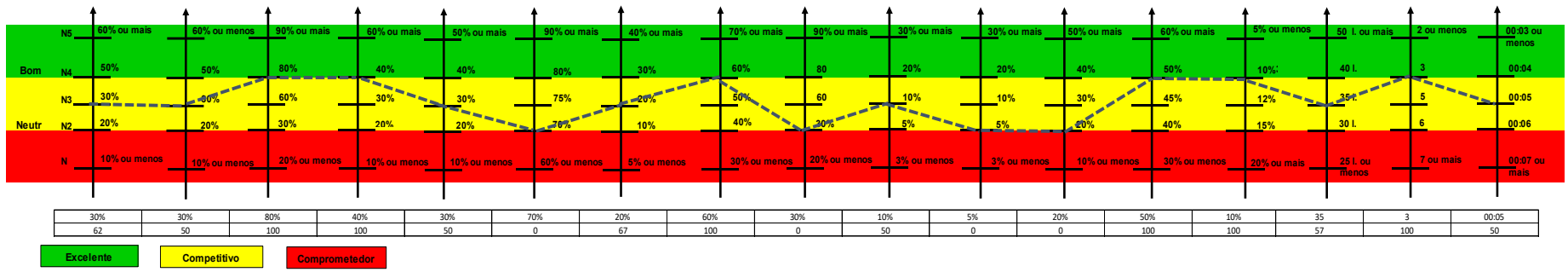
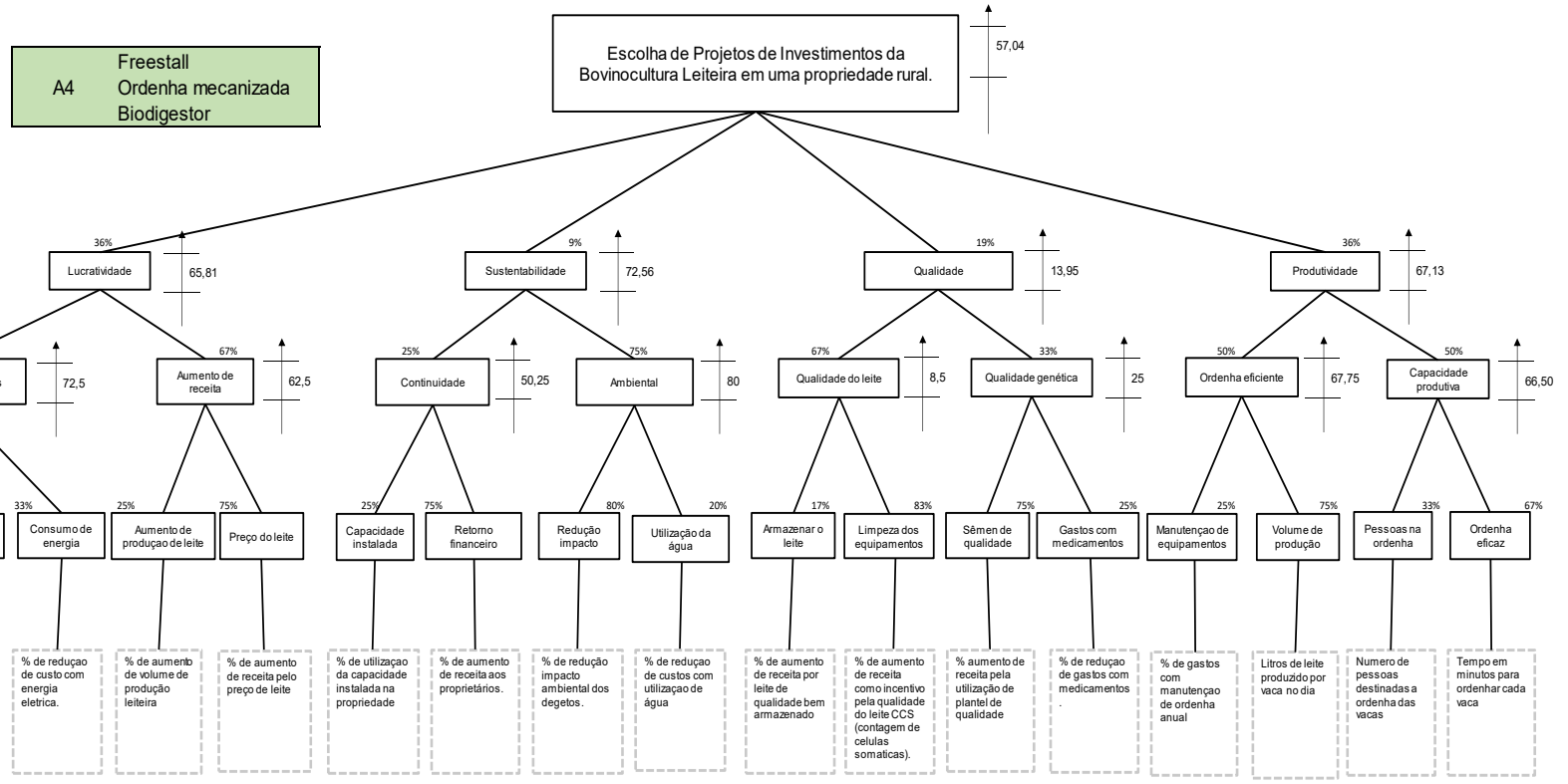


APÊNDICE F – Modelos completos AIBL









APÊNDICE G – Análise de sensibilidade

Análise de sensibilidade do critério "Lucratividade"

Tabela original						
	w1	w4	w3	w2		
Taxas de compensação	36%	9%	19%	36%	Global	Posição
Alternativas	Lucratividade	Sustentabilidade	Qualidade	Produtividade		
A1	74,8	36,56	16,67	67,13	57,55	3
A2	93,26	139,56	68,16	94,1	92,96	2
A3	106,21	52,8	68,18	120,72	99,40	1
A4	65,81	72,56	13,95	67,13	57,04	4

Lucratividade em 0%						
	w1	w4	w3	w2		
Taxas de compensação	0%	14%	30%	56%	Global	Posição
Alternativa/critérios	Lucratividade	Sustentabilidade	Qualidade	Produtividade		
A1	74,8	36,56	16,67	67,13	47,71	4
A2	93,26	139,56	68,16	94,1	92,68	2
A3	106,21	52,8	68,18	120,72	95,45	1
A4	65,81	72,56	13,95	67,13	51,94	3

$$W2' = 0,36 \cdot (1-0) / (1-0,36)$$

$$0,5625000$$

$$W3' = 0,19 \cdot (1-0) / (1-0,36)$$

$$0,2968750$$

$$W4' = 0,09 \cdot (1-0) / (1-0,36)$$

$$0,1406250$$

Lucratividade em 100%						
	w1	w4	w3	w2		
Taxas de compensação	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	Global	Posição
Alternativa/critérios	Lucratividade	Sustentabilidade	Qualidade	Produtividade		
A1	74,8	36,56	16,67	67,13	74,8	3
A2	93,26	139,56	68,16	94,1	93,3	2
A3	106,21	52,8	68,18	120,72	106,2	1
A4	65,81	72,56	13,95	67,13	65,8	4

$$W1' = 0,36 \cdot (1-0) / (1-0,36)$$

$$0$$

$$W3' = 0,19 \cdot (1-0) / (1-0,36)$$

$$0$$

$$W5' = 0,09 \cdot (1-0) / (1-0,36)$$

$$0$$

Análise com variação de 10% no critério "Lucratividade"						
10% de 36% =	3,6	39,6	0,396			
Acrescimento de 10% na Lucratividade						
	w1	w4	w3	w2		
Taxas de compensação	39,6%	8,4%	18,0%	34,0%	Global	Posição
Alternativa/critérios	Lucratividade	Sustentabilidade	Qualidade	Produtividade		
A1	74,8	36,56	16,67	67,13	58,5	3
A2	93,26	139,56	68,16	94,1	92,9	2
A3	106,21	52,8	68,18	120,72	99,8	1
A4	65,81	72,56	13,95	67,13	57,5	4

$$W2' = 0,36 \cdot (1 - 0,396) / (1 - 0,36)$$

$$0,33975000$$

$$W3' = 0,19 \cdot (1 - 0,396) / (1 - 0,36)$$

$$0,17931250$$

$$W4' = 0,09 \cdot (1 - 0,396) / (1 - 0,36)$$

$$0,08493750$$

Redução de 10% na Lucratividade						
	w1	w4	w3	w2		
Taxas de compensação	32,4%	9,6%	20,0%	38,0%	Global	Posição
Alternativa/critérios	Lucratividade	Sustentabilidade	Qualidade	Produtividade		
A1	74,8	36,56	16,67	67,13	56,6	3
A2	93,26	139,56	68,16	94,1	93,0	2
A3	106,21	52,8	68,18	120,72	99,0	1
A4	65,81	72,56	13,95	67,13	56,6	4

$$W2' = 0,36 \cdot (1 - 0,324) / (1 - 0,36)$$

$$0,38025000$$

$$W3' = 0,19 \cdot (1 - 0,324) / (1 - 0,36)$$

$$0,20068750$$

$$W4' = 0,09 \cdot (1 - 0,324) / (1 - 0,36)$$

$$0,09506250$$

Análise com variação de 20% no critério "Lucratividade"						
20% de 36% =	7,2	43,2	0,432			
Acrescimento de 20% no Lucratividade						
	w1	w4	w3	w2		
Taxas de compensação	43,2%	8,0%	16,8%	32,0%	Global	Posição
Alternativa/critérios	Custos	Conforto	Status	Segurança		
A1	74,8	36,56	16,67	67,13	59,5	3
A2	93,26	139,56	68,16	94,1	93,0	2
A3	106,21	52,8	68,18	120,72	100,2	1
A4	65,81	72,56	13,95	67,13	58,1	4

$$W2' = 0,36 \cdot (1 - 0,432) / (1 - 0,36)$$

$$0,31950000$$

$$W3' = 0,19 \cdot (1 - 0,432) / (1 - 0,36)$$

$$0,16862500$$

$$W4' = 0,09 \cdot (1 - 0,432) / (1 - 0,36)$$

$$0,07987500$$

Redução de 20% no Lucratividade						
	w1	w4	w3	w2		
Taxas de compensação	28,8%	10,0%	21,1%	40,1%	Global	Posição
Alternativa/critérios	Custos	Conforto	Status	Segurança		
A1	74,8	36,56	16,67	67,13	55,6	4
A2	93,26	139,56	68,16	94,1	92,9	2
A3	106,21	52,8	68,18	120,72	98,7	1
A4	65,81	72,56	13,95	67,13	56,1	3

$$W2' = 0,36 \cdot (1 - 0,288) / (1 - 0,36)$$

$$0,40050000$$

$$W3' = 0,19 \cdot (1 - 0,288) / (1 - 0,36)$$

$$0,21137500$$

$$W4' = 0,09 \cdot (1 - 0,288) / (1 - 0,36)$$

$$0,10012500$$

APÊNDICE H – Simulação de Monte Carlo

Horizonte de Planejamento (N) Número de simulações

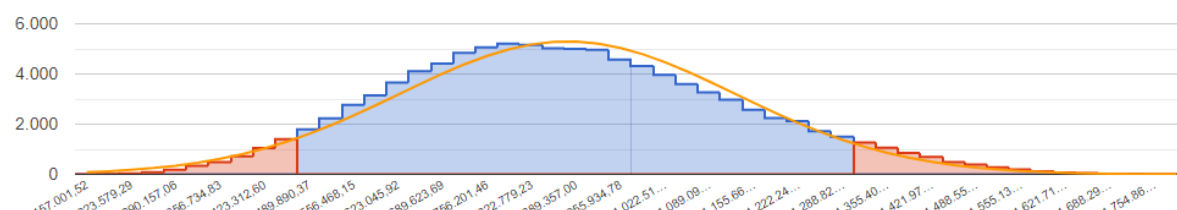
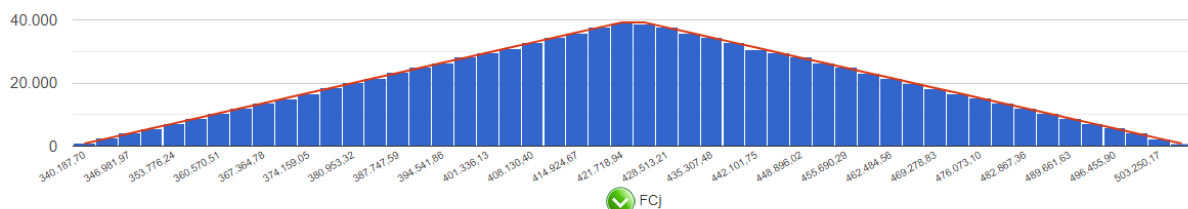
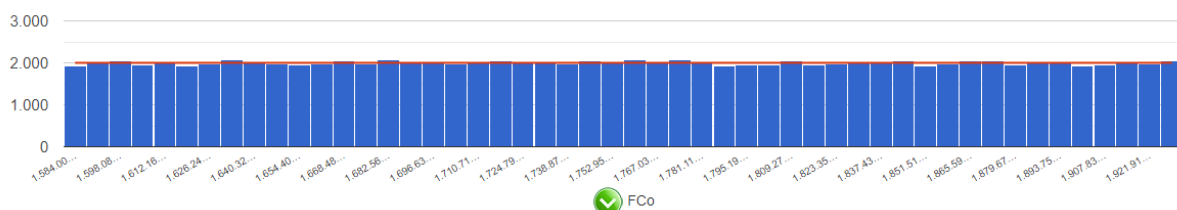
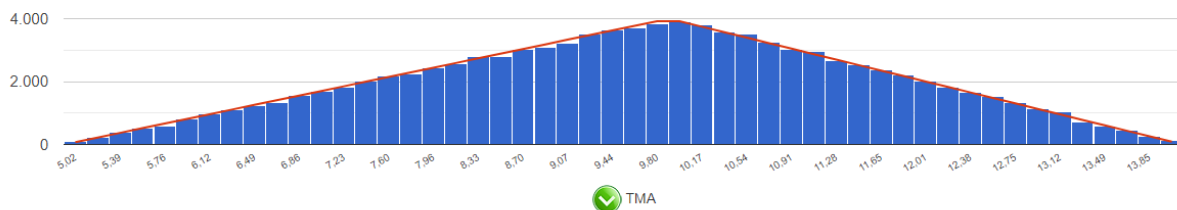
Deseja calcular probabilidades específicas? Sim

Taxa Min. de Atratividade (TMA, %) *Distribuição Triangular*

Investimento Inicial (FC₀) *Distribuição Uniforme*

Valor Residual (VR)

Fluxo de Caixa (FC_j) *Distribuição Triangular*



Exportar dados do histograma
 Exportar N Simulações para Excel
 Distribuição de Probabilidade do VPL - 90% (em azul) está entre 480.552,37 e 1.305.367,51

