

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**CARNE NEUTRA EM CARBONO NO BIOMA CERRADO: UM ESTUDO
SOBRE A VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS SILVIPASTORIS**

Edilene Virgulina Cardoso

**DOURADOS-MS
2025**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**CARNE NEUTRA EM CARBONO NO BIOMA CERRADO: UM ESTUDO
SOBRE A VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS SILVIPASTORIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia, para obtenção do Título de Mestre em Agronegócios.

Discente: Edilene Virgulina Cardoso

Orientador: Prof.º Drº Régio Marcio Toesca Gimenes

Coorientador: Prof.º Drº Clandio Favarini Ruviaro

DOURADOS-MS

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C268c Cardoso, Edilene Virgulina
CARNE NEUTRA EM CARBONO NO BIOMA CERRADO: UM ESTUDO SOBRE A
VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS SILVIPASTORIS [recurso eletrônico] / Edilene
Virgulina Cardoso, Régio Marcio Toesca Gimenes, Clandio Favarini Ruviaro. -- 2025.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Régio Marcio Toesca Gimenes.

Coorientador: Clandio Favarini Ruviaro.

Dissertação (Mestrado em Agronegócios)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2025.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Mudanças climáticas. 2. Sistemas agroflorestais. 3. Avaliação de investimento. 4. Sequestro de carbono. 5. Carne sustentável. I. Gimenes, Régio Marcio Toesca . II. Ruviaro, Clandio Favarini . III. Gimenes, Régio Marcio Toesca . IV. Ruviaro, Clandio Favarini. V. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA POR EDILENE VIRGULINA CARDOSO, ALUNA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO "AGRONEGÓCIOS E SUSTENTABILIDADE".

Aos vinte e cinco dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e cinco, às treze horas, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada **"CARNE NEUTRA EM CARBONO NO BIOMA CERRADO: UM ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS SILVIPASTORIS"**, apresentada pela mestranda Edilene Virgulina Cardoso, do Programa de Pós-graduação em Agronegócios, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof. Dr. Regio Marcio Toesca Gimenes/UFGD (presidente/orientador), Prof.ª Dr.ª Juliana Rosa Carrijo Mauad/UFGD (membro titular interno), Prof. Dr. Ricardo Guimaraes de Queiroz/UEMS (membro titular externo). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer à candidata e aos integrantes da banca as normas a serem observadas na apresentação da Dissertação. Após a candidata ter apresentado a sua Dissertação, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido a candidata considerada APROVADA. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados/MS, 25 de fevereiro de 2025.



Documento assinado digitalmente
REGIO MARCIO TOESCA GIMENES
Data: 25/02/2025 10:32:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Regio Marcio Toesca Gimenes
Presidente/orientador



Documento assinado digitalmente
JULIANA ROSA CARRIJO MAUAD
Data: 25/02/2025 17:14:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.ª Dr.ª Juliana Rosa Carrijo Mauad
Membro Titular Interno



Documento assinado digitalmente
RICARDO GUIMARAES DE QUEIROZ
Data: 25/02/2025 15:32:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ricardo Guimaraes de Queiroz
Membro Titular Externo

(PARA USO EXCLUSIVO DA PROPP)

EPÍGRAFE

"Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças."

Charles Darwin

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Helena Virgulina Cardoso e Arcenio Cardoso, ao meu filho, Ícaro Virgulino Radis e a todos os meus familiares. Vocês são minha razão de viver!

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente a todos que estiveram ao meu lado nesta jornada. Primeiramente, ao meu orientador, Régio Marcio Toesca Gimenes, que com sabedoria, paciência e dedicação guiou-me durante todo esse percurso. Suas palavras de incentivo, seu rigor acadêmico e sua confiança em meu potencial foram fundamentais para o sucesso deste trabalho. Obrigada por acreditar em mim, mesmo quando eu duvidava. Sou grata por cada ensinamento e pela confiança depositada em mim.

Aos meus pais, Helena Virgulina Cardoso e Arcenio Cardoso, meu porto seguro e minha maior fonte de inspiração. Vocês sempre acreditaram em meus sonhos e me apoiaram incondicionalmente. Tudo o que sou e conquistei é reflexo do amor, dedicação e ensinamentos que recebi de vocês. E aos meus irmãos, obrigada por estarem sempre ao meu lado.

Ao meu esposo Everson de Oliveira, minha rocha, minha âncora nos momentos mais desafiadores. Obrigada por me apoiar, por acreditar em mim, e por compartilhar comigo cada vitória e dificuldade. Ao meu filho Ícaro Virgulino Radis, que, com seu sorriso e sua luz, renovava minhas forças nos momentos de cansaço. Perdoem-me pelos momentos de ausência que foram necessários neste período.

Aos amigos de curso, que tornaram essa jornada mais leve e repleta de boas memórias. Compartilhar esse caminho com vocês fez toda a diferença. Juntos, rimos, choramos, aprendemos e crescemos. Gostaria de fazer um agradecimento especial aos meus amigos Lethícia Camila Dorce e Maurício Hiroyuki Kubo, vocês foram uma luz nos momentos de incerteza, guiando-me com conselhos sinceros e apoio constante. A presença de vocês foi fundamental para que eu conseguisse tomar decisões importantes e seguir em frente com confiança. Minha gratidão por suas palavras e gestos será eterna. Obrigada por estarem ao meu lado quando mais precisei.

E acima de tudo, a Deus, a quem devo cada passo dado, cada conquista alcançada. Sua presença em minha vida me deu a força e a coragem necessárias para superar os obstáculos e persistir nos momentos

de dúvida. Agradeço pela fé que me sustentou e pela sabedoria que me foi concedida para completar essa jornada. Que tudo isso seja para sua honra e glória.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 QUESTÕES DE PESQUISA.....	20
3 OBJETIVOS.....	20
4 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
5 RELEVÂNCIA DA PESQUISA.....	21
6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	22
REFERÊNCIAS.....	24
CAPÍTULO 2 - REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE ESTRATÉGIAS DE INTENSIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL NA PRODUÇÃO DE CARNE BOVINA NO BRASIL.....	26
1 INTRODUÇÃO.....	28
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	32
2.1 PESQUISA NAS BASES DE DADOS.....	34
2.2 ANÁLISE DO FATOR DE IMPACTO.....	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
3.1 DADOS BIBLIOMÉTRICOS DA REVISÃO.....	37
4 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	52
CAPÍTULO 3 - ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONOMICA EM UM SISTEMA SILVIPASTORIL COM ÊNFASE NA NEUTRALIZAÇÃO DE CARBONO.....	57
1 INTRODUÇÃO.....	59
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	60
2.1 COMPROMISSOS EM RELAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	60
2.2 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO SETOR BOVINO NO BRASIL.....	63
2.3 BOVINOCULTURA DE CORTE E AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL.....	65
2.4 BEM-ESTAR ANIMAL.....	70
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	72
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	72
3.2 PLANTIO AVALIADO.....	73
3.3 CUSTOS DA FLORESTA PLANTADA.....	75
3.4 CUSTO BOVINOCULTURA DE CORTE.....	76
3.5 RECEITA DA FLORESTA PLANTADA.....	76
3.6 RECEITA DA BOVINOCULTURA.....	77
3.7 RECEITA DO CARBONO.....	77
3.8 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA.....	80
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	85
REFERÊNCIAS.....	98
CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
4.1 CONTRIBUIÇÕES E IMPLICAÇÕES TEÓRICAS.....	103
4.2 CONTRIBUIÇÕES E IMPLICAÇÕES GERENCIAIS.....	103

4.3 CONTRIBUIÇÕES E IMPLICAÇÕES SOCIAIS	104
4.4 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E FUTUROS CAMINHOS DE INVESTIGAÇÃO	105

CARNE NEUTRA EM CARBONO NO BIOMA CERRADO: UM ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS SILVIPASTORIS

RESUMO

A bovinocultura brasileira desempenha um papel importante na economia do país, aumentando o Produto Interno Bruto (PIB) e elevando o país ao patamar de maior exportador de carne bovina do mundo. A produção de carne com foco em sustentabilidade, frequentemente referida como carne verde, sustentável ou neutra em carbono, é uma abordagem estratégica no sistema produtivo que procura minimizar o impacto ambiental, especialmente em relação às emissões de gases de efeito estufa (GEE), visto que, a bovinocultura é um dos maiores responsáveis pelos fatores de mudanças climáticas. Com isso, o estudo terá como objetivo geral verificar a viabilidade econômico-financeira de um sistema silvipastoril no Bioma Cerrado com foco na produção de carne neutra em carbono. E tem como objetivos específicos: 1. Analisar as principais estratégias de intensificação sustentável na produção de carne bovina no Brasil, demonstrando o potencial da implantação de florestas em sistemas de criação de gado para a recuperação de pastagens degradadas e compensação das emissões de metano (CH₄) da bovinocultura de corte. 2. Identificar os fatores socioeconômicos que influenciam o retorno do investimento em sistemas silvipastoris, como posse da terra, opções de financiamento, subsídios e incentivos fiscais. Para realização deste estudo, foi efetuada uma avaliação econômica a partir de cenários compostos por espécies arbóreas da espécie *Tectona Grandis* – *Teca*, em integração com gado de corte da espécie Nelore. Foram utilizadas as técnicas de avaliação de investimento de capital Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), Payback Descontado (PD), Índice de Lucratividade (IL), Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM), Relação Benefício/Custo (B/C), Modelo de Precificação de Ativos Financeiros – (CAPM) e análise de risco e sensibilidade com a Simulação de Monte Carlo. Espera-se que além das expectativas de retorno financeiro, o estudo da viabilidade deste sistema, possa contribuir diretamente com os desafios mundiais acordados na Agenda 2030, em especial com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) n^os 2 e 13 que tratam da agricultura sustentável e fome zero, e ações contra as mudanças climáticas. O retorno do investimento em sistemas agroflorestais é influenciado por fatores socioeconômicos, como a posse da terra, opções de financiamentos, subsídios, incentivos fiscais, acesso a informação e assistência técnica, junto com aspectos agronômicos. Contudo, o custo elevado de implantação do sistema, exige que o governo disponibilize subsídios, financiamentos e incentivos governamentais para que o produtor possa suportar os gastos iniciais e aguardar o retorno em longo prazo.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Sistemas agroflorestais; Avaliação de investimento; Sequestro de carbono.

CARBON-NEUTRAL MEAT IN THE CERRADO BIOME: A STUDY ON THE ECONOMIC VIABILITY OF SILVOPASTORAL SYSTEMS

ABSTRACT

Brazilian cattle farming plays a significant role in the country's economy, increasing the Gross Domestic Product (GDP) and positioning Brazil as the world's leading beef exporter. Sustainable beef production, often referred to as green, sustainable, or carbon-neutral beef, is a strategic approach within the production system that aims to minimize environmental impact, particularly regarding greenhouse gas (GHG) emissions, as cattle farming is one of the major contributors to climate change. This study aims to assess the economic and financial feasibility of a silvopastoral system in the Cerrado Biome, focusing on carbon-neutral beef production. The specific objectives are: (1) to analyze the main sustainable intensification strategies in Brazilian beef production, demonstrating the potential of integrating forests into cattle farming systems for pasture recovery and methane (CH₄) emission offsetting in beef cattle production; (2) to identify the socioeconomic factors influencing the return on investment in silvopastoral systems, such as land ownership, financing options, subsidies, and tax incentives. To conduct this study, an economic assessment was performed using scenarios that included *Tectona grandis* (Teak) trees integrated with Nelore cattle. Capital investment evaluation techniques were applied, including Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Equivalent Annual Uniform Value (EAUV), Discounted Payback (DP), Profitability Index (PI), Modified Internal Rate of Return (MIRR), Benefit-Cost Ratio (B/C), the Capital Asset Pricing Model (CAPM), and risk and sensitivity analysis using Monte Carlo Simulation. Beyond financial return expectations, this study aims to contribute to global challenges outlined in the 2030 Agenda, particularly the Sustainable Development Goals (SDGs) No. 2 and 13, which address sustainable agriculture, zero hunger, and climate change mitigation. The return on investment in agroforestry systems is influenced by socioeconomic factors such as land ownership, financing options, subsidies, tax incentives, access to information, and technical assistance, along with agronomic aspects. However, the high implementation costs of the system require government support through subsidies, financing, and incentives to help producers cover initial expenses and wait for long-term returns.

Keywords: Investment evaluation; Sustainable meat; Climate change; Carbon sequestration; Agroforestry systems.

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Resumo das técnicas de avaliação de investimento	84
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da Dissertação.....	23
Figura 2 - Fluxograma das fases da revisão adaptado do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).	36
Figura 3 - Rede de correlação da revisão	37
Figura 4 - Framework conceitual sobre estratégias de intensificação sustentável na produção de carne bovina no Brasil	48
Figura 5 - Síntese do cenário Silvipastoril	73
Figura 6 - Simulação de Monte Carlo do VPL do fluxo de caixa	93
Figura 7 - Análise de sensibilidade dos preços	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ranking de rebanho da pecuária (2022).....	29
Tabela 2 - Relação dos artigos mais citados.....	38
Tabela 3 - Evolução do rebanho e consumo de carne bovina no Brasil (2012-2022).....	64
Tabela 4 - Conversão de emissões em GWP-100 e GTP-100.....	66
Tabela 5 - Conversão e compensação de Carbono.....	79
Tabela 6 - Fluxo de Caixa Completo e Detalhado.....	87
Tabela 7 - Cálculo do custo do capital próprio pelo modelo CAPM.....	90
Tabela 8 - Resultado das técnicas de avaliação do investimento.....	90
Tabela 9 - Relação dos periódicos com seus respectivos quartis e artigos ...	108

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

3-NOP - 3-nitrooxipropanolb
ABC - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono
AW - Clima de Savana Equatorial
B/C - Relação Benefício/Custo
CAPM - Capital Asset Pricing Model
CCN - Carne Carbono Neutro
CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CERs - Certificados de Emissões Reduzidas
CH₄ - Metano
CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CO - Custo de Oportunidade
CO₂ - Dióxido de carbono
COP-3 - Terceira Conferência das Partes
DAP - Diâmetro à Altura do Peito
FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
Fck - Fluxo de Caixa do Projeto
Fct - Fluxo de Caixa no tempo t
GEE - Emissões de Gases de Efeito Estufa
GTP - Global Temperature Potential
GWP - Global Warming Potential
HFCs - Hidrofluorcarbonetos
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IL - Índice de Lucratividade
ILPF - Integração lavoura-pecuária-floresta
IMEA - Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária
INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ITR - Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural
JCF - Journal Impacto Factor
JCI - Journal Citation Indicator

JCR - Journal Citation Report

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar

MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MIRR - Modified Internal Rate of Return

MT - Mato Grosso

N₂O - Óxido Nitroso

NDCs - Contribuições Determinadas Nacionalmente

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONGs - Organizações não Governamentais

PA - Playback Atualizado

PIB - Produto Interno Bruto

PPM - Pesquisa da Pecuária Municipal

PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses

RAMT - Relatório de Análise de mercado de Terras do Estado de Mato Grosso

RIR - Regulamento do Imposto de Renda

SEEG - Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa

SEPLAN - Secretaria de Planejamento e Assuntos Econômicos

SF - Hexafluoreto de Enxofre

TIR - Taxa Interna de Retorno

TIRM - Taxa Interna de Retorno Modificada

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

UNFCCC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas

USDA - United States Department of Agriculture

VAUE - Valor Anual Uniforme Equivalente

VCM - Mercado Voluntário de Carbono

VPL - Valor Presente Líquido

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio é uma rede complexa de atividades interligadas que abrange desde a produção agrícola e pecuária até diversos setores industriais e comerciais. De acordo com Callado (2014), o segmento dentro da porteira pode ser subdividido em várias categorias, sendo elas: atividades agrícolas, atividades pecuárias e atividades de transformação. E dentre essas atividades, uma delas se destaca por ter um impacto relevante nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), tornando-se um ponto estratégico para melhorias em sustentabilidade.

Segundo dados de 2022 da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o rebanho bovino de gado de corte no Brasil, o qual está diretamente ligado à atividade pecuária, foi estimado em cerca de 234,4 milhões de cabeças, atingindo um novo recorde, com aumento de 4,3% em relação ao ano anterior.

Essa cadeia produtiva miscigenada é essencial para o crescimento econômico e desenvolvimento do país, porém, enfrenta grandes desafios e entraves. Segundo o quarto inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa emitido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) em 2016, a agropecuária desempenhou um papel significativo nas emissões do Brasil, contribuindo com 33% das emissões totais de GEE em termos de dióxido de carbono equivalente (CO₂) (Brasil, 2016).

A fermentação¹ entérica foi identificada como a principal fonte de emissões neste setor, correspondendo a 19% das emissões totais de GEE

¹ A fermentação entérica é um processo biológico que ocorre no sistema digestivo de ruminantes, como bovinos, ovinos e caprino. Durante a digestão, microrganismos presentes no rúmen decompõem os carboidratos ingeridos, resultando na produção de gases, incluindo metano (CH₄), que é liberado principalmente por meio da eructação (arroto).

do país naquele ano. Esse processo natural desempenhou um papel relevante nas emissões de metano (CH₄), representando 76% do total.

Os desafios ambientais associados à criação de gado estão principalmente relacionados ao método predominante de produção no Brasil, caracterizado pelo sistema extensivo, que ainda apresenta oportunidades para maior incorporação de tecnologias sustentáveis (Mauro *et al.*, 2024). Diante desse cenário, torna-se fundamental adotar técnicas, estratégias e estudos que possibilitem aprimorar a eficiência produtiva e mitigar os impactos ambientais.

Durante a 15ª Conferência das Partes (COP15), em Copenhague, em 2009, o Brasil comprometeu-se a reduzir suas emissões de GEE. Como parte desse compromisso, foi elaborado o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC), Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura —, que visa tanto à redução das emissões de GEE quanto à adaptação do setor agropecuário às mudanças climáticas (Brasil, 2012).

Pensando nisso, alguns órgãos e entidades promoveram estudos alinhados aos compromissos firmados pelo Brasil. Como exemplo, podemos citar a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Ela criou a marca conceito Carne Carbono Neutro (CCN), onde a gestão é realizada pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA).

Esta iniciativa desenvolvida pela Embrapa certifica a carne bovina produzida em sistemas de integração, como o silvipastoril (pecuária-floresta) ou agrossilvipastoril (lavoura-pecuária-floresta). Esse conceito visa reduzir as emissões de gases de efeito estufa associados à produção de carne bovina, garantindo que essas emissões sejam neutralizadas ou compensadas por meio de técnicas de manejo florestal (CNA, 2023).

Essas medidas não apenas contribuem para a sustentabilidade ambiental, mas também prestam serviços valiosos em áreas com pastagens

como, por exemplo, a recuperação de áreas degradadas. A CCN é uma marca registrada no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) sob os protocolos 907078982, 907079156 e 907079270 (Alves *et al.*, 2015). Essa marca tem um grande potencial de valorização da carne, além disso, é sustentável e se importa com o bem estar animal e impacto ambiental.

O conceito de bem-estar animal é amplamente discutido na literatura, envolvendo diversos fatores que influenciam a qualidade de vida dos animais. Segundo o Código Terrestre de Saúde Animal (2017), o bem-estar se refere ao estado do animal em relação às condições em que vive, abrangendo aspectos como nutrição, sanidade, manejo e instalações.

Além disso, o Projeto de Lei (PL) 2148/2015 o qual foi aprovado em 2023 pela Câmara dos Deputados, mas que ainda aguarda um parecer do Senado Federal define a redução de impostos para produtos alinhados com uma economia verde e de baixo carbono. O PL institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), que define limites máximos de emissões de gases e cria um mercado de comercialização de créditos de carbono, onde empresas podem negociar títulos de emissão (Brasil, 2023).

Esse sistema visa estimular a redução de emissões através de mecanismos de mercado, permitindo que empresas que emitam menos gases possam vender seus excedentes de créditos para aquelas que ultrapassam seus limites.

Ademais, o Brasil está avançando na regulamentação do mercado de carbono por meio do PL 182/2024. Essa iniciativa exigirá que os setores produtivos, incluindo o agronegócio, façam um inventário de suas emissões e adquiram créditos para compensar as emissões que ultrapassarem os limites estabelecidos (Brasil, 2024).

Com o estudo da viabilidade econômica será possível indicar se existe um potencial de mercado para estes produtores, os custos de produção, os prazos de retorno dos investimentos, os entraves, os

incentivos fiscais e financeiros e também demonstrar que esta abordagem é parte fundamental para mitigar os impactos ambientais (assunto este que faz parte das principais discussões das conferências das Organizações das Nações Unidas - ONU, bem como retornar um estudo sobre a rentabilidade possível deste sistema produtivo.

2 QUESTÕES DE PESQUISA

Diante dos desafios globais e do cenário de incerteza dos produtores rurais, o sistema silvipastoril oferece benefícios ambientais e econômicos? A produção de carne com pegada de carbono reduzida é viável economicamente?

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Verificar a viabilidade econômico-financeira de um sistema silvipastoril no Bioma Cerrado com foco na produção de carne neutra em carbono.

3.2 Objetivos Específicos

1. Analisar as principais estratégias de intensificação sustentável na produção de carne bovina no Brasil, demonstrando o potencial da implantação de florestas em sistemas de criação de gado para a recuperação de pastagens degradadas e compensação das emissões de metano (CH₄) da bovinocultura de corte.

2. Identificar os fatores socioeconômicos que influenciam o retorno do investimento em sistemas silvipastoris, como posse da terra, opções de financiamento, subsídios e incentivos fiscais.

4 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estado do Mato Grosso (MT) foi escolhido para projeção do cenário devido ao seu destaque como maior produtor de carne do Brasil, além de ser uma referência significativa na indústria madeireira. Segundo dados do IBGE (2022), o estado apresenta área territorial de 903.208,361 km², composta por 141 municípios, tendo uma população estimada em 2022, de 3.658.649 de pessoas.

5 RELEVÂNCIA DA PESQUISA

Ao explorar a viabilidade econômica do sistema silvipastoril e também demonstrar seus benefícios e participação na recuperação do ecossistema sugere - se que o sistema atende não somente às preocupações ambientais, mas também representa uma estratégia de retorno financeiro para os produtores rurais.

A diversificação de atividades, a melhoria da qualidade do solo, a conservação de recursos naturais e a geração de múltiplos fluxos de receita são aspectos que contribuem para a atratividade desse sistema. As exigências mundiais, bem como as práticas e alternativas disponíveis, faz com que nosso país tome providências mais rígidas para cumprir os acordos internacionais e os objetivos de desenvolvimentos sustentáveis (ODS).

O PL n.º 1.196, de 2024 tem como objetivo promover e incentivar práticas agrícolas que sejam ecologicamente corretas, economicamente viáveis, socialmente justas e culturalmente aceitas. O artigo 2º deste PL tem dentre outras diretrizes: I - o incentivo à agricultura orgânica, à agroecologia e ao manejo florestal sustentável; II - a promoção da segurança alimentar e

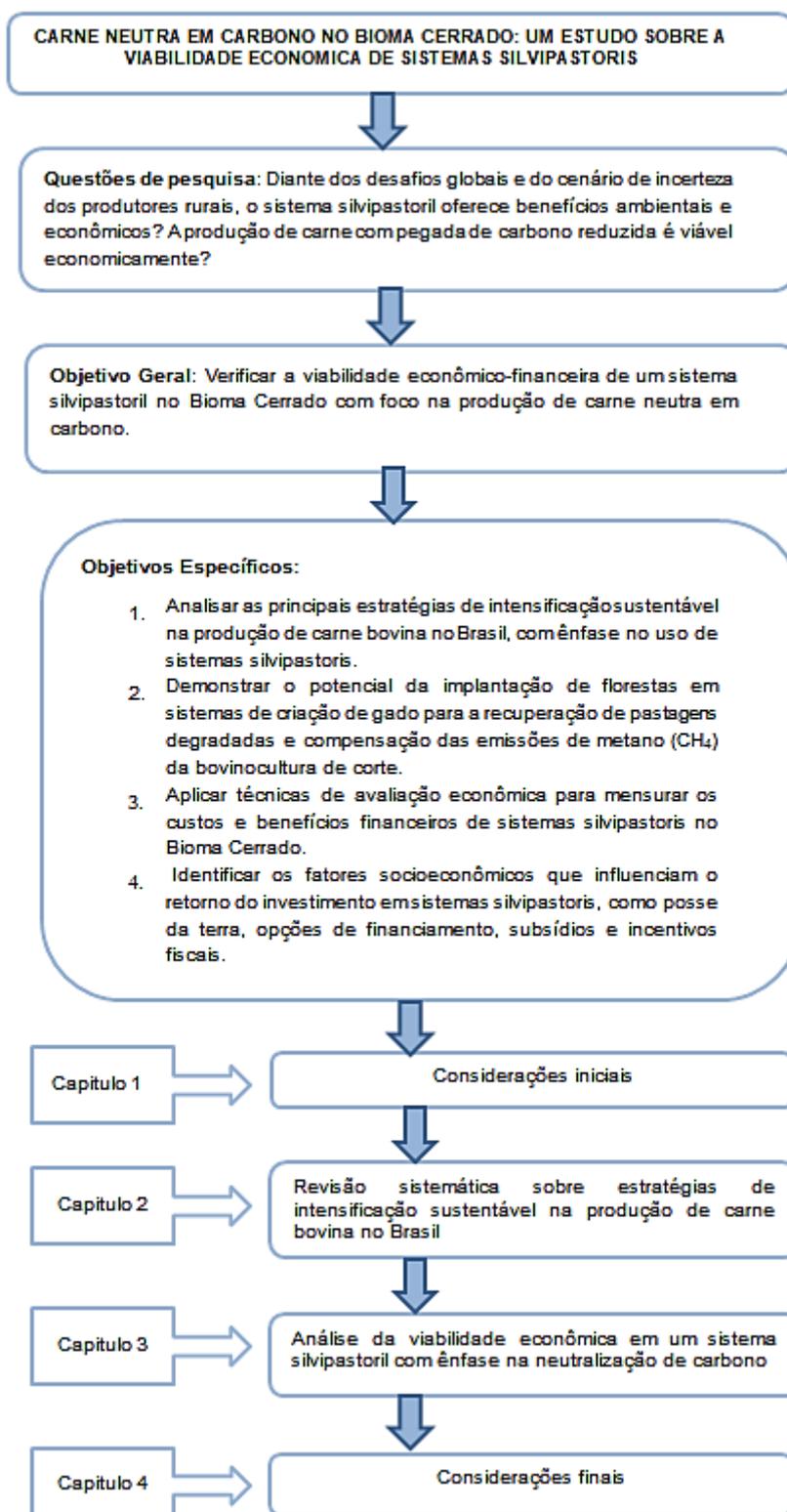
nutricional; III - a valorização e a difusão de técnicas de manejo agrícola que conservem ou recuperem a função ecológica do solo; IV - o estímulo à produção agrícola sustentável e à diversificação da produção no âmbito da pequena propriedade rural.

Além disso, o Brasil está avançando na regulamentação do mercado de carbono por meio de alguns Projetos de Lei como o PL n.º 2148/2015 e o PL n.º 182/2024. Essa iniciativa exigirá que os setores produtivos, incluindo o agronegócio, façam adequações em seus sistemas de produção, de forma a mitigar as emissões e danos causados ao meio ambiente.

6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em quatro capítulos. O primeiro capítulo apresenta as considerações iniciais, a questão de pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos, a delimitação do estudo e a relevância da investigação. O segundo capítulo consiste em uma revisão sistemática que aborda as principais estratégias de intensificação sustentável aplicadas à produção de carne bovina no Brasil, esta revisão tem o intuito de contribuir com os objetivos específicos da pesquisa. O terceiro capítulo aborda uma análise da viabilidade econômica em um sistema silvipastoril com ênfase na neutralização de carbono, este capítulo tem a finalidade de responder o objetivo geral da pesquisa. O quarto e último capítulo reúnem as considerações finais do estudo, destacando suas principais contribuições e implicações nos âmbitos teórico, gerencial e social e também indica as limitações do estudo e futuros caminhos de investigação. A **Figura 1** sintetiza esta ideia.

Figura 1 - Estrutura da Dissertação



Fonte: Elaborada pela autora(2024).

REFERÊNCIAS

ALVES, F. V. *et al.* **Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos**. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, 2015. 29 p. (Documentos, 210).

BRASIL. **Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 1.196, de 2024**: Institui a Campanha Nacional de Fomento à Agricultura Sustentável e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/projetos/2422262>. Acesso em: 3 fev. 2024.

BRASIL. **Câmara dos Deputados. Câmara aprova projeto que regulamenta o mercado de carbono no Brasil**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 21 dez. 2023. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/929376-camara-aprova-projeto-que-regulamenta-o-mercado-de-carbono-no-brasil>. Acesso em: 10 mar. 2024.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2012. 173 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc>. Acesso em: 3 fev. 2024.

BRASIL. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil – 5ª edição**. Brasília, DF: MCTI, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/livro_digital_5ed_estimativas_anuais.pdf. Acesso em: 3 fev. 2024.

BRASIL. **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, DF: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/planejamento/pt-br/agenda-2030>. Acesso em: 3 fev. 2024.

BRASIL. **Senado Federal. Projeto de Lei nº 182, de 2024**: Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). Brasília, DF: Senado Federal, 2024. Disponível em: <http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/161961>. Acesso em: 3 fev. 2024.

CALLADO, A. A. C. Balanced scorecard metrics and specific supply chain roles. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 63, n. 2, p. 290-301, 2014.

CNA. **Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Protocolo Carne Carbono Neutro (CCN)**. Brasília, DF: CNA, [2023]. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/protocolo-carne-carbono-neutro-ccn>. Acesso em: 18 mar. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa da Pecuária Municipal 2022**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>. Acesso em: 3 fev. 2024.

MAURO, R. de A.; SILVA, M. P.; NICACIO, A. C.; ALMEIDA, R. G. de; GOMES, R. da C.; SILVA, J. C. B.; SOUZA, V. F. de. From Traditionally Extensive to Sustainably Intensive: A Review on the Path to a Sustainable and Inclusive Beef Farming in Brazil. **Animals**, v. 14, n. 16, p. 2340, 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/animals/special_issues/pastoralism_animal_management. Acesso em: 9 set. 2024.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE ESTRATÉGIAS DE INTENSIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL NA PRODUÇÃO DE CARNE BOVINA NO BRASIL

RESUMO

A produção de carne bovina desempenha um papel essencial na economia do país contribuindo diretamente com a balança comercial. Além disso, o Brasil lidera o *ranking* de exportação desta proteína. No entanto, é essencial reconhecer que a produção de carne bovina também envolve desafios ambientais. A gestão da expansão das pastagens e a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na pecuária são aspectos importantes para o avanço sustentável do setor. Diante desta questão e da necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis, o tema da carne sustentável e neutralização de carbono têm ganhado destaque. Esta revisão sistemática tem como objetivo analisar estudos recentes que exploram diferentes aspectos da produção de carne bovina relacionados à sustentabilidade e às estratégias de neutralização de carbono. Inicialmente, foram identificados 71 artigos na base de dados *Web of Science* e 62 na *Scopus* dos quais 31 foram meticulosamente selecionados e analisados após critérios rigorosos de inclusão e exclusão tendo como parâmetro o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) e utilizando o *software R Studio*. Os artigos revisados abordam desde a relação entre a produção de carne bovina e o desmatamento até iniciativas de recuperação de pastagens e manejo otimizado dos sistemas pecuários. O intuito é consolidar o conhecimento atual sobre carne sustentável e neutralização de carbono, destacando tendências, lacunas e oportunidades para futuras pesquisas e políticas. Foi possível identificar as palavras-chave mais frequentes, assim como os principais autores que contribuem na área, evidenciando a evolução e a diversificação dos termos empregados na comunicação dos resultados das pesquisas científicas e as ramificações existentes. Um dos estudos encontrados e que vale destaque, enfatiza que o aditivo 3-nitrooxipropanolb (3-NOP) reduz efetivamente as emissões entéricas de metano em ruminantes em pelo menos 30%. Em suma, essa revisão sistematiza a literatura sobre estratégias de intensificação sustentável na produção de carne bovina, além de políticas públicas e tecnologias voltadas para mitigar os impactos ambientais dessa indústria, especialmente no que diz respeito à neutralização de carbono.

Palavras - chave: Gás de efeito estufa; Gestão ambiental; Manejo dos sistemas pecuários; Políticas públicas; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Beef production plays a crucial role in the country's economy, directly contributing to the trade balance. Moreover, Brazil leads the global ranking in beef exports. However, it is essential to recognize that beef production also involves environmental challenges. Managing pasture expansion and reducing greenhouse gas (GHG) emissions in livestock farming are key aspects for the sector's sustainable advancement. Given this issue and the need for more sustainable agricultural practices, the topics of sustainable beef production and carbon neutrality have gained prominence. This systematic review aims to analyze recent studies that explore different aspects of beef production related to sustainability and carbon neutrality strategies. Initially, 71 articles were identified in the Web of Science database and 62 in Scopus, of which 31 were meticulously selected and analyzed following strict inclusion and exclusion criteria, based on the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) protocol and using R Studio software. The reviewed articles cover topics ranging from the relationship between beef production and deforestation to initiatives for pasture restoration and optimized livestock management systems. The goal is to consolidate current knowledge on sustainable beef production and carbon neutrality, highlighting trends, gaps, and opportunities for future research and policies. Frequent keywords and key authors contributing to the field were identified, demonstrating the evolution and diversification of terms used in scientific research communication. Notably, one study found that the additive 3-nitrooxypropanol (3-NOP) effectively reduces enteric methane emissions in ruminants by at least 30%. In summary, this review systematizes the literature on sustainable intensification strategies in beef production, as well as public policies and technologies aimed at mitigating the environmental impacts of this industry, particularly concerning carbon neutrality.

Keywords: Greenhouse gas; Environmental management; Management of livestock systems; Public policies; Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), no primeiro trimestre de 2024, o agronegócio brasileiro apresentou um superávit de US\$ 32,23 bilhões, registrando um crescimento de 2,8% em relação ao mesmo trimestre do ano anterior. As exportações alcançaram US\$ 36,83 bilhões e as importações somaram US\$ 4,60 bilhões, o que corresponde a aumentos de 2,9% e 3,7%, respectivamente, em comparação com 2023. O saldo positivo da balança comercial, considerando todos os setores, foi de US\$ 19,08 bilhões no período, representando um aumento de US\$ 3,47 bilhões em relação ao primeiro trimestre do ano passado (IPEA, 2024).

Quanto à participação no comércio exterior, as importações realizadas pelo agronegócio corresponderam a 7,78% do total importado pelo Brasil no primeiro trimestre de 2024, mantendo-se estáveis em relação ao mesmo período do ano anterior (IPEA, 2024).

Quando falamos mais especificamente sobre a carne bovina, a amplitude se torna mais expressiva: a maior população de bovinos comerciais do mundo (234,4 de acordo com dados de 2022 do IBGE) está localizada no Brasil. Os principais estados produtores são: Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Pará, que juntos respondem por 54,2% da produção nacional (Oliveira, 2019).

De acordo com Cezar *et al.* (2005), a pecuária de corte pode ser categorizada em três tipos de sistemas de criação: extensivo, semiextensivo e intensivo. No sistema extensivo, a alimentação dos animais provém exclusivamente das pastagens, abrangendo 80% da produção de carne no Brasil. Já o sistema semiextensivo combina o uso de pastagens com suplementação proteica. Por fim, o sistema intensivo envolve o uso de pastagens e suplementos proteicos, além de um período de confinamento para os bovinos machos, onde recebem alimentação exclusivamente no cocho durante a fase de terminação.

Dados de 2023 da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), mostram que a densidade de gado na

superfície agrícola para o sistema extensivo é em média de 0,54 UA/ha, valores que indicam a baixa capacidade de lotação das pastagens brasileiras, não suportando nem a lotação de um animal adulto por hectare.

O manejo inadequado das pastagens, incluindo a deficiência em controle nutricional e o excesso de animais por área, contribui significativamente para a deterioração desses ambientes. Segundo a FAO, em 2021, o Brasil foi o maior exportador de carne bovina do mundo, com 16,1% do total de toda exportação – ficando à frente dos EUA, Austrália e Nova Zelândia. Dentre os principais destinos da carne brasileira estão os mercados da China, Estados Unidos, União Europeia, Chile e Egito. É importante lembrar que, a produção de carne bovina é uma indústria crucial para a economia brasileira, contudo enfrenta desafios significativos em relação à sustentabilidade ambiental e à neutralização de carbono.

Segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e também da CNA, em 2022, a soma de bens e serviços gerados no agronegócio chegou a R\$ 2,54 trilhões ou 25% do PIB brasileiro. Dentre os segmentos, a pecuária correspondeu a 27,8% ou R\$ 705,36 bilhões. Para ilustrar o ranking de produção, segue abaixo a **Tabela 1**.

Tabela 1 - Ranking de rebanho da pecuária para o ano de 2022.

Rebanho	Produção
Galináceos	1.586.047.875,00
Bovinos	234.352.649,00
Suínos	44.393.930,00
Ovinos	21.514.274,00
Codornas	14.028.550,00
Caprinos	12.366.233,00
Equinos	5.834.544,00
Bubalinos	1.598.268,00

Fonte: Elaborada pela autora com dados do IBGE (2024).

Como podemos observar na Tabela 1, a carne bovina está em segundo lugar no *ranking* quando comparada a produção dos demais itens

pertencentes à pecuária no país. De acordo com dados da United States Department of Agriculture (USDA, 2023), quando se trata de exportações de produtos da agricultura, os percentuais de exportação de carne são ainda muito significativos:

- Soja: O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de soja, com uma participação de 58,2% nas exportações globais.
- Suco de Laranja: O Brasil também é o maior produtor e exportador mundial de suco de laranja, com uma participação de 75,8% nas exportações globais.
- Café: O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, com uma participação de 30,8% nas exportações globais.
- Açúcar: O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de açúcar, com uma participação de 48,2% nas exportações globais.
- Carne de Frango e Carne Bovina: O Brasil fica em segundo lugar no mundo na produção de carne de frango e carne bovina, e também exporta muito desses produtos, com uma fatia de 35,5% e 24,6% do mercado global, respectivamente.

Advém que, junto com o crescimento da produção e exportação de carne, ocorre também o crescimento da produção de metano e outros gases produzidos pelos ruminantes, que contribuem significativamente para as alterações climáticas. No Brasil, o setor agropecuário, notavelmente envolvendo a criação de ruminantes, exerce uma influência marcante sobre as emissões de gases de efeito estufa. Conforme o Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (Observatório do Clima, 2024), em 2020 esta atividade foi responsável por cerca de 72% das emissões nacionais de CH₄ e 81% das de óxido nitroso (N₂O). Tais gases destacam-se por seu elevado potencial de aquecimento global, superando significativamente o impacto do CO₂. No cenário global, as emissões de gases de efeito estufa no Brasil são primordialmente determinadas pelas práticas de uso da terra, suas mudanças e pela silvicultura, seguido da agropecuária.

Esses dados reforçam a necessidade de uma gestão ambiental robusta e estratégica no setor agropecuário brasileiro. A adoção de práticas sustentáveis e aprimoradas é essencial para mitigar a emissão de gases de efeito estufa provenientes da pecuária e da agricultura, alinhando o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental. Mais do que simplesmente aumentar a quantidade de comida, a humanidade lida com os desafios de produzir alimentos de uma forma ambientalmente e socialmente sustentável e, também, de desenvolver a capacidade política, logística e econômica de garantir a todos o acesso a esse alimento (Godfray *et al.*, 2010; FAO, 2011).

Para produção de carne com pegada de carbono reduzida, os sistemas agroflorestais são uma alternativa. O Governo Federal instituiu, a partir de 2010, o Plano ABC, estimulando a implantação de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), como uma das estratégias para mitigação da emissão de GEEs na agropecuária, com a disponibilização de linha de crédito para financiamento de projetos que adotem esta tecnologia (Brasil, 2012).

Para enfrentar os desafios previamente citados, a Embrapa criou o conceito de "Carne Carbono Neutro" (CCN), simbolizado por um selo que destaca a produção de carne bovina em sistemas integrados. Este modelo exige a inclusão de árvores como um componente essencial, diferenciando-o no mercado. Esse conceito visa reduzir as emissões de gases de efeito estufa associados à produção de carne bovina, garantindo que essas emissões sejam neutralizadas ou compensadas por meio de técnicas de manejo florestal (CNA, 2023).

Essa marca tem um grande potencial de valorização da carne, além disso, é sustentável e se importa com o bem estar animal e impacto ambiental. Para que haja certificação deste produto, é necessário seguir o descrito no documento Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 com 17 páginas, o qual pode ser consultado através do Anexo 1 desta revisão.

Para obter sucesso na produção de carne bovina, é crucial considerar diversos aspectos importantes, além da qualidade da carne em si, é fundamental abordar questões relacionadas ao bem-estar animal, à conservação do solo e da água, à mitigação de GEEs e ao sequestro de carbono (Alves *et al.*, 2015). Diante desta preocupação, é necessário procurar formas alternativas de produção, pois essas medidas não apenas contribuem para a sustentabilidade ambiental, mas também prestam serviços valiosos em áreas com pastagens.

Ao explorarmos os princípios, os desafios e as implicações dessa abordagem, torna-se evidente que a busca por uma carne com pegada de carbono reduzida desempenha um papel vital na construção de sistemas alimentares mais resilientes e ecologicamente equilibrados. Com o estudo da viabilidade econômica será possível indicar o potencial de mercado para estes produtores e também demonstrar que esta abordagem inteligente é parte fundamental para mitigar os impactos ambientais (assunto este que faz parte das principais discussões da ONU), bem como retornar um estudo sobre a rentabilidade possível deste sistema produtivo. Os requisitos da carne carbono neutro incluem também a adoção de sistemas agrícolas específicos e auditorias independentes.

Diante do exposto, este trabalho busca analisar as principais estratégias de intensificação sustentável na produção de carne bovina no Brasil, demonstrando o potencial da implantação de florestas em sistemas de criação de gado para a recuperação de pastagens degradadas e compensação das emissões de metano (CH_4) da bovinocultura de corte.

Além disso, busca identificar os fatores socioeconômicos que influenciam o retorno do investimento em sistemas silvipastoris, como posse da terra, opções de financiamento, subsídios e incentivos fiscais.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Uma etapa fundamental para a realização de uma revisão sistemática é a elaboração ou adoção de um protocolo de pesquisa, o que

assegura que a revisão seja conduzida com o mesmo rigor metodológico de um estudo empírico (Galvão; Sawada; Trevizan, 2004). Em sua pesquisa Assai, Arrigo e Broietti (2018) constataram através de seus mapeamentos bibliográficos, que nem sempre tais estudos apresentam uma clareza quanto ao percurso e os critérios adotados para a seleção dos documentos ou os filtros utilizados para a busca.

Dado que há diversas áreas do conhecimento, vários pesquisadores têm se dedicado a definir as diferentes tipologias de revisões sistemáticas. Siddaway, Wood e Hedges (2019) classificam as revisões sistemáticas em revisões sistemáticas com meta análise; revisões sistemáticas narrativas; e revisões sistemáticas com meta-síntese. De acordo com os autores, a meta-análise está preocupada com: a estimativa; o relato de resultados quantitativos semelhantes; o exame dos mesmos construtos e relacionamentos; ou seja, analisa os estudos que seguem o mesmo desenho de pesquisa quantitativa (Siddaway; Wood; Hedges, 2019).

As revisões narrativas são um meio particularmente útil de unir estudos sobre diferentes tópicos para reinterpretar ou interconexão, a fim de desenvolver ou avaliar uma nova teoria (Galvão; Ricarte, 2019). Também podem ser usadas para fornecer uma descrição histórica do desenvolvimento da teoria e da pesquisa sobre um tópico (Siddaway; Wood; Hedges, 2019). Já o objetivo de uma meta-síntese é sintetizar estudos qualitativos sobre um tópico a fim de localizar temas, conceitos ou teorias-chave que forneçam novas e valiosas explicações para o fenômeno sob análise (Siddaway; Wood; Hedges, 2019).

Outro procedimento disponível para auxiliar na elaboração de uma revisão sistemática de literatura, são os protocolos. O Protocolo PRISMA, é um deles. O Diagrama de Fluxo oferecido pelo Protocolo PRISMA 2020 serve como uma ferramenta de apoio ao pesquisador na organização das etapas essenciais para conduzir a revisão sistemática. Ele se concentra na elaboração rigorosa da síntese e interpretação dos resultados, além da aplicação de análises estatísticas conforme requerido, tornando-o uma técnica replicável por meio dos métodos científicos utilizados (Galvão;

Sawada; Trevizan, 2004). Esse diagrama (ver Figura 2), acessível no site oficial do Protocolo PRISMA 2020, pode ser baixado em formato editável para processadores de texto como, por exemplo, *Word* e *Libre office* acompanhado de várias versões alternativas do diagrama para atender às necessidades específicas de cada tipo de revisão sistemática.

O objetivo desse modelo de mapeamento bibliográfico é reduzir os possíveis viesamentos introduzidos pelos pesquisadores ao longo das diversas etapas envolvidas. O seu resultado não é uma simples relação cronológica ou uma exposição linear e descritiva de uma temática, pois a revisão sistemática deve se constituir em um trabalho reflexivo, crítico e compreensivo a respeito do material analisado (Fernández; Buela, 2009).

Para uma compreensão mais aprofundada do fluxo de trabalho, foram organizadas as fases da pesquisa da seguinte maneira: delimitação da questão a ser pesquisada, escolha das fontes de dados, eleição das palavras-chave para a busca, busca e armazenamento dos resultados, seleção de artigos pelo resumo e de acordo com critérios de inclusão e exclusão, extração dos dados dos artigos selecionados, avaliação dos artigos, síntese e interpretação dos dados (Akobeng, 2005).

2.1 Pesquisa nas Bases de Dados

Para realizar as buscas dos periódicos foram escolhidas duas bases de dados internacionais, *Web of Science* e *Scopus*. A fim de manter a equidade na pesquisa, os filtros utilizados bem como as palavras chaves foram as mesmas em ambas as plataformas.

Na busca realizada na plataforma *Scopus*, ao utilizar os descritores: *TITLEABS-KEY* – Título, Resumo e palavra chave: "*Carbon Neutral Brazil Beef*" OR *sustainable beef Brazil* AND *sustainable livestock production Brazil*, foram obtidos 62 artigos e na plataforma *Web of Science*, o retorno foi de 71 artigos. A fim de refinar a amostra foram aplicados os seguintes filtros nas plataformas: 1. *Quick Filters: Open Access e review Article* 2. *Languages: English e Portuguese*, 3. *Publication Years: sem limitação*. O período sem limitação foi aplicado a fim de ampliar o quantitativo retornado.

Depois de aplicado os filtros o quantitativo de artigos da plataforma *Web of Science* passou para 37 e na plataforma *Scopus* para 28 somando 65 artigos no total. A fim de manipular os dados através do *Software R Studio*, os arquivos foram baixados no formato BIBTEX e também no formato XLSX para posterior manipulação dos dados através das planilhas do programa *Excel*.

O *software R Studio* possibilita a retirada de artigos duplicados e também possui pacotes como o *bibliometrix* o qual possibilita a manipulação dos dados e criação de gráficos e relatórios. Os artigos duplicados identificados pelo *R Studio* somaram 22 itens os quais foram eliminados da pesquisa.

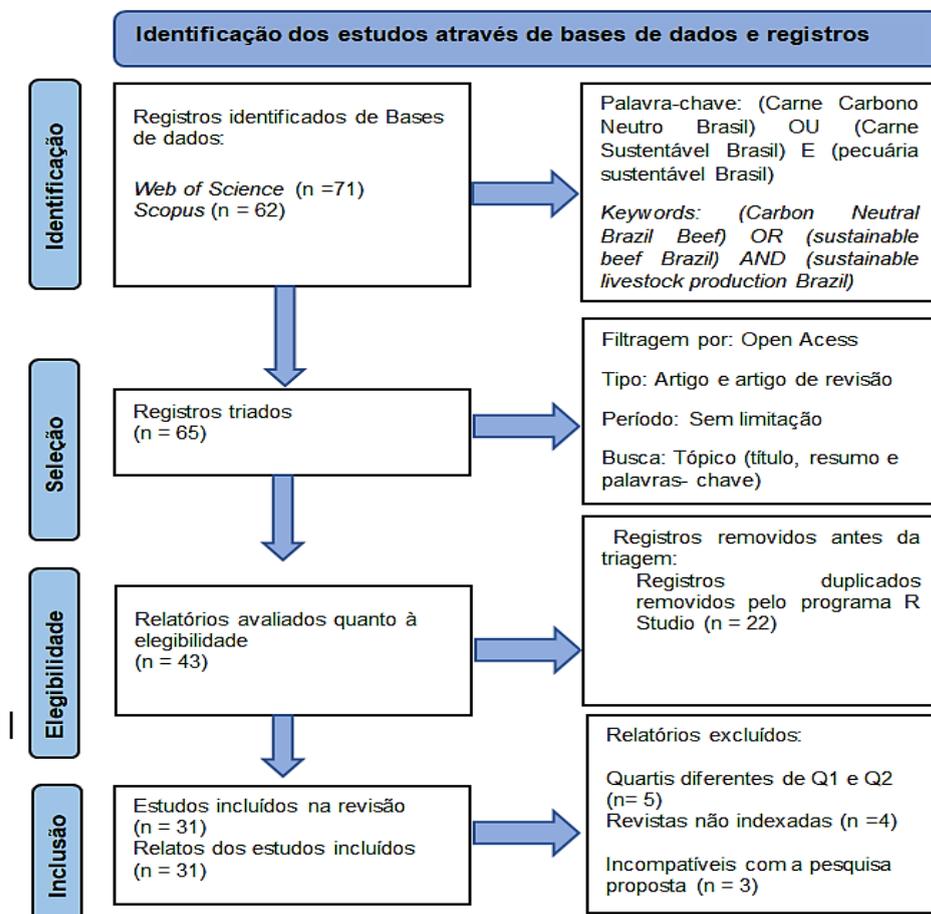
2.2 Análise do Fator de Impacto

Na próxima fase da pesquisa, realizou-se a consulta na plataforma da Capes em *Journal Citation Report (JCR)*, com essa consulta foi possível verificar o fator de impacto de cada periódico. Então foram mantidos os artigos com revistas classificadas com fator de impacto elevado, sendo eles quartis Q1 e Q2 pelo *Journal Citation Indicator (JCI)* e *Journal Impacto Factor (JCF)*. Desta amostra também foram retirados aqueles pertencentes a revistas não indexadas. A lista completa com os periódicos pode ser consultada na Tabela 9 do Apêndice 1.

Foram encontrados 5 (cinco) artigos de quartis diferentes de Q1 e Q2 e 4 (quatro) artigos de revistas não indexadas os quais foram eliminados da revisão. Uma inspeção subsequente dos títulos e resumos levou a eliminação de mais 3 (três) trabalhos que não estavam alinhados com o escopo da pesquisa.

Passando os dados para o fluxograma do protocolo PRISMA, a **Figura 2** ficaria desta forma:

Figura 2 - Fluxograma das fases da revisão adaptado do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)*.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Ao aplicar os filtros, após rigorosos critérios de seleção que incluem relevância temática, qualidade metodológica avaliada por fatores de impacto e citações, e alinhamento com as questões de sustentabilidade e neutralização de carbono na produção de carne bovina, foram incluídos na pesquisa 31 (trinta e um) artigos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após importado os dados para o programa *R Studio*, é possível rodar dados para criação de gráficos para análise dos artigos salvos. O arquivo

gráfico, conectando-se a muitas outras palavras-chave importantes como “cattle”, “greenhouse gas”, “livestock” e “Brazil”. Palavras específicas como “bovine”, “climate change”, “deforestation” destacam os tópicos detalhados abordados na rede. Em resumo, o gráfico visualiza a relação entre a relevância e o desenvolvimento de temas relacionados à produção de carne bovina e suas implicações ambientais. Sendo que, as palavras chaves encontradas refletem diretamente o que o tema propôs.

A **Tabela 2** apresenta os artigos mais relevantes, considerando o número de citações e os periódicos.

Tabela 2 - Relação dos artigos mais citados até o ano de 2023.

Título	Revista	Citações
<i>Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation</i>	<i>Nature Climate Change</i>	87
<i>Sustainable intensification of Brazilian livestock production through optimized pasture restoration</i>	<i>Agricultural Systems</i>	80
<i>A socioecoefficiency analysis of integrated and nonintegrated croplivestockforestry systems in the Brazilian cerrado based on lca</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i>	67
<i>Determinants of croplivestock integration in Brazil evidence from the household and regional levels</i>	<i>Land Use Policy</i>	66
<i>Tradeoffs in the quest for climate smart agricultural intensification in Mato Mrosso Brazil</i>	<i>Environmental Research Letters</i>	40
<i>System diversification and grazing management as resilienceenhancing agricultural practices the case of croplivestock integration</i>	<i>Agricultural Systems</i>	27
<i>Resilience of an integrated croplivestock system to climate change a simulation analysis of cover crop grazing in Southern Brazil</i>	<i>Frontiers in Sustainable Food Systems</i>	18
<i>Improve pasture or feed grain greenhouse gas emissions profitability and resource use for nelore beef cattle in Brazils Cerrado and Amazon Biomes</i>	<i>Animals</i>	15
<i>Optimizing forage allowance for productivity and weed management in integrated croplivestock systems</i>	<i>Agronomy for Sustainable Development</i>	13
<i>Increased grazing intensity in pastures reduces the abundance and richness of ground spiders in an integrated croplivestock system</i>	<i>Agronomy for Sustainable Development</i>	12

Fonte: Elaborada pela autora, dados das plataformas *Scopus* e *Web of Sciences* (2024).

Cada autor contribuiu de forma significativa com a revisão, contudo, os tópicos mais recorrentes foram: Mitigação de metano e sustentabilidade

na pecuária, intensificação sustentável e produtividade agrícola, uso da terra e desmatamento, integração lavoura-pecuária e sistemas sustentáveis, sustentabilidade e biodiversidade em pastagens, eficiência e Impacto ambiental da produção animal.

Quando se trata de iniciativas para redução de emissões, Bogaerts *et al.* (2017), examinaram programas de sustentabilidade pecuária como uma forma de reduzir as emissões de GEE, destacando a eficácia dessas iniciativas na redução das emissões em fazendas participantes. O estudo ressaltou a importância da intensificação e melhoria das pastagens para reduzir as emissões de GEE na pecuária. Essas descobertas fornecem *insights* importantes para o desenvolvimento de políticas e práticas sustentáveis na produção de carne bovina.

Na mesma linha de raciocínio, Batista *et al.* (2019), abordaram o impacto da pecuária na emissão de GEE no Brasil e propuseram alternativas para reduzir essas emissões. O estudo destacou a importância de estratégias diversificadas de intensificação da pecuária, incluindo o uso de raças locais adaptadas e práticas de manejo nutricional. Essas estratégias têm o potencial de reduzir a pressão sobre o meio ambiente e melhorar a sustentabilidade da produção de carne bovina.

O estudo de Aiken *et al.* (2020) comparou diferentes métodos para prever a produção e a qualidade da carne bovina, utilizando um grande conjunto de dados de mais de 4 milhões de bovinos de corte no Brasil. Os resultados mostraram que modelos de regressão e florestas aleatórias foram os mais eficazes na previsão precisa da produção de carne, levando em consideração características dos animais e condições climáticas. Essas informações são cruciais para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis na produção de carne bovina.

No que tange a ILPF, Da Silveira *et al.* (2022) abordam sua importância como uma alternativa sustentável para reduzir as emissões de CO₂ e preservar biomas como a Amazônia e a Mata Atlântica. O estudo destaca a necessidade de políticas e incentivos para promover a adoção do ILPF.

Como sugestão e opção para auxiliar na mitigação das emissões De Souza *et al.* (2019) exploram a viabilidade da integração entre o etanol de cana-de-açúcar e a produção de gado de corte no Brasil como uma estratégia para reduzir as emissões de GEE e aumentar as receitas. O artigo destaca a importância da integração para diversificar a indústria açucareira e aumentar os benefícios ambientais.

Quando se diz respeito à mudança no uso da terra, Esteves *et al.* (2017) avaliaram as emissões de GEE na cadeia produtiva de biodiesel de sebo. Compararam o desempenho ambiental do biodiesel de sebo com o biodiesel de soja, concluindo que o primeiro tem emissões menores. Eles destacaram que a mudança no uso da terra é responsável por uma grande parcela cerca de 96% das emissões. A gestão eficiente do uso da terra foi identificada como crucial para a sustentabilidade do biodiesel de sebo. Com este estudo foi possível evidenciar que existem tratativas que podem compensar a emissão causada pelos animais na elaboração de diferentes formas de mitigação dos gases.

No mesmo sentido, Farias *et al.* e Peterson *et al.* (2022) exploram a integração da lavoura com a pecuária, destacando a melhoria da ciclagem de nutrientes e a eficiência do uso da terra. Demonstram a resiliência de sistemas integrados de lavoura-pecuária diante das mudanças climáticas e a importância da integração para estratégias de intensificação sustentável. O reconhecimento das pastagens como um "bem comum" é sugerido como uma abordagem para o desenvolvimento sustentável.

Além disso, as práticas de manejo de pastoreio, discutidas por Szymczak *et al.* (2020), Schuster *et al.* (2019) e Pezzoni *et al.* (2012) avaliam a diversificação do sistema e práticas de manejo de pastoreio como respostas à variabilidade climática. Discutem a otimização da oferta de forragem para a produtividade e o manejo de ervas daninhas em sistemas de lavoura-pecuária e investigam como os sistemas silvipastoris melhoram a qualidade do solo e a nutrição da forragem, contribuindo para a biodiversidade e saúde do ecossistema. Esses estudos apontam para a importância de estratégias adaptativas na gestão de sistemas

agropecuários, priorizando a sustentabilidade de longo prazo sobre ganhos imediatos. As implicações para a política agrícola incluem o fomento de práticas que equilibrem produção e conservação, potencialmente através de incentivos para práticas de manejo sustentável.

A precisão na definição de uso e cobertura da terra para pastagens, abordada por Oliveira *et al.* (2020) recomendaram a adoção de sistemas padronizados de organização de conjuntos para garantir estudos consistentes e precisos, essenciais para a intensificação sustentável e a diversificação do uso da terra.

A intensificação dos sistemas tropicais de produção de gado de corte, conforme analisado por Fernandes *et al.* (2022) examinaram a contribuição proteica dos sistemas tropicais de produção de gado de corte. Concluíram que a intensificação desses sistemas pode economizar terra e produzir mais carne, contribuindo positivamente para as necessidades de proteína humana. Destacaram que a intensificação aumenta a produção de carne e a ingestão de proteína comestível humana.

Em relação ao bem estar animal e sustentabilidade, Nunes *et al.* (2019) e Gallo *et al.* (2022) investigam o bem-estar animal na produção agropecuária brasileira, com ênfase nas questões éticas e práticas da indústria. Suas pesquisas destacam a necessidade de abordar as condições de vida dos animais e promover práticas mais humanizadas e sustentáveis. Gallo *et al.* (2022) revisaram artigos científicos sobre bem-estar animal na América Latina. Identificaram o Brasil e o México como os países com maior número de publicações sobre o tema. Destacaram a importância de incluir o bem-estar animal no currículo veterinário e ressaltaram a necessidade de esforços conjuntos entre instituições estatais e privadas para garantir melhores práticas.

No que tange à evolução histórica, Gerssen-Gondelach *et al.* (2015) analisaram a evolução histórica da produção agrícola e pecuária em diversos países. Destacaram o papel das políticas agrícolas e da produção comercial no aumento da produtividade. Concluíram que modelos que

avaliam os potenciais de biomassa devem considerar fatores regionais e lacunas de rendimento.

Já quanto as dificuldades da rastreabilidade da carne carbono neutro ou carne sustentável, Lerma *et al.* (2023) discutiram iniciativas sustentáveis de rotulagem de carne bovina na América Latina e no Caribe. Identificaram desafios na cadeia de produção, como baixa demanda e rastreabilidade, e destacaram o Uruguai e o Brasil como histórias de sucesso na produção sustentável de carne bovina.

Quando se trata de estratégias de intensificação sustentável na Produção de carne bovina, Molossi *et al.* (2023) destacaram o apoio do governo brasileiro à produção sustentável deste tipo de seguimento por meio de políticas públicas e programas que visam proteger as florestas, reduzir o desmatamento e incentivar a adoção de novas tecnologias para mitigar os impactos ambientais. Styles *et al.* (2018) fez cálculo da expansão líquida ou expansão evitada na fronteira global avaliando as emissões de GEE decorrentes da intensificação de laticínios e mudanças no uso da terra.

Alguns autores como Prudhomme *et al.* (2021) são mais realistas ao afirmarem sobre a meta de metano definida nos acordos internacionais. Enfatiza que diferentes países têm diferentes potenciais para alcançar a neutralidade climática. Examinaram diferentes métodos para determinar as cotas nacionais de metano, ressaltaram a necessidade de reduzir a produção pecuária na maioria dos países para alcançar a estabilização climática. Argumentam que a redução do espaço dedicado à pecuária e o aumento do reflorestamento são essenciais para atingir metas climáticas ambiciosas. A integração lavoura-pecuária, quando bem gerenciada, pode otimizar o uso da terra e melhorar a sequestração de carbono. No mesmo sentido, Silva *et al.* (2016) destacam a importância de dissociar a produção de carne bovina do desmatamento para promover uma intensificação sustentável. O estudo de Silva *et al.* (2017) demonstra que a recuperação de pastagens pode aumentar o sequestro de carbono e reduzir a intensidade das emissões, contribuindo para a política agrícola de baixo

carbono do Brasil. **O acesso ao crédito subsidiado é apontado como um fator que pode impulsionar ainda mais os resultados econômicos e ambientais (grifo nosso).**

Quando pensamos em aditivos ou suplementos que podem auxiliar na mitigação dos GEE, Yu, Beauchemin e Dong (2021) fizeram uma contribuição considerável ao afirmar que o 3-NOP reduz efetivamente as emissões entéricas de metano em ruminantes, tendo como parâmetro mínimo 30 % de redução. Ele inibe a metanogênese sem efeitos negativos na produção animal. Contudo, estudos de longo prazo são necessários para determinar a eficácia persistente do 3-NOP.

Paralelamente, Styles *et al.* (2018) observaram que, embora a intensificação da produção de laticínios possa diminuir a pegada de carbono por unidade de produto, ela pode levar ao aumento das emissões de GEE globalmente devido ao deslocamento de produção para regiões menos eficientes. Então, é importante ressaltar que a aplicação do 3-NOP pode ser vista como uma solução viável para a mitigação de metano em países com regulamentações favoráveis. Contudo, a abordagem de Styles *et al.* (2018) ressalta a complexidade das políticas de intensificação, que podem ter resultados ambíguos no contexto global. É essencial considerar efeitos indiretos e adaptar estratégias de mitigação às especificidades de cada região.

O papel dos serviços de extensão na restauração de pastagens foi sublinhado por Bragança *et al.* (2022) que discutiram os efeitos dos serviços de extensão na restauração de pastagens como parte de estratégias de agricultura de baixo carbono. O estudo demonstrou que a assistência técnica após o treinamento pode resultar em aumentos significativos na eficácia da restauração de pastagens, contribuindo para a neutralização de carbono na agricultura. Isso destaca a importância de programas de extensão para promover práticas mais sustentáveis na agricultura.

Ademais, Costa *et al.* (2018) comparam sistemas agrícolas integrados e convencionais no Cerrado brasileiro, destacando os benefícios dos sistemas integrados na redução das emissões de GEE, na otimização

dos custos e provando que é possível aumentar a produção para atender à crescente demanda global de alimentos sem a necessidade de expandir a fronteira agrícola, preservando as áreas florestais remanescentes utilizando esses sistemas de integração. O estudo enfoca as dimensões ambientais, econômicas e sociais da sustentabilidade.

Apesar dos esforços despendidos pelos pesquisadores, existem muitas limitações e implicações práticas a serem superadas. A revisão sistemática identificou diversos desafios e limitações nos estudos sobre estratégias de intensificação sustentável na produção de carne bovina. Aqui está uma análise das fraquezas encontradas nos artigos: Oliveira *et al.* (2020) notam as divergências nas estimativas de áreas de pastagem devido à utilização de diferentes bancos de dados e definições, apontando a necessidade de padronização nas definições e categorizações das terras agrícolas e pecuárias para uma avaliação mais precisa. Gil, Garrett e Berger (2016) acrescentam que a agregação de dados pode levar a simplificações que não refletem a diversidade dos sistemas de produção pecuária, complicando as decisões dos gestores.

A complexidade no manejo de sistemas de produção pecuária, destacada por Schuster *et al.* (2019), ressalta a necessidade de uma quantidade ideal de forragem para equilibrar a produtividade e sustentabilidade, aspecto também discutido por Yu, Beauchemin e Dong (2021) que abordam as limitações na implementação do 3-NOP para reduzir as emissões de metano em ruminantes. Bragança *et al.* (2022) complementam essa discussão, enfatizando a importância dos serviços de extensão na restauração de pastagens e a necessidade de políticas de incentivo.

As análises de Costa *et al.* (2018) e Bogaerts *et al.* (2017) indicam que, enquanto os sistemas agrícolas integrados apresentam benefícios significativos, a implementação efetiva de programas de sustentabilidade pecuária requer intensificação e melhoria das pastagens para reduzir as emissões de GEE, uma implementação que pode ser dificultada pela falta de incentivos e suporte técnico.

O estudo de Batista *et al.* (2019) destaca a importância de estratégias diversificadas de intensificação na pecuária, incluindo o uso de raças locais adaptadas e práticas de manejo nutricional. Aiken *et al.* (2020) contribuem para essa discussão ao comparar diferentes métodos de previsão para a produção e qualidade da carne bovina, ressaltando a necessidade de uma maior variedade de dados que abranjam diversas regiões e condições climáticas.

É notadamente necessário enfatizar que um aporte financeiro inicial seja disponibilizado, visto que, algumas práticas além de trabalhosas são extremamente caras. Da Silveira *et al.* (2022) e De Souza *et al.* (2019) exploram a integração lavoura-pecuária-floresta e a integração da produção de etanol de cana-de-açúcar com a pecuária de corte, respectivamente, destacando a necessidade de abordagens coordenadas para maximizar a sustentabilidade e a rentabilidade econômica. Viana *et al.* (2021) e Fernandes *et al.* (2022) analisam a sustentabilidade de diferentes sistemas pecuários, ressaltando que a adoção dessas práticas é dificultada por barreiras de infraestrutura e apoio financeiro limitado.

A resiliência dos sistemas de integração lavoura-pecuária é explorada por Peterson *et al.* (2022) e Farias *et al.* (2022), que destacam a eficiência do uso da terra e a ciclagem de nutrientes, enquanto enfrentam barreiras técnicas e a resistência de alguns produtores a adotar novas práticas. Lerma *et al.* (2023) e Molossi *et al.* (2023) discutem as iniciativas de rotulagem sustentável de carne bovina e o apoio governamental à produção sustentável, respectivamente, indicando desafios como a baixa demanda, falta de infraestrutura, e a resistência dos produtores.

Os estudos de Styles *et al.* (2018) e Prudhomme *et al.* (2021) abordam a intensificação da produção de laticínios e a necessidade de estabelecer metas de metano, destacando a necessidade de uma abordagem balanceada e global. A eficácia dos serviços de extensão na restauração de pastagens, como discutido por Bragança *et al.* (2022), bem como a necessidade de dissociar a produção de carne bovina do desmatamento, apontada por Silva *et al.* (2016 e 2017), e a importância do

manejo sustentável destacado por Pezzoni *et al.* (2012) e Esteves *et al.* (2017), reforçam a urgência de políticas e incentivos adequados para superar as barreiras técnicas, culturais e financeiras, promovendo práticas sustentáveis em larga escala.

A análise coletiva desses estudos ilustra um cenário onde a sustentabilidade ambiental e a viabilidade econômica estão intrinsecamente ligadas, exigindo uma estratégia integrada que abarque vários aspectos da produção agrícola e pecuária. As discussões levantadas por Gallo *et al.* (2022) e Nunes *et al.* (2019) ressaltam a importância de adotar práticas mais humanas e éticas no tratamento de animais na indústria pecuária, apontando para a necessidade de uma reformulação das abordagens regulatórias e educacionais para garantir melhorias significativas nas condições de vida dos animais.

Por outro lado, Szymczak *et al.* (2020) destacam o papel crítico do manejo de forragem e pastagens como resposta à variabilidade climática, sugerindo que a diversificação e o manejo adequado do sistema não apenas promovem a produtividade e a saúde do ecossistema, mas também melhoram a resiliência climática. No entanto, a implementação efetiva dessas práticas sustentáveis enfrenta obstáculos significativos devido à falta de apoio técnico e financeiro, além de resistências culturais. Silva *et al.* (2022) critica a falta de pesquisa em países em desenvolvimento e a necessidade de entender o impacto de diferentes questões ambientais e sua relação com as condições em que os animais são criados.

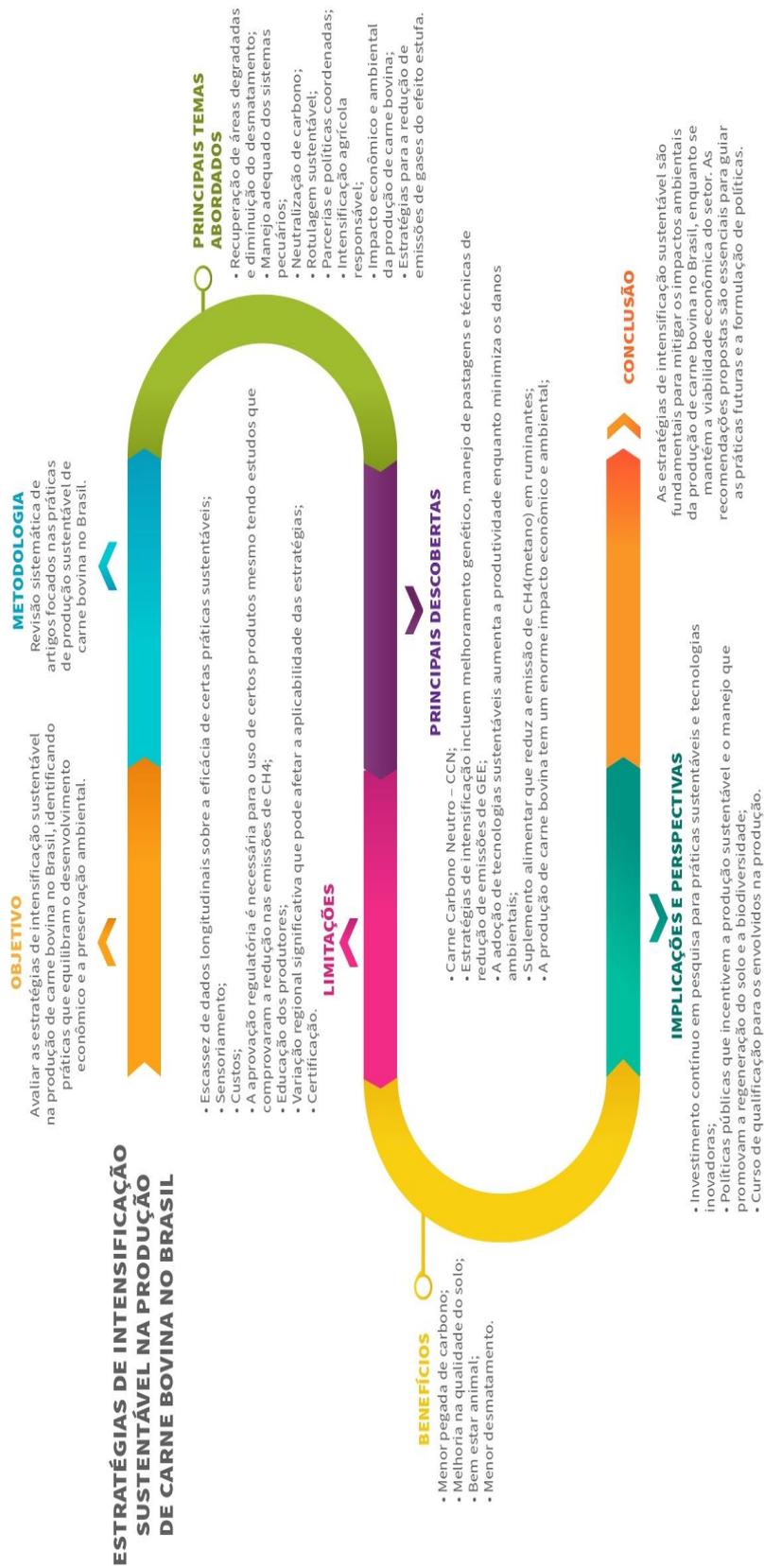
A intersecção desses desafios com a necessidade de políticas eficientes é reiterada nos estudos de Esteves *et al.* (2017), que avaliam as emissões de gases de efeito estufa na cadeia produtiva de biodiesel de sebo. Este estudo destaca a necessidade urgente de uma gestão eficiente do uso da terra, o que requer incentivos e políticas adequadas para fomentar práticas que minimizem o impacto ambiental.

Finalmente, a pesquisa de Pezzoni *et al.* (2012) e os insights de Yu, Beauchemin e Dong (2021) sobre a aplicação de 3-NOP para reduzir as emissões de metano apontam para a complexidade de implementar

inovações tecnológicas em larga escala. Eles enfatizam que, para além das aprovações regulatórias, é fundamental uma compreensão aprofundada e um suporte contínuo para garantir que novas tecnologias sejam adotadas de maneira eficaz e sustentável.

A **Figura 4** ilustra de forma abrangente as estratégias de intensificação sustentável na produção de carne bovina no Brasil, abordando desde os objetivos da pesquisa até as conclusões alcançadas. O *framework* destaca a importância de práticas que equilibram a produção eficiente de carne bovina com a preservação ambiental, explorando temas como o manejo de pastagens, a redução de emissões de gases de efeito estufa, e o uso de tecnologias sustentáveis. Além disso, o diagrama também apresenta os benefícios, as limitações enfrentadas, as principais descobertas, e as implicações futuras para políticas e pesquisas, reforçando a relevância de uma abordagem integrada e contínua para a sustentabilidade no setor pecuário.

Figura 4 - Framework conceitual sobre estratégias de intensificação sustentável na produção de carne bovina no Brasil



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

4 CONCLUSÃO

A análise aprofundada dos artigos selecionados evidenciou a complexidade e a importância da questão da carne sustentável e neutralização de carbono, revelando a multifacetada abordagem necessária para abordar estas questões de forma sustentável. A desconexão da pecuária do desmatamento, a revitalização de pastagens deterioradas, o aprimoramento do manejo pecuário e a colaboração científica global são identificados como pilar para fomentar práticas pecuárias que sejam ao mesmo tempo sustentáveis e adaptáveis às mudanças climáticas.

As investigações revisadas lançaram luz sobre a eficácia de diversas estratégias, desde o aperfeiçoamento genético até a modelagem de emissões GEEs, oferecendo dados cruciais para moldar futuras políticas e práticas direcionadas à sustentabilidade da produção de carne. Estes estudos abrangem uma vasta gama de tópicos, incluindo o manejo de forragens, o bem-estar animal e a certificação sustentável, proporcionando uma visão holística sobre a produção sustentável de carne e a mitigação do carbono.

Os autores sublinham a relevância da intensificação sustentável na pecuária, apoiada por políticas públicas que incentivam práticas ambientalmente responsáveis e a redução das emissões de GEE relacionadas à pecuária. Contudo, uma lacuna significativa na pesquisa foi a frequente menção à necessidade de mais dados para fortalecer as conclusões ou para explorar áreas ainda não totalmente investigadas.

Há uma escassez de dados de longo prazo, que são cruciais para validar a sustentabilidade e eficácia das práticas de intensificação ao longo do tempo. Isso sugere uma direção clara para futuras pesquisas e a necessidade de políticas que promovam estudos longitudinais na área.

A periodicidade dos estudos é frequentemente limitada, e pesquisas de longa duração são essenciais para entender completamente os impactos em longo prazo.

Além disso, a aplicabilidade dos estudos pode ser limitada devido à generalização excessiva a partir de dados ou casos específicos, e a

complexidade dos sistemas naturais ou antropogênicos pode não ser totalmente representada nos estudos atuais, apontando para a necessidade de metodologias mais refinadas.

Outro ponto crítico é a falta de padronização nas categorias de uso da terra e a predominância de dados de sensoriamento remoto que se concentram mais na cobertura do que no uso efetivo da terra. Essa situação é agravada por variações nos mapas terrestres, causadas por diferentes definições, métodos e conjuntos de dados utilizados, o que limita a precisão das análises.

Uma limitação encontrada no estudo foi quanto a dados de rastreabilidade animal. Com as exigências cada vez maiores sobre o manejo sustentável dos animais, será necessário que se prove a origem da carne comercializada, com isso, os métodos de rastreabilidade deverão ser precisos e transparentes.

Outra limitação encontrada que cabe destaque é a produtividade científica brasileira sobre áreas de agricultura sustentável. Existem poucos estudos locais sobre o assunto.

Outro ponto frisado por grande parte dos autores, foi que para implementação eficaz, as políticas devem não apenas incentivar práticas sustentáveis, mas também fornecer suporte técnico e financeiro aos produtores para adotar essas práticas, considerando as barreiras econômicas e logísticas enfrentadas, especialmente em regiões menos desenvolvidas.

Além disso, para uma implementação efetiva das estratégias e políticas necessárias, é imperativo um esforço coordenado entre governos, organizações não governamentais (ONGs), formuladores de políticas, empresários e produtores, pois há uma notável hesitação entre os produtores em adotar práticas de rotulagem sustentável, devido à demanda ainda incipiente, e por conta do retorno somente em longo prazo, sugerindo uma necessidade urgente de promover entre o público o interesse pelo consumo sustentável e por parte do governo, incentivo fiscal e financeiro.

Futuras linhas de investigação devem incluir estudos mais detalhados sobre a interação de diferentes espécies vegetais com o solo,

especialmente em biomas brasileiros. Também é crucial investir em dados geoespaciais mais precisos sobre uso da terra e desenvolver modelos econômicos que considerem os custos de conversão e os efeitos de longo prazo das práticas sustentáveis.

Por fim, fica claro que a adoção de práticas agrícolas responsáveis, a implementação de estratégias de manejo eficazes e a exploração de alternativas mais eficientes são vitais para assegurar que a produção de carne bovina continue a desempenhar um papel crucial na economia brasileira, sem comprometer a integridade ambiental e também o retorno financeiro da produção.

REFERÊNCIAS

- AIKEN, Vera Cardoso Ferreira *et al.* Forecasting beef production and quality using large-scale integrated data from Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 4, p. 1-12, abr. 2020. DOI: 10.1093/jas/skaa089.
- AKOBENG, A. K. Understanding systematic reviews and meta-analysis. **Archives of Disease in Childhood**, v. 90, n. 8, p. 845-848, 2005. DOI: 10.1136/adc.2004.058230.
- ALVES, Fabiana Villa *et al.* **Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos**. Brasília, DF: Embrapa, jun. 2015. ISSN 1983-974X.
- ASSAI, N. D. S.; ARRIGO, V.; BROIETTI, F. C. D. Uma proposta de mapeamento em periódicos nacionais da área de ensino de ciências. **Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino**, v. 2, n. 1, p. 150-166, 2018. Disponível em: <http://seer.uenp.edu.br/index.php/reppe/article/view/1380>. Acesso em: 9 jan. 2024.
- BATISTA, Evandro *et al.* Large-Scale Pasture Restoration May Not Be the Best Option to Reduce Greenhouse Gas Emissions in Brazil. **Environmental Research Letters**, dez. 2019. DOI: 10.1088/1748-9326/ab5139.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. 1. ed. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2012. 173 p.
- BOGAERTS, Meghan *et al.* Climate change mitigation through intensified pasture management: Estimating greenhouse gas emissions on cattle farms in the Brazilian Amazon. **Journal of Cleaner Production**, v. 162, p. 1539-1550, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.06.130.
- BRAGANCA, Arthur *et al.* Extension services can promote pasture restoration: Evidence from Brazil's low carbon agriculture plan. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 22 mar. 2022. DOI: 10.1073/pnas.2114913119.
- CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Relatórios de Custos Pecuários**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- CEZAR, I. M.; QUEIROZ, H. P. de; THIAGO, L. R. L. de S.; GARAGORRY, F. L.; COSTA, F. P. **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2005. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/326307>. Acesso em: 10 mar. 2024.

COSTA, Marcela P. *et al.* A socio-eco-efficiency analysis of integrated and non-integrated crop-livestock-forestry systems in the Brazilian Cerrado based on LCA. **Journal of Cleaner Production**, 10 jan. 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.10.063.

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Protocolo Carne Carbono Neutro (CCN)**. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/protocolo-carne-carbono-neutro-ccn>. Acesso em: 18 mar. 2024.

DA SILVEIRA, Julia Graziela *et al.* Land Use, Land Cover Change and Sustainable Intensification of Agriculture and Livestock in the Amazon and the Atlantic Forest in Brazil. **Sustainability**, mar. 2022. DOI: 10.3390/su14052563.

DE SOUZA, Nariê Rinke Dias *et al.* Sugarcane ethanol and beef cattle integration in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, 2019. DOI: 10.1016/j.biombioe.2018.12.012.

ESTEVES, Victor Paulo Peçanha *et al.* Assessment of greenhouse gases (GHG) emissions from the tallow biodiesel production chain including land use change (LUC). **Journal of Cleaner Production**, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.03.063.

FARIAS, Gustavo Duarte *et al.* Opportunities and challenges for the integration of sheep and crops in the Rio de la Plata region of South America. **Small Ruminant Research**, v. 215, p. 106776, out. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448822001651?via%3Dihub>.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention**. Rome: FAO, 2011. Disponível em: <https://www.fao.org/3/mb060e/mb060e.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.

FERNANDES, M. H. M. R. *et al.* Human-edible protein contribution of tropical beef cattle production systems at different levels of intensification. **Animals**, ago. 2022. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100538.

GALLO, Carmen *et al.* Animal welfare in Latin America: Trends and characteristics of scientific publications. **Frontiers in Veterinary Science**, 18 nov. 2022. DOI: 10.3389/fvets.2022.1030454.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão Sistemática Da Literatura: Conceituação, Produção E Publicação. **Logeion: Filosofia da Informação**, v. 6, n. 1, p. 57–73, 15 set. 2019.

GALVÃO, C. M.; SAWADA, N. O.; TREVIZAN, M. A. Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da enfermagem. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 12, n. 3, p. 549–556, jun. 2004.

GERSSSEN-GONDELACH, Sarah; WICKE, Birka; FAAIJ, Andre. Assessment of driving factors for yield and productivity developments in crop and cattle production as key to increasing sustainable biomass potentials. **Food and Energy Security**, 2015. DOI: 10.1002/FES3.53.

GIL, Juliana D. B.; GARRETT, Rachael; BERGER, T. Determinants of crop-livestock integration in Brazil: Evidence from the household and regional levels. **Land Use Policy**, 31 dez. 2016. DOI: 10.1016/j.landusepol.2016.09.022.

GIL, Juliana D. B. *et al.* Tradeoffs in the quest for climate smart agricultural intensification in Mato Grosso, Brazil. **Environmental Research Letters**, 2018. DOI: 10.1088/1748-9326/aac4d1.

GODFRAY, H. C. J. *et al.* Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1185383>. Acesso em: 20 abr. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – Ipea. Dados macroeconômicos e regionais. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: 15 set. 2024.

LERMA, Leonardo Moreno; DÍAZ BACA, Manuel Francisco; BURKART, Stefan. Sustainable beef labeling in Latin America and the Caribbean: Initiatives, developments, and bottlenecks. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, 2023. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1148973.

MOLOSSI, Luana *et al.* Agricultural Support and Public Policies Improving Sustainability in Brazil's Beef Industry. **Sustainability**, mar. 2023. DOI: 10.3390/su15064801.

MOLOSSI, Luana *et al.* Improve Pasture or Feed Grain? Greenhouse Gas Emissions, Profitability, and Resource Use for Nelore Beef Cattle in Brazil's Cerrado and Amazon Biomes. **Animals**, v. 10, n. 8, p. 1386, 10 ago. 2020. DOI: 10.3390/ani10081386.

NUNES, André Valle *et al.* Irreplaceable socioeconomic value of wild meat extraction to local food security in rural Amazonia. **Biological Conservation**, 2019. DOI: 10.1016/j.biocon.2019.05.010.

Observatório do Clima (2025). Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acesso em 10 de mar. 2024.

OLIVEIRA, M. M. de. A pecuária bovina no Brasil: evolução e perspectivas. Brasília: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/21470602/EvolucaoQualidadePecuaria.pdf/64e8985a-5c7c-b83e-ba2d-168ffaa762ad>. Acesso em: 10 mar. 2024.

OLIVEIRA, Julianne *et al.* Choosing pasture maps: An assessment of pasture land classification definitions and a case study of Brazil. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, dez. 2020. DOI: 10.1016/j.jag.2020.102205.

PETERSON, Caitlin A. *et al.* Resilience of an Integrated Crop-Livestock System to Climate Change: A Simulation Analysis of Cover Crop Grazing in Southern Brazil. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, 25 nov. 2020. DOI: 10.3389/fsufs.2020.604099.

PEZZONI, Thobias *et al.* Influence of *Pterodon emarginatus* Vogel on physical and chemical attributes of the ground and nutritional value of *Brachiaria decumbens* Stapf in Silvopastoral System. **Cerne**, 2012. DOI: 10.1590/s0104-77602012000200014.

PRUDHOMME, Remi *et al.* Defining national biogenic methane targets: Implications for national food production & climate neutrality objectives. **Journal of Environmental Management**, 2021. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113058.

SCHUSTER, Mauricio Z. *et al.* Optimizing forage allowance for productivity and weed management in integrated crop-livestock systems. **Agronomy for Sustainable Development**, abr. 2019. DOI: 10.1007/s13593-019-0564-4.

SIDDAWAY, A. P.; WOOD, A. M.; HEDGES, L. V. How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. **Annual Review of Psychology**, v. 70, n. 1, p. 747–770, 4 jan. 2019.

SILVA, Fernando Luiz *et al.* Trace Elements in Beef Cattle: A Review of the Scientific Approach from One Health Perspective. **Animals**, set. 2022. DOI: 10.3390/ani12172254.

SILVA, R. de Oliveira *et al.* Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. **Nature Climate Change**, maio 2016. DOI: 10.1038/NCLIMATE2916.

SILVA, Rafael de Oliveira *et al.* Sustainable intensification of Brazilian livestock production through optimized pasture restoration. **Agricultural Systems**, maio 2017. DOI: 10.1016/j.agsy.2017.02.001.

STYLES, David *et al.* Climate mitigation by dairy intensification depends on intensive use of spared grassland. **Global Change Biology**, 2018. DOI: 10.1111/gcb.13868.

SZYMCZAK, Leonardo Silvestri *et al.* System diversification and grazing management as resilience-enhancing agricultural practices: The case of crop-livestock integration. **Agricultural Systems**, 2020. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102904.

USDA – United State Department of Agriculture. **Livestock and Poultry: World Markets and trade**. 2023. Disponível em: <https://fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade>. Acesso em: 15 nov. 2023.

VIANA, Joao Garibaldi Almeida *et al.* Sustainability of Livestock Systems in the Pampa Biome of Brazil: An Analysis Highlighting the Rangeland Dilemma. **Sustainability**, dez. 2021. DOI: 10.3390/su132413781.

YU, Guanghui; BEAUCHEMIN, Karen A.; DONG, Ruilan. A Review of 3-Nitrooxypropanol for Enteric Methane Mitigation from Ruminant Livestock. **Animals**, dez. 2021. DOI: 10.3390/ani11123540.

CAPÍTULO 3 - ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONOMICA EM UM SISTEMA SILVIPASTORIL COM ÊNFASE NA NEUTRALIZAÇÃO DE CARBONO

RESUMO

A elaboração de projetos de investimento é crucial para avaliar a viabilidade econômica antes da implementação de um projeto de produção, reduzindo assim os riscos e incertezas diante de um mercado cada vez mais competitivo. Em um sistema silvipastoril não é diferente, o estudo terá como objetivo verificar a viabilidade econômico-financeira de um sistema silvipastoril no Bioma Cerrado com foco na produção de carne neutra em carbono. Para alcançar esse objetivo, foi montado um cenário com árvores da espécie *Tectona Grandis* – Teca, pastagem *Brachiaria Brizantha* e gado Nelore, o cenário foi projetado para 1 hectare de terra pelo período de 20 anos. Para a quantificação do carbono sequestrado, circunferência, diâmetro à altura do peito - Dap e volume total da madeira das árvores vendidas, foi utilizado o *software* SisilpfTeca. A análise financeira foi realizada utilizando as técnicas de avaliação de investimento de capital, sendo: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), Payback Descontado (PD), Índice de Lucratividade (IL), Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM), Relação Benefício/Custo (B/C), Modelo de Precificação de Ativos Financeiros - CAPM e análises risco e sensibilidade por meio da Simulação de Monte Carlo. Para esse fim, foi elaborado um fluxo de caixa considerando diferentes cenários de custos e receitas. Os resultados obtidos pela aplicação das técnicas de avaliação sugerem que o investimento proposto mostrou-se viável do ponto de vista econômico. Ambientalmente o sistema funciona bem de forma a mitigar toda emissão deste cenário de produção contribuindo também para recuperação de áreas degradadas, bem estar animal, preservação de afluentes, regulação hídrica e a biodiversidade local.

Palavras-chave: Carbono neutro na pecuária; Gestão ambiental; Sustentabilidade; Técnicas de avaliação de investimento.

ABSTRACT

The development of investment projects is crucial for assessing economic feasibility before implementing a production project, thereby reducing risks and uncertainties in an increasingly competitive market. This is no different in a silvopastoral system. This study aims to evaluate the economic and financial feasibility of a silvopastoral system in the Cerrado Biome, focusing on the production of carbon-neutral beef. To achieve this objective, a scenario was designed with *Tectona grandis* (Teak) trees, *Brachiaria brizantha* pasture, and Nelore cattle, projected for 1 hectare of land over a 20-year period. The SisilpfTeca software was used to quantify sequestered carbon, tree circumference, diameter at breast height (DBH), and the total volume of harvested wood. The financial analysis was conducted using capital investment evaluation techniques, including Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Equivalent Annual Uniform Value (EAUV), Discounted Payback (DP), Profitability Index (PI), Modified Internal Rate of Return (MIRR), Benefit-Cost Ratio (B/C), Capital Asset Pricing Model (CAPM), and risk and sensitivity analyses through Monte Carlo Simulation. For this purpose, a cash flow was prepared considering different cost and revenue scenarios. The results obtained through these evaluation techniques suggest that the proposed investment is economically viable. From an environmental perspective, the system effectively mitigates all emissions associated with this production scenario, contributing to the recovery of degraded areas, animal welfare, preservation of watercourses, water regulation, and local biodiversity.

Keywords: Carbon neutral in livestock; Environmental management; Sustainability; Investment valuation techniques.

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio desempenha um papel fundamental na geração de riqueza no Brasil e para acompanhar o contínuo crescimento do país, os produtores e organizações precisam adotar novas abordagens baseadas em conhecimento e métodos de trabalho atualizados (Alves; Costa, 2023).

É importante frisar que, junto com o aumento da demanda existe também um aumento de área desmatada para execução das atividades agropecuárias. Para reduzir o impacto do desmatamento, é crucial otimizar o uso das áreas já desmatadas. Os sistemas de integração são uma alternativa para múltiplos usos da terra e também para recuperação de áreas degradadas e mitigação de GEEs.

O Sistema Silvopastoril ou Integração Pecuária - Floresta (IPF) consiste na integração de árvores e/ou arbustos com pastagens, sejam elas nativas ou cultivadas, associadas ao pastoreio de ruminantes ou outros herbívoros. Seu propósito é criar um modelo integrado que combine a presença de árvores, pastagens e animais, promovendo a diversificação produtiva através de recursos florestais e pecuários (Carvalho *et. al*, 2003, Da Silva *et.al*, 2011; Embrapa, 2020).

Além disso, busca-se restaurar a cobertura arbórea em áreas de pastagem, proporcionar sombra e amenizar os efeitos de variações climáticas na criação de animais, melhorar o ciclo de nutrientes, oferecer alimentação complementar e fornecer recursos como madeira, lenha, postes e moirões para uso na propriedade rural (Montoya; Baggio, 2000).

Considerando que a bovinocultura é um dos seguimentos mais importantes da atividade agropecuária brasileira, sendo o Brasil líder no seguimento tratando-se de exportação, e que a demanda por madeira vem crescendo consideravelmente, onde as projeções para 2030 indicam que a demanda interna de madeira pode alcançar 300 milhões de m³, o que exigirá um aumento de 2 a 2,5 vezes na área de plantio atual para suprir essa demanda (Porfírio-Da-Silva; Moraes; Oliveira, 2014). Torna-se relevante desenvolver projetos que integrem essas duas produções para atender às solicitações e otimizar recursos.

Além da receita da madeira e da carne, esse sistema proporciona ainda a receita vinda da venda do crédito de carbono e atende as exigências ambientais e contribui significativamente com os acordos internacionais. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade econômico-financeira de um sistema silvipastoril no Bioma Cerrado com foco na produção de carne neutra em carbono.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Compromissos em relação às mudanças climáticas

No Brasil, foi criado em 1988, o Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC), com a finalidade de avaliar e compilar dados científicos sobre o clima. O primeiro relatório de avaliação foi divulgado pelo IPCC em 1990, destacando a urgência da mudança climática e a necessidade de uma convenção para fomentar a cooperação internacional em relação ao aquecimento global (Fernandes, 2007).

Já em 1992, durante a conferência Rio-92 no Rio de Janeiro, foi estabelecida a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas ou *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), visando incentivar os países desenvolvidos a estabilizar as emissões dos gases de efeito estufa para evitar impactos antropogênicos significativos no clima do planeta, conforme Nunes (2022) aponta. Em 1997, durante a Terceira Conferência das Partes (COP-3) no Japão, foi formulado o Protocolo de Quioto. Este acordo determina que os países industrializados devem diminuir suas emissões de gases de efeito estufa em 5,2% em relação aos níveis de 1990, durante o período de 2008 a 2012, conhecido como o primeiro período de compromisso.

O protocolo foi oficialmente implementado em fevereiro de 2005 e introduziu o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). A ideia do MDL é que cada tonelada de CO₂ que deixe de ser emitida ou que seja removida da atmosfera por um país em desenvolvimento possa ser comercializada no

mercado global, incentivando assim a redução de emissões em escala mundial, conforme descrito por (Nunes, 2022).

Uma das modalidades de comercialização envolve os Certificados de Emissões Reduzidas (CERs), que permitem a países que não alcançaram suas metas de redução comprar certificados de nações em desenvolvimento para atender a suas obrigações. Esse mecanismo é o único que permite a participação de países em desenvolvimento, como o Brasil, no mercado de créditos de carbono.

Existe uma ampla sequência de eventos ocorridos após o Protocolo de Quioto, isso demonstra a complexidade e a evolução constante dos esforços nacionais e internacionais para combater as mudanças climáticas, contudo, iremos discutir aqui apenas os de maior importância no contexto deste projeto.

Segundo dados da UNFCCC, a Conferência de Copenhague (COP-15) – realizada em 2009 em Copenhague, foi marcada por grandes expectativas para o desenvolvimento de um novo acordo internacional que sucederia o Protocolo de Quioto. No entanto, não resultou em um novo tratado vinculativo, mas em um acordo político, o "Acordo de Copenhague", que reconheceu a necessidade de limitar o aumento da temperatura global a menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais. Segundo Bäckstrand e Lövbrand (2016), este evento foi crucial por demonstrar as dificuldades de negociações globais e a emergência de nações em desenvolvimento como atores influentes no discurso climático.

A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, ou Rio+20, ocorrida no Rio de Janeiro em 2012, foi um marco importante nas discussões sobre sustentabilidade global. Esse documento teve impacto significativo na definição de metas globais de longo prazo, particularmente na formulação dos ODS, que foram oficialmente adotados em 2015 com a Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU, 2012).

Este precedente foi essencial para o Acordo de Paris em 2015 (COP-21), que consolidou um quadro global com metas mais ambiciosas. O Acordo de Paris, talvez o marco mais significativo após o Protocolo de

Quioto foi adotado por 195 países durante a COP-21. O acordo estabeleceu o objetivo de manter o aumento da temperatura global abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais, perseguindo esforços para limitar esse aumento ainda mais, para 1,5°C conforme relatado por Richard *et al.* (2017). Esse marco refletiu uma evolução nas ambições globais sobre o clima, preparando o palco para futuras ações direcionadas.

Apenas um ano depois, em 2016, o Acordo de Kigali, como parte do Protocolo de Montreal, focou na redução substancial dos hidrofluorcarbonetos (HFCs), potentes gases de efeito estufa. Conforme Zhang *et al.* (2018) descrevem, este acordo é um exemplo de como a cooperação internacional pode abordar emissões específicas que têm um grande potencial de aquecimento global.

Esses esforços contínuos foram reforçados durante a Conferência de Glasgow em 2021 (COP-26), que renovou o foco nas contribuições determinadas nacionalmente (NDCs). Compromissos significativos, como a redução do uso de carvão e o estabelecimento de metas de financiamento para adaptação climática. As análises de Fisher e Green (2022) apontam que este evento refletiu uma crescente urgência e reconhecimento da necessidade de ação imediata, embora as promessas ainda precisem ser traduzidas em ações concretas.

A COP-27 realizada no Egito foi um evento crucial que enfatizou a importância da adaptação e do financiamento climático. Durante esta conferência, foi finalmente acordado o estabelecimento de um "Fundo de Perdas e Danos", destinado a ajudar os países mais vulneráveis a lidar com os impactos das mudanças climáticas. De acordo com Roberts *et al.* (2023), este fundo representa um avanço significativo na questão da justiça climática, reconhecendo as responsabilidades dos países desenvolvidos em apoiar aqueles mais afetados pelos efeitos adversos do aquecimento global.

Finalmente, a COP-28, realizada em Dubai em 2023, enfatizou a implementação das metas do Acordo de Paris e a transição energética global, com uma ênfase particular nas tecnologias de captura de carbono. A análise de Singh e Cooper (2024) indica que, mesmo que progressos

estejam sendo feitos, ainda há um caminho significativo a percorrer para alcançar as metas globais de temperatura estabelecidas em Paris.

Além disso, as leis nº 9.985/2000 e nº 12.651/2012 também contribuem para a regulamentação e gestão ambiental do país, refletindo os esforços contínuos para a preservação e sustentabilidade do meio ambiente (Brasil, 1981, 2000, 2012).

Estes eventos refletem a contínua evolução e aprofundamento das discussões e compromissos internacionais em relação às mudanças climáticas. Cada conferência constrói sobre os avanços anteriores, enquanto também enfrenta novos desafios e pressões políticas, econômicas e sociais. A trajetória global em resposta às mudanças climáticas continua a ser uma mistura de progresso e desafios persistentes.

Pois bem, o Brasil faz parte destes acordos e pretende atingir as principais metas estipuladas. É importante deixar claro que, segundo o SEEG os setores com maior participação nas emissões de gases de efeito estufa no país são:

1. Mudança de uso da terra e floresta e;
2. Agropecuária.

Importante lembrar que o produto gado de corte está intimamente ligado a estes dois setores o que leva a uma preocupação mais direcionada para este tipo de produção. Salientamos que a implantação de um sistema silvipastoril na produção da carne pode reduzir os impactos ambientais de forma significativa.

2.2 Análise da evolução do setor bovino no Brasil

Entre 2012 e 2022 como podemos observar na **Tabela 3**, o rebanho bovino do Brasil cresceu de 179,5 milhões para 202,8 milhões de cabeças. Este aumento reflete um avanço significativo na área da agropecuária, que pode ser atribuído tanto à expansão das áreas de pastagem quanto à adoção de práticas de manejo genético mais eficaz, conforme observado por (Barioni *et al.*, 2020).

Tabela 3 - Evolução do rebanho e consumo de carne bovina no Brasil (2012-2022)

Unidade	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rebanho (Mi cabeças)	179.5	181.6	185.9	186.5	188.4	188.4	188.2	187.5	188.6	190.5	202.8
Produção de carne (Mi t)	9.039	9.610	10.372	9.560	10.165	10.062	10.446	10.811	9.811	10.194	10.794
Exportação (Mi t)	1.679	2.003	2.042	1.828	1.825	1.968	2.194	2.483	2.691	2.478	3.018
Importação (Mi t)	60	57	77	59	64	57	47	50	63	71	81
Consumo (Mi t)	7.420	7.664	8.407	7.790	8.403	8.152	8.664	8.012	7.183	7.786	7.856
Consumo per capita (kg/hab/ano)	37	38	42	38	41	39	42	38	34	37	37

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados Athenaagro, Secex, IBGE (2024).

Paralelamente ao aumento do rebanho, a produção de carne bovina teve um salto de 9.039 mil toneladas para 10.794 mil toneladas no mesmo intervalo de tempo. Esse crescimento é atribuído ao avanço da eficiência produtiva nas fazendas, uma tendência destacada por Gomes (2019) em sua análise sobre o setor e sua produtividade.

No que diz respeito ao comércio exterior, as exportações quase dobraram, passando de 1.679 mil toneladas em 2012 para 3.018 mil toneladas em 2022. Rodrigues e Marta-Costa (2021), analisaram como as políticas nacionais têm fortalecido o Brasil como um dos líderes globais no mercado de exportação de carne bovina.

O consumo interno de carne teve um aumento moderado de 7.420 mil toneladas em 2012 para 7.856 mil toneladas em 2022. Este aumento moderado sugere um mercado interno estável com crescimento gradual,

como discutido por Carvalho *et al.* (2023), que analisam as tendências de consumo de carne no Brasil.

Interessante notar que o consumo per capita de carne manteve-se estável em 37 kg por pessoa em 2012 e 2022, com um pico temporário de 42 kg nos anos de 2014 e 2015. Este padrão pode ser explicado pela variação nos preços da carne e mudanças nos hábitos alimentares dos brasileiros, conforme explorado por (Fernandes *et al.*, 2022).

Este panorama oferece uma visão abrangente da evolução do setor bovino no Brasil, destacando tanto os avanços na produção quanto as tendências de consumo e comércio. Diante deste cenário de crescente expansão da produção da bovinocultura de corte, é importante nos atermos aos impactos ambientais causados por este setor.

2.3 Bovinocultura de corte e as emissões de gases de efeito estufa no Brasil

Segundo o SEEG, a atividade de criação de bovinos para corte contribui com 20% a 25% do total de emissões de gases de efeito estufa do Brasil sendo o CH₄ o principal deles. Este índice destaca a significativa contribuição da bovinocultura de corte para as emissões nacionais, refletindo sua vasta escala e relevância tanto para a economia quanto para a configuração do setor agrário no país.

O CH₄ é produzido no processo digestivo dos ruminantes, especificamente através da fermentação entérica. Estima-se que entre 2% a 12% da energia consumida pelos ruminantes seja convertida em CH₄, um processo influenciado por fatores como a composição da dieta, o manejo do rebanho e as características específicas do animal (Johnson; Johnson, 1995).

A integração de sistemas silvipastoris tem se mostrado uma estratégia eficaz na redução das emissões de CH₄ em bovinos, como evidenciado por vários estudos. Sarabia-Salgado *et al.* (2023) destacam que esses sistemas podem reduzir as emissões em até 18% quando comparados a sistemas convencionais de pastagem. A chave para essa

redução está na melhoria da qualidade do pasto, que, quando combinada com uma dieta mais equilibrada, diminui a fermentação entérica, principal fonte de CH₄ em bovinos.

Complementando essa visão Nair, (2009) corrobora essas descobertas ao analisar os sistemas silvipastoris no bioma Cerrado. A presença de árvores em pastagens melhora a disponibilidade de nutrientes no solo e proporciona sombra, fatores que, juntos, promovem uma melhor performance dos animais e reduzem as emissões de CH₄.

Além disso, o sequestro de carbono nas raízes e na biomassa arbórea desses sistemas atua como uma forma adicional de mitigação, compensando parte das emissões que ainda ocorrem.

Na sequência apresentamos a **Tabela 4** com uma comparação entre duas importantes métricas ambientais: o *Global Warming Potential* (GWP-100) e o *Global Temperature Potential* (GTP-100). Essas métricas são usadas para quantificar a contribuição relativa de cada gás para o aquecimento global, comparadas ao CO₂ (IPCC, 2014).

Tabela 4 - Conversão de emissões em GWP-100 e GTP-100

Gás	GTP-100	GWP-100
CO ₂	1	1
CH ₄	5	25
N ₂ O	270	298
HFC-125	1.113	3.500
HFC-134a	55	1.300
HFC-143a	4.288	1.430
HFC-152a	0,1	124
CF ₄	10.052	7.390
C ₂ F ₆	22.468	12.200
SF ₆	40.935	22.800

Fonte: Elaborada pela autora a partir de dados da (EPA,2022); (IPCC, 2014); (UNFCCC, 2022).

Estas medidas são empregadas para avaliar a contribuição de cada gás ao aquecimento global em relação ao dióxido de carbono (CO₂), que tem um valor base 1 em ambas as métricas (IPCC,2014; UNFCCC, 2022). Aqui está uma descrição detalhada de cada medida:

GWP-100: Esta métrica avalia o efeito de um gás no aquecimento global em um período de cem anos em comparação ao CO₂. Valores mais elevados de GWP indicam uma maior capacidade de aquecer o planeta (IPCC, 2014).

GTP-100: Esta medida calcula a alteração na temperatura atmosférica terrestre cem anos após a emissão de uma quantidade unitária de um gás, em comparação com a mesma quantidade de CO₂ (EPA, 2022).

Avaliação dos Dados: CO₂: GWP-100: 1 GTP-100: 1

O CO₂ serve como referência para outras comparações devido à sua ampla presença e longo período de permanência na atmosfera (IPCC, 2014).

CH₄: GWP-100: 25 GTP-100: 5

O CH₄ é muito mais eficiente em reter calor do que o CO₂, refletido em seu GWP elevado, apesar de ter uma vida atmosférica mais curta (EPA, 2022).

N₂O: GWP-100: 298 GTP-100: 270

O dióxido de Nitrogênio (N₂O) é muito mais potente que o CO₂ em termos de GWP e GTP, devido à sua eficácia em absorver radiação e sua durabilidade na atmosfera (UNFCCC, 2022).

Estas informações são fundamentadas pelos estudos e relatórios destas entidades e fornecem estimativas baseadas em ampla pesquisa científica. Este panorama oferece um entendimento do papel de cada gás no aquecimento global, essencial para estratégias eficazes de mitigação das mudanças climáticas.

O CH₄ é um gás de efeito estufa que tem um potencial de aquecimento global 25 vezes superior ao CO₂, que é o principal responsável pelo aquecimento global (IPCC, 2006). Isso significa que a emissão de 1 kg de CH₄ tem o mesmo impacto climático que a emissão de 25 kg de CO₂. Considerando que 1 kg de carbono corresponde a 3,67 kg de CO₂ (Rügnitz; Chacón; Porro, 2009; Grzebieluckas (2011), por definição, 1 kg de CO₂ equivale a 0,2727 kg de carbono.

Por exemplo, se uma tonelada de carbono equivalente tem um valor de 100 dólares no mercado, a redução de uma tonelada de CO₂ teria um valor aproximado de 27.27 dólares, enquanto a mitigação de uma tonelada de CH₄ poderia valer cerca de 630 dólares, sempre considerando o GWP dos gases.

Outro exemplo importante que deve ser levado em consideração: Para realizar os cálculos de compensação de CH₄ por CO₂, utilizamos o GWP do CH₄. O CH₄ tem um GWP de 25 no período de 100 anos, o que significa que uma tonelada de CH₄ tem o mesmo impacto climático que 25 toneladas de CO₂. Para converter 57 quilos de CH₄ em CO₂ fazemos o seguinte:

Peso do metano: 57 kg (ou 0,057 toneladas). Fator de conversão (GWP do CH₄): 25.

Agora, multiplica-se o peso do CH₄ pelo GWP:

CO₂ = 0,057 toneladas de CH₄ × 25 = 1,425 toneladas de CO₂.

Resultado: 57 quilos de CH₄ equivalem a 1.425 quilos de CO₂ equivalente.

A conversão das emissões de CH₄ em equivalentes de CO₂, utilizando o GWP, destaca a importância de considerar o potencial de aquecimento global de cada gás ao calcular as compensações e os créditos de carbono. Essa abordagem garante uma avaliação mais precisa do impacto climático das atividades pecuárias e incentiva a adoção de práticas mais sustentáveis.

2.4 Mercado de carbono

O mercado de carbono é amplamente dividido em dois principais modelos: o regulado e o voluntário. Ambos são estruturados em torno da comercialização de créditos de carbono, mas diferem significativamente em seus princípios de operação e regulamentação.

O mercado regulado é definido como aquele em que "os participantes estão submetidos a uma legislação local ou internacional que, de alguma forma, impõe restrições com relação à emissão desses gases", conforme dito por Simoni (2009). Esse modelo é tipicamente vinculado a

acordos internacionais, como o Protocolo de Quioto (PK), que estabelece as bases para a regulação global de gases de GEE. Em outras palavras, os participantes no mercado regulado têm obrigações impostas por legislações que restringem suas emissões, e as transações de créditos de carbono ocorrem dentro desse arcabouço legal (Simoni, 2009).

Por outro lado, o mercado voluntário de carbono (VCM) surgiu de forma distinta, sendo impulsionado por iniciativas independentes e, muitas vezes, motivadas por razões filantrópicas ou de marketing. Bayon, Hawn e Hamilton (2009) citam o exemplo da AES Corp, que em 1989 desenvolveu um projeto agroflorestal na Guatemala com o objetivo de reduzir suas emissões de carbono. A empresa investiu no plantio de pinus e eucaliptos, comercializando os créditos de carbono resultantes dessas atividades. Esse projeto antecedeu a criação do mercado regulado e foi motivado por interesses que extrapolavam as exigências legislativas, uma característica marcante do mercado voluntário.

Uma diferença essencial entre esses mercados está na estrutura de governança. No mercado regulado, como aponta Simoni (2009), as regras são impostas por esferas de governo federal ou internacional, o que resulta em um ambiente de alta regulação e controle legislativo. Já no mercado voluntário, as regras emergem de forma mais flexível e descentralizada, com os próprios agentes definindo os parâmetros das transações (Bayon; Hawn; Hamilton, 2009).

Além disso, a acessibilidade dos mercados também difere. No mercado regulado, os altos custos de transação e desenvolvimento de projetos favorecem a participação de grandes indústrias, enquanto pequenas e médias empresas encontram maiores oportunidades no mercado voluntário, que tem menos barreiras financeiras e burocráticas (Silva Junior, 2011; Simoni, 2009).

A criação de um mercado voltado para questões ambientais abriu espaço para negócios mais sustentáveis, com potencial de retorno financeiro em longo prazo. Essas iniciativas estão ligadas a estratégias empresariais que, conforme Simoni (2009) podem ser classificadas em três abordagens principais: a implementação de medidas para controle e/ou

prevenção da poluição, a busca por processos produtivos inovadores que favoreçam uma produção mais eficiente, e o desenvolvimento de tecnologias mais limpas, que é um dos principais objetivos do MDL.

É importante destacar que não há preço interno de carbono no mercado voluntário de carbono, em vez disso, o comércio cria um preço de mercado que varia de local para local e de setor para setor.

2.5 Bem-estar animal

O bem-estar animal é resultado de um manejo adequado, incluindo controle de temperatura, água de qualidade, dieta balanceada e espaço suficiente (Baccari, 2001). No caso dos bovinos, Webster (2005) sugere indicadores como comportamento geral, condição física, eficiência reprodutiva e registros sanitários para garantir um bem-estar elevado.

O conforto térmico é importante para o bem-estar animal, uma vez que o equilíbrio térmico afeta diretamente o desempenho fisiológico, comportamental e produtivo dos animais. Cada espécie possui uma zona de termoneutralidade, que é a faixa de temperatura ambiente em que o animal não precisa gastar energia adicional para manter sua temperatura corporal (Kadri *et al.*, 2013).

Quando expostos a condições fora dessa zona, os animais podem enfrentar estresse térmico, que compromete não apenas a saúde, mas também a produtividade. Por exemplo, em bovinos de corte e de leite, o estresse térmico devido ao calor pode levar a uma redução no consumo alimentar, queda na produção e até infertilidade (West, 2003).

A umidade relativa do ar e a ventilação também desempenham papéis importantes. Em ambientes úmidos, a dissipação de calor via evaporação (como sudorese ou respiração ofegante) é dificultada, agravando o impacto do calor da mesma forma, animais expostos ao frio extremo podem gastar energia para se aquecer, o que afeta sua conversão alimentar e desempenho geral (Baêta; Souza, 2010).

Para Autran, Alencar e Viana (2017), a capacidade de os animais sentirem emoções como medo e ansiedade reforça a importância de promover avaliações regulares de bem-estar.

A preocupação com o bem-estar também se reflete em aspectos econômicos, como mencionado por Salak-Johnson e McGlone (2007), que relacionam condições inadequadas de criação a uma redução na produtividade devido ao comprometimento imunológico dos animais.

Para avaliar o bem-estar, diversos indicadores são utilizados. Alterações comportamentais, como mudanças na frequência de alimentação e busca por água e sombra, foram descritas por Ray e Roubicek (1971). Alterações fisiológicas, como aumento dos níveis de adrenalina e da frequência respiratória, indicam esforços do animal em manter o equilíbrio interno.

As "Cinco Liberdades", propostas por Autran *et al.* (2017), constituem uma estrutura fundamental para avaliação do bem-estar animal:

1. Livre de fome, sede e má nutrição: Garantia de acesso adequado a alimento e água.
2. Livre de dor, feridas e doenças: Cuidados sanitários que eliminem sofrimento físico.
3. Livre de desconforto: Ambiente adequado à espécie.
4. Livre de medo e estresse: Prevenção de sofrimentos psicológicos.
5. Livre para expressar comportamentos naturais: Manejo e espaço que permitam manifestações naturais da espécie.

Sistemas de Integração como o ILPF ou IPF apresentam-se como uma solução viável para melhorar o bem-estar animal, ao promover sombreamento natural e conforto térmico superior aos sistemas convencionais de pastagem. Glaser (2003) ressalta que o sombreamento fornecido por componentes florestais contribui significativamente para a redução do estresse térmico, especialmente em regiões tropicais como o Brasil, onde altas temperaturas podem comprometer a homeostase (capacidade dos organismos de manterem a estabilidade interna por meio

de equilíbrios dinâmicos, mesmo diante de alterações externas) dos animais.

Esse equilíbrio é sustentado por mecanismos regulatórios interdependentes, essenciais para a preservação da função e estrutura do organismo (Brito; Haddad Junior, 2017). Segundo a Organização Mundial da Saúde Animal (OIE), o bem-estar animal é alcançado quando os animais estão saudáveis, bem alimentados, seguros e livres de desconfortos ambientais (OIE, 2019).

Assim, ao compararmos sistemas convencionais de pastagem com aqueles que incorporam a integração florestal, torna-se evidente que o sistema com integração promove condições mais adequadas para o desenvolvimento dos animais. A interação entre sombra natural, temperatura amena e espaço adequado proporciona não apenas maior conforto, mas também melhora na produtividade e na saúde geral dos bovinos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Área de estudo

O município escolhido para o estudo foi o de Vila Bela da Santíssima Trindade, que está situado na mesorregião Sudoeste de Mato Grosso, mais precisamente na microrregião de Alto Guaporé, conforme a classificação do IBGE (2008). O município encontra-se entre as coordenadas "16°15'58,51" a 14°00'20,79" de Latitude Sul e 59°54'19,16" a 60°23'11,64" de Longitude Oeste, a uma distância de 540 km de Cuiabá, a capital do estado.

O clima da região conforme a classificação de Köppen, é caracterizado como savana equatorial (AW), com inverno seco e precipitação anual média em torno de 1.500 mm, com uma distribuição sazonal de 6 meses seco (maio a outubro) e seis meses chuvosos (novembro a abril) com temperaturas variando entre 25C° e 35C°, IBGE (2014). Segundo dados de 2011 da Secretaria de Planejamento e

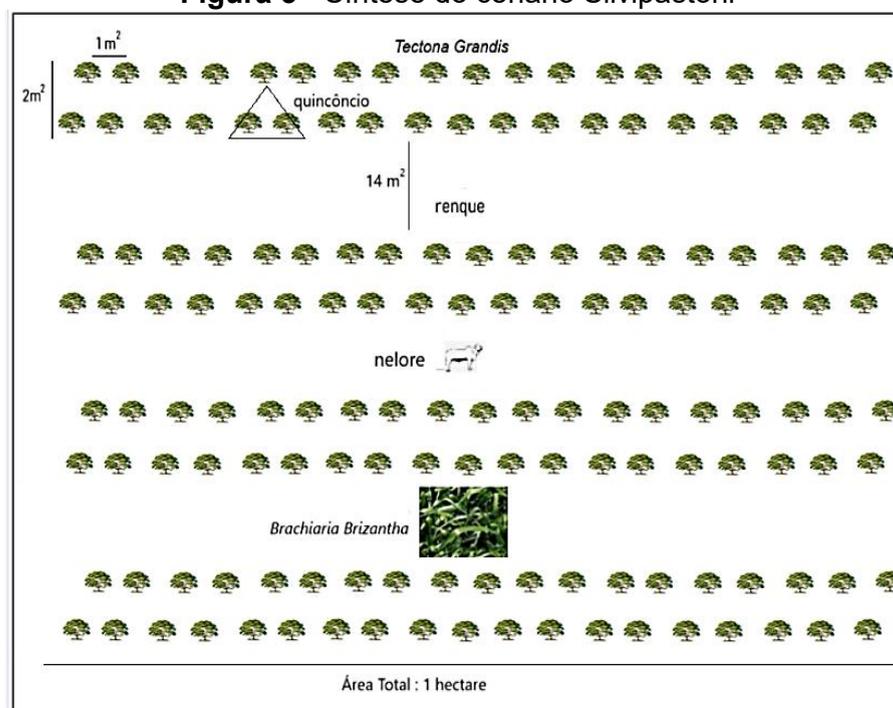
Assuntos Econômicos (SEPLAN), o clima também pode ser classificado como Tropical Continental, alternando entre períodos úmidos e secos.

3.2 Plantio avaliado

Neste estudo foi utilizada a espécie arbórea *Tectona Grandis*, mais conhecida como Teca, adaptada para o clima da região. Esta espécie foi escolhida por conta que o estado de Mato Grosso possui clima propício para esta espécie e também por conta da sua durabilidade e alta demanda no mercado internacional, especialmente para uso em móveis de luxo e construção naval.

Considerou-se um projeto florestal com espaçamento em linha dupla de 2x3x2x14 em formato de triângulo equilátero, onde os números correspondem respectivamente à: números de linhas, distância entre as linhas no renque, distância entre as árvores na linha e distância entre os renques. A **Figura 5** ilustra o cenário utilizado no estudo.

Figura 5 - Síntese do cenário Silvipastoril



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

O plantio de árvores em renques com linhas duplas, organizadas em formato de triângulo equilátero (quincôncio), é uma estratégia eficaz para aumentar o número de árvores por hectare. Esse arranjo promove uma melhor distribuição no terreno, reduzindo o sombreamento sobre as forrageiras e minimizando a competição entre as plantas. Além disso, evita que as copas das árvores se inclinem em direção às extremidades, favorecendo o desenvolvimento equilibrado e saudável das árvores (Behling; Wruck, 2023, p. 399).

Este espaçamento e enfileiramento também foram escolhidos por conta que maiores distâncias entre as fileiras de árvores com adoção de técnicas silviculturais como a desrama resultarão em ganhos de rendimentos, devido à redução da competição entre as árvores, redução dos custos de estabelecimento e manejo das árvores, além do maior crescimento em diâmetro das árvores, (Behling 2023; Gaafar *et al.*, 2006; Bertomeu, 2012).

No sistema de plantio em linhas simples ou duplas em quincôncio, a área ocupada pela pastagem é basicamente a dos troncos das árvores, permitindo o bom desenvolvimento da forragem devido à prática de podas regulares. No caso de renques triplos, a forragem não se desenvolve sob as copas, resultando em uma perda de receita da pecuária. Para compensar, essa perda deve ser equilibrada pela produção gerada pelas árvores, como a teca, substituindo a receita perdida com a pecuária. (Behling; Wruck, 2023).

Para o cálculo da densidade arbórea foi utilizado o aplicativo gratuito disponibilizado pela Universidade Federal do Paraná – UFPR e Embrapa Florestas acrescido de 20% por conta da disposição das árvores em formato triangular. A quantidade final de árvores incluídas no cenário foi de $588 + 117 = 705$ árvores.

Para projeção do cenário o espaço temporal escolhido foi de 20 anos a contar do ano de 2023. Foi realizado um desbaste aos 7 (sete) anos e corte final aos 20 (vinte) anos.

3.3 Custos da floresta plantada

Para avaliar a viabilidade econômica da opção de manejo proposta para o cenário, foram calculados os custos médios relacionados à implantação, manutenção e desbastes ao longo do ciclo da Teca. Os custos considerados no estudo excluem os custos relacionados à colheita, considerando a venda da madeira em pé.

Os custos de implantação englobam atividades como preparo do solo, que incluem limpeza da linha, coveamento, adubação e controle de formigas e compra de mudas e insumos. No primeiro ano, os custos de manutenção estão relacionados ao controle de plantas invasoras e pragas, sendo mais elevados neste período. A partir do segundo ano, os gastos se voltam para desrama, adubação de manutenção, conservação de estradas, aceiros e cercas, além do controle de formigas e pragas e também o custo anual da terra, considerando o período entre o primeiro ano até o momento da colheita, que ocorre no vigésimo ano.

O custo da terra foi retirado do relatório de análise de mercado de terras do estado de Mato Grosso – RAMT (2023), elaborado pelos órgãos: Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e pela Superintendência Regional De Mato Grosso (SRMT). Tendo como parâmetro o valor referente ao município de Vila Bela da Santíssima Trindade. O valor considerado foi o valor médio da Terra Nua (VTN) destinada à pecuária nesta região. Foram utilizadas 705 mudas em 1 hectare de terra e os custos de desbastes e corte final foram estimados com base nos preços praticados no mercado.

Levando em consideração o informativo técnico nº09 de 2018 do Sistema Fomato, certas taxas e tributos são dispensados por conta da atividade de reflorestamento. Logo, este estudo focou unicamente nas despesas fixas, e nos encargos relacionados ao Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR), estipulado em 1% e também sobre alíquota de Imposto de Renda disponibilizada pela Receita Federal do Brasil.

Além disso, a depreciação foi calculada utilizando uma metodologia específica para os custos de produção. Para proceder com o cálculo de depreciação, é essencial aderir às normas determinadas pela Secretaria da Receita Federal, contidas no artigo 305 do Regulamento do Imposto de Renda (RIR) de 1999 (RIR/99). Este regulamento especifica que a vida útil de máquinas para depreciação deve ser considerada como sendo de 10 (dez) anos. Os parâmetros incluídos no cálculo foram: o valor residual estimado em 20% ao ano, considerando a vida útil do equipamento.

3.4 Custo bovinocultura de corte

Para os dados referentes ao fluxo de caixa da pecuária referente a 5,13 arrobas, parte das informações utilizadas como manejo sanitário e reprodutivo, suplementação, pastagem, forrageira anual, forrageira perene, conservação de forragem, aquisição de animais, mão de obra, impostos e taxas, manutenção, despesas financeiras, mão de obra familiar, foram retirados do Relatório de mercado e custo de produção da Pecuária do Mato Grosso para o ano de 2023 emitido pelo Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (IMEA).

Os demais valores como o valor da terra nua (VTN), foram retirados do relatório de análise de mercado de terras do estado.

3.5 Receita da floresta plantada

Após calcular os custos, procedeu-se à análise da receita gerada no sétimo e no vigésimo ano, a partir da venda da madeira. A receita foi estimada com base no incremento médio anual, na quantidade de anos até a poda e no preço de venda da madeira no ano de corte. Logo, a receita da madeira é igual à quantidade de m^3 x valor do m^3 .

O valor do metro cúbico da madeira *In Natura* foi retirado do site da Secretaria de Estado de Fazenda de Mato Grosso (SEFAZ) e atualizado

através do Índice Geral de Preço de Mercado (IGPM) para o ano de 2023. O valor do m³ considerado foi de R\$ 1.503,20 por m³. O valor considerado ficou abaixo do preço da madeira que vem sendo comercializada no estado segundo as madeireiras e produtores da região.

As análises do sistema agroflorestal foram baseadas em dados fornecidos pelo *software* para manejo de precisão da Embrapa denominado SisilpfTeca. Esse modelo prevê a quantidade de madeira a ser produzida em diferentes idades, além de possibilitar a simulação de desbastes e a avaliação de diferentes regimes de manejo. Ele também calcula o carbono acumulado pelas árvores e gera tabelas que classificam a madeira de acordo com sua destinação industrial, como laminação, serraria e energia, baseando-se nos diâmetros e comprimentos das toras (De Oliveira, 2018).

3.6 Receita da bovinocultura

Para cálculo da receita foi considerada a quantidade de 5,13 arrobas por hectare, valor este retornado do relatório de rentabilidade do Estado do Mato Grosso, sendo vendida a R\$ 254,69, preço médio da arroba do boi para o ano de 2023 no estado.

3.7 Receita do carbono

Para estimar o preço de venda dos créditos de carbono do arranjo, foi considerado o valor cotado na data de 05/09/2023 no site *carboncredits.com*, no valor de US\$ 0,8957. O site não apresenta série histórica de preços, portanto foi necessário utilizar o valor do carbono para a data corrente de 05/09/2024 e utilizar os dados disponíveis de variação de -62,64 % em relação ao ano anterior e converter para a data de 2023. Foi considerado o valor do Dólar médio do ano de 2023 no valor de R\$ 4,99 para conversão do valor para Reais (R\$).

Sobre os cálculos da tonelada de CO₂, o *software* utilizou a seguinte fórmula:

$tCO_2 \text{ do Volume} = (\text{Volume}) \times (\text{Dens. Básica: } 0,35) \times (\text{C: } 0,49) \times (\text{CO}_2: 3,66)$

O fluxo de caixa do carbono foi composto pela quantidade de tCO_2 do esquema florestal composto por 705 árvores. Os valores de sequestro de carbono de outros componentes do sistema como, por exemplo, forrageira e serapilheira não foram considerados.

Levando em consideração que um dos objetivos do trabalho foi demonstrar que o cenário de integração pecuária / floresta pode mitigar toda emissão de CH_4 do sistema extensivo, fizemos o desconto das emissões de CH_4 antes de incluir os valores da receita do crédito de carbono no fluxo de caixa. Fizemos a conversão dos valores de emissão de CH_4 para CO_2 equivalente para que pudéssemos descontar as emissões dos ruminantes do cenário. A **Tabela 5** abaixo contem os valores convertidos e o demonstrativo da compensação de CO_2 .

Tabela 5 - Conversão e compensação de Carbono

	ANO																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tonelada de CO₂	0	1,2	5,2	11	17,6	24,2	30,4	28,9	37,6	46,2	54,4	62,3	69,9	77,1	83,9	90,5	96,6	102,5	108	113,3
CO ₂ em kg	0	1200	5200	11000	17600	24200	30400	28900	37600	46200	54400	62300	69900	77100	83900	90500	96600	102500	108000	113300
Transformação de Metano de 5,13 @ em Kg de CO ₂	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09	528,09
Sequestro de carbono menos emissão (Kg)	-528,09	671,91	4.671,91	10.471,91	17.071,91	23.671,91	29.871,91	28.371,91	37.071,91	45.671,91	53.871,91	61.771,91	69.371,91	76.571,91	83.371,91	89.971,91	96.071,91	101.971,91	107.471,91	112.771,91
Tonelada (T) de CO ₂ após compensação de emissões	-0,53	0,67	4,67	10,47	17,07	23,67	29,87	28,37	37,07	45,67	53,87	61,77	69,37	76,57	83,37	89,97	96,07	101,97	107,47	112,77

Elaborada pela autora (2024).

Somente foram computados os valores de crédito de carbono remanescentes sobre o cálculo de compensação de CH₄ produzido pela unidade de lotação do cenário, ou seja, descontado o valor de emissão de CH₄ referente a 5,13 arrobas por hectare. Para os cálculos foi considerado que um boi criado em sistema silvipastoril com 17 arrobas produz 70 kg de metano/ano.

3.8 Critérios de avaliação econômica

Com base nos custos e receitas do reflorestamento analisado, da bovinocultura e carbono sequestrado, foi realizada uma avaliação econômica utilizando as seguintes técnicas de avaliação de investimento: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), Payback Atualizado (PA), Índice de Lucratividade (IL), Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM), Relação Benefício/Custo (B/C), Modelo de Precificação de Ativos Financeiros e Análises de risco e sensibilidade por meio da Simulação de Monte Carlo.

O VPL calcula o valor atualizado dos fluxos de caixa ao longo do tempo, considerando a taxa de desconto. Por esta razão, quanto maior o VPL, maior atratividade tem o projeto (Assaf, 2010). A equação utilizada para calcular o VPL é dada por:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} - I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+K)^t} \quad (1)$$

Onde: FC_t = fluxo de caixa de cada período; K = taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida; I_0 = investimento previsto no momento zero; I_t = valor do investimento previsto em cada período subsequente.

A TIR de um projeto deve ser maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para que o projeto seja visto como vantajoso. Isso implica que o retorno do projeto precisa superar o menor percentual de retorno que o investidor está disposto a aceitar. Caso a TIR esteja abaixo da TMA, o projeto é considerado não lucrativo, o que significa que ele não alcança o retorno mínimo esperado pelo investidor (Drozdowski, 2022). Normalmente, a TIR é definida para períodos anuais e corresponde a uma taxa de desconto que iguala o valor atual das entradas de caixa ao valor atual do investimento (Assaf, 2010).

A equação utilizada para calcular a TIR é dada por:

$$TIR = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+k)^t} - I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (2)$$

Em que: I_0 = montante do investimento no momento zero (início do projeto); I_t = montantes previstos de investimento em cada momento subsequente; K = taxa de rentabilidade anual equivalente periódica (IRR); FC = fluxos previstos de entradas de caixa em cada período de vida do projeto (benefícios de caixa).

O Payback Descontado (PD): Indica o tempo necessário para recuperar o investimento inicial. O PD é um método que define o número de anos necessários para a recuperação do investimento inicial (Laponi, 2000). A equação utilizada para calcular o PD é dada por:

$$Payback\ Descontado = \text{mínimo } \{j\} \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \geq FC_0 \quad (3)$$

Onde: FC_t = Fluxo de caixa do projeto no tempo t ; k = taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida ou TMA; FC_0 = Fluxo de caixa do projeto no tempo 0.

O IL é a relação entre o VPL e o investimento inicial. Em resumo, é o quociente do valor presente dos fluxos de entrada de caixa pelo valor presente dos fluxos de saída (Ross, 1995).

A equação utilizada para calcular o IL é dada por:

$$IL = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t}}{inv} \quad (4)$$

Onde: FC_t = fluxo de caixa no tempo t ; k = custo de capital ou TMA; n = número de período analisado; t = período analisado; inv = investimento inicial, que corresponde aos fluxos de caixa na data zero.

A TIRM ou *Modified Internal Rate of Return* (MIRR) é uma adaptação da TIR visando reparar, as limitações desta última. Para lidar com algumas das questões relacionadas à TIR padrão, frequentemente recorre-se a uma

versão modificada. Como veremos, existem diversos métodos para calcular essa TIR modificada (TIRM), mas a idéia fundamental é ajustar os fluxos de caixa antes de calcular a TIR com base nesses fluxos modificados (Ross *et al.*, 2013).

Em resumo, a TIRM é uma ferramenta valiosa para avaliar a viabilidade de projetos, considerando de forma mais realista a TMA, e a taxa de reinvestimento dos fluxos intermediários gerados pelo projeto, custo de capital e a taxa de reinvestimento.

A equação utilizada para calcular o TIRM é dada por:

$$TIRM = \left(\frac{\sum_{t=0}^n Y_t * (1 + k_1)^{n-t}}{\sum_{t=0}^n C_t * (1 + k_2)^{-t}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (5)$$

Em que: Y_t = Fluxo de caixa positivo no período t ; C_t = Fluxo de caixa negativo no período t ; t = Período analisado; n = Número de períodos analisados; k_1 = Taxa que remunera aplicações de recursos; k_2 = Custo de captação de recursos.

A Análise de Sensibilidade e Riscos é uma ferramenta valiosa para identificar as variáveis que têm um impacto significativo nos resultados. Se observarmos que o VPL estimado é especialmente sensível por mudanças em uma variável difícil de prever, como as vendas unitárias, desastres climáticos, pragas, etc. Isso indica um alto grau de incerteza nas previsões (Ross *et al.*, 2013). Neste estudo esta análise será realizada por meio da Simulação de Monte Carlo.

Já a B/C: “estabelece a relação entre o valor atual das receitas e o valor atual dos custos” (Vitale; Miranda, 2010). De acordo com essa medida de efetividade econômica, os projetos são aceitos quando sua relação B/C é maior que 1. Isso indica que tais projetos têm potencial para gerar benefícios que superam os custos.

A equação utilizada para calcular a relação Benefício/Custo é dada por:

$$B/C = \frac{VB(k)}{VC(k)} \quad (6)$$

Onde B/C significa relação Benefício/Custo; VB (k) denota o valor atualizado à taxa k, a qual representa a taxa de desconto do projeto, equivalente à rentabilidade mínima exigida, referente à série de benefícios, e VC (k) representa o valor atualizado à taxa k dos custos do projeto.

O modelo de precificação de ativos financeiros ou *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) será validado para estimar a TMA ou o Custo de Oportunidade (CO). O CAPM foi empiricamente testado em várias ocasiões, resultando no desenvolvimento de modelos adicionais com o objetivo de aprimorar sua aplicação (Ganz; Schlotefeldt; Rodrigues Junior, 2020), destacando-se entre eles o Modelo de Godfrey-Espinosa (1996), o Modelo de Lessard (1996), o Modelo Goldman-Sachs, Mariscal e Hargis (1999), o Modelo de Damodaran (2002), o Modelo Assaf Neto (2008), e mais 3 modelos desenvolvidos por Pereiro (2001), sendo eles: o Modelo CAPM Local (L-CAPM), o Modelo de CAPM Local Ajustado (AL-CAPM) e o Modelo CAPM Ajustado Híbrido (AH-CAPM) (Martinelli, 2018). Contudo, optou-se por utilizar o modelo *Benchmarking* CAPM Global.

A formulação básica do modelo é dada pela seguinte equação:

$$K_e = R_f + \beta (R_m - R_f) + E \quad (7)$$

Onde: K_e - Custo do capital próprio ou taxa mínima de atratividade;
 R_f - Taxa livre de risco; β - Índice de risco não diversificável (risco sistêmico);

R_m - Taxa de retorno de uma carteira representativa do mercado.

Para obter a receita bruta de vendas do projeto em questão, será necessário utilizar a equação:

$$R(x) = p(x) \times q(x) \quad (8)$$

Onde: $R(x)$ = receita bruta de vendas;

$p(x)$ = preço comercializado dos produtos e;

$q(x)$ = quantidade produzida. A fim de sintetizar as definições conceituais das técnicas de avaliação de investimentos apresenta-se o **Quadro 1**.

Quadro 1 - Resumo das técnicas de avaliação de investimento

(continua)

Termo	Definição	Função da Fórmula
VPL	Calcula o valor atualizado dos fluxos de caixa ao longo do tempo, considerando a taxa de desconto. Indica o quanto o valor presente dos benefícios de um projeto excede o valor do investimento inicial. Quanto maior o VPL, maior a atratividade do projeto (Assaf, 2010).	$VPL = \sum FCt/(1+K)^t - I0$ onde: FCt = fluxo de caixa no tempo t; K = taxa de desconto; I0 = investimento inicial.
TIR	A taxa de retorno de um projeto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa ao investimento inicial. Para ser atrativo, a TIR deve ser maior que a TMA (Drozdowski, 2022; Assaf, 2010).	A fórmula resolve $\sum FCt/(1+TIR)^t = I0$, onde FCt = fluxos de caixa no tempo t; I0 = investimento inicial.
VAUE	Converte o valor presente líquido de um projeto em uma série uniforme de pagamentos anuais equivalentes (Assaf, 2010).	$VAUE = VPL * K / [1 - (1 + K)^{-n}]$, onde: VPL = valor presente líquido; K = taxa de desconto; n = número de anos do projeto.
PD	Calcula o tempo necessário para recuperar o investimento inicial considerando o valor presente dos fluxos de caixa. O Payback Descontado define o número de anos necessários para recuperar o investimento (Laponi, 2000).	$PD = \sum FCk / (1 + k)^n$, onde: FCk = fluxo de caixa no tempo k; k = taxa de desconto; n = número de anos do projeto.
IL	Relação entre o valor presente dos fluxos de entrada de caixa e o valor presente dos fluxos de saída. Projetos com IL maior que 1 são considerados lucrativos (Ross, 1995).	$IL = VPL / I0$, onde: VPL = valor presente líquido; I0 = investimento inicial.

(conclusão)

Termo	Definição	Função da Fórmula
TIRM	Adaptação da TIR que ajusta os fluxos de caixa para levar em consideração o custo de capital e a taxa de reinvestimento. A TIRM oferece uma avaliação mais realista do retorno do projeto (Ross <i>et al.</i> , 2013).	$TIRM = \sqrt{[\sum Y_j / \sum j]} - 1$, onde Y_j = fluxos de caixa positivos; j = fluxos de caixa negativos.
B/C	Estabelece a relação entre o valor atual das receitas e o valor atual dos custos. Projetos são aceitos quando a relação B/C é maior que 1, indicando que os benefícios superam os custos (Vitale; Miranda, 2010).	$B/C = VB(k)/VC(k)$, onde: $VB(k)$ = valor presente dos benefícios; $VC(k)$ = valor presente dos custos.
CAPM	Utilizado para calcular o custo do capital próprio, que é a taxa mínima de atratividade, baseado em variáveis de risco de mercado e retorno esperado. O CAPM é amplamente testado e validado empiricamente (Ganz <i>et al.</i> , 2020).	$Ke = Rf + \beta (Rm - Rf)$, onde: Ke = custo do capital próprio; Rf = taxa livre de risco; β = risco sistêmico; Rm = taxa de retorno de mercado.
Análises de Sensibilidade e Risco	Avaliam como a variação de variáveis-chave, como vendas ou condições climáticas, afeta os resultados financeiros do projeto. A sensibilidade ajuda a identificar variáveis críticas para o sucesso do projeto (Ross <i>et al.</i> , 2013).	Utiliza-se VPL, TIR, Payback e outros indicadores variando-se as condições de entrada para medir o impacto nos resultados.

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da viabilidade econômica de sistemas agropecuários é fundamental para a tomada de decisões estratégicas no setor. Neste contexto, a avaliação do fluxo de caixa e dos indicadores financeiros torna-se crucial para compreender a rentabilidade e a sustentabilidade de diferentes modelos de produção. Através da análise detalhada dos fluxos de caixa, busca-se compreender a dinâmica financeira do sistema, seus

custos, receitas e rentabilidade, bem como sua viabilidade econômica em longo prazo.

A **Tabela 6** oferece uma visão abrangente das receitas e despesas associadas ao sistema silvipastoril analisado, que combina atividades pecuárias, produção de madeira e geração de créditos de carbono. Esta tabela detalha os fluxos de caixa ao longo de um período de 20 anos, ilustrando a evolução das receitas e os respectivos custos operacionais e de investimento.

Tabela 6 - Fluxo de Caixa Completo e Detalhado

Fluxo de Caixa do Cenário																		
	1. Receita Bruta de Vendas	1.1 Receita Bruta - Pecuária	1.2 Receita Bruta - Madeira	1.3 Receita Bruta - Carbono	2. Deduções da Receita	3. Receita Líquida de Vendas	4. Custo de Produção	4.1 Custo de Produção - Pecuária	4.2 Custo de Produção - Madeira	5. Lucro Operacional	6. Imposto de Renda	7. Lucro Operacional Líquido	8. Depreciação Operacional	9. Fluxo de Caixa Operacional	10. Investimento Total	10.1 Investimento Fixo	10.2 Investimento Circulante	Fluxo de Caixa Livre
0															(10.754,30)	(2.492,82)	(8.261,48)	(10.754,30)
1	1.306,56	1.306,56	0,00	0,00	1,58	1.304,98	1.598,57	1.101,98	496,59	(293,59)	0,00	(293,59)	138,13	(155,45)				(155,45)
2	1.309,61	1.306,56	0,00	3,05	1,58	1.308,03	1.598,57	1.101,98	496,59	(290,53)	0,00	(290,53)	138,13	(152,40)				(152,40)
3	1.327,77	1.306,56	0,00	21,21	1,58	1.326,19	1.598,57	1.101,98	496,59	(272,37)	0,00	(272,37)	138,13	(134,24)				(134,24)
4	1.354,11	1.306,56	0,00	47,55	1,58	1.352,53	1.394,11	1.101,98	292,13	(41,57)	0,00	(41,57)	138,13	96,56				96,56
5	1.384,08	1.306,56	0,00	77,52	1,58	1.382,50	1.394,11	1.101,98	292,13	(11,60)	0,00	(11,60)	138,13	126,53				126,53
6	1.414,05	1.306,56	0,00	107,49	1,58	1.412,47	1.394,11	1.101,98	292,13	18,37	0,00	18,37	138,13	156,50				156,50
7	25.794,05	1.306,56	24.351,84	135,65	4.141,39	21.652,66	1.394,11	1.101,98	292,13	20.258,55	1.114,22	19.144,33	138,13	19.282,46				19.282,46
8	1.435,39	1.306,56	0,00	128,83	1,58	1.433,81	1.394,11	1.101,98	292,13	39,71	0,00	39,71	138,13	177,84				177,84
9	1.474,90	1.306,56	0,00	168,34	1,58	1.473,32	1.394,11	1.101,98	292,13	79,21	0,00	79,21	138,13	217,34				217,34
10	1.513,95	1.306,56	0,00	207,39	1,58	1.512,37	1.394,11	1.101,98	292,13	118,27	0,00	118,27	138,13	256,40				256,40
11	1.551,19	1.306,56	0,00	244,63	1,58	1.549,61	1.394,11	1.101,98	292,13	155,50	0,00	155,50	138,13	293,63				293,63
12	1.587,06	1.306,56	0,00	280,50	1,58	1.585,48	1.394,11	1.101,98	292,13	191,37	0,00	191,37	138,13	329,50				329,50
13	1.621,57	1.306,56	0,00	315,01	1,58	1.619,99	1.394,11	1.101,98	292,13	225,89	0,00	225,89	138,13	364,02				364,02
14	1.654,27	1.306,56	0,00	347,71	1,58	1.652,69	1.394,11	1.101,98	292,13	258,58	0,00	258,58	138,13	396,71				396,71
15	1.685,14	1.306,56	0,00	378,58	1,58	1.683,56	1.394,11	1.101,98	292,13	289,46	0,00	289,46	138,13	427,59				427,59
16	1.715,11	1.306,56	0,00	408,55	1,58	1.713,53	1.394,11	1.101,98	292,13	319,43	0,00	319,43	138,13	457,56				457,56
17	1.742,81	1.306,56	0,00	436,25	1,58	1.741,23	1.394,11	1.101,98	292,13	347,13	0,00	347,13	138,13	485,26				485,26
18	1.769,60	1.306,56	0,00	463,04	1,58	1.768,02	1.394,11	1.101,98	292,13	373,92	0,00	373,92	138,13	512,05				512,05
19	1.794,58	1.306,56	0,00	488,02	1,58	1.793,00	1.394,11	1.101,98	292,13	398,89	0,00	398,89	138,13	537,02				537,02
20	272.995,93	1.306,56	271.177,28	512,09	46.101,72	226.894,21	1.394,11	1.101,98	292,13	225.500,10	12.402,51	213.097,59	138,13	213.235,72			8.261,48	221.497,20

Fonte: Elaborada pela autora, dados da pesquisa (2024).

A pecuária representa uma receita anual constante ao longo dos 20 anos analisados, com uma média de aproximadamente R\$ 1.306,56 por ano. A receita de madeira somente se torna relevante a partir do 7º ano, onde ocorre o desbaste de 299 árvores do sistema. No 20º ano ocorre o corte final, momento em que o fluxo de caixa atinge seu pico máximo. A receita de carbono, por sua vez, apresenta um valor adicional a partir do segundo ano, refletindo a comercialização dos créditos de carbono gerados pela presença das árvores no sistema e que são excedentes da mitigação das emissões de metano dos bovinos.

Os custos de produção estão divididos entre a pecuária e a produção de madeira. O custo da pecuária é relativamente constante ao longo do período, em torno de R\$ 1.093,87 por ano, refletindo os gastos operacionais e de manejo dos animais. Já os custos de produção da madeira variam ao longo do tempo, sendo mais elevados no início do ciclo, devido às etapas de plantio e manejo, e diminuem até o fim do período, quando a colheita ocorre.

O lucro operacional, que corresponde à diferença entre a receita líquida e os custos de produção, mostra que o sistema silvipastoril começa a gerar resultados positivos a partir do 5º ano, com um lucro operacional crescente nos anos seguintes. Esse crescimento é impulsionado pelas receitas da madeira e do carbono, que aumentam substancialmente ao longo do tempo.

Os investimentos fixos e circulantes são mais significativos no início do projeto, refletindo os custos de implementação do sistema silvipastoril. Ao longo do tempo, com a estabilização da produção pecuária e o início das receitas florestais e de carbono, o fluxo de caixa livre torna-se positivo a partir do 4º ano e cresce de forma consistente até o final do período analisado, atingindo R\$ 221.497,30 no 20º ano.

A viabilidade econômica é reforçada pela diversificação das fontes de receita e pela mitigação dos impactos ambientais. Os dados da tabela confirmam que, a partir do 6º ano, o sistema atinge uma fase de equilíbrio financeiro, com crescimento contínuo dos lucros e um fluxo

de caixa positivo. Isso sugere que o sistema silvipastoril é uma solução sustentável de longo prazo, promovendo tanto a produtividade pecuária quanto a preservação ambiental através da captura de carbono.

A incorporação de árvores no pasto não apenas contribui para a redução das emissões de CH₄, mas também gera receitas adicionais a partir da venda de madeira e créditos de carbono.

Para cálculo da TIR foram utilizados os valores dos fluxos de caixa encontrados referentes aos anos 1 ao 20. A TIR apresentada atingiu o valor de 20,49% ao ano. E o CAPM ou TMA atingiu uma taxa de 11,11% o que significa que o projeto pode ser visto como vantajoso por apresentar uma TIR maior que a TMA.

Para o cálculo do CAPM foram utilizadas:

(1) A taxa média de rendimento dos *Treasury Bonds* de 30 anos para o período de 2014 a 2023 (10 anos) a partir de dados disponíveis em: https://br.investing.com/rates-bonds/usa-government-bonds?maturity_from=40&maturity_to=290 <https://www.treasury.gov>.

(2) O coeficiente beta desalavancado do setor *Farming/Agriculture* a partir dos dados disponíveis em: <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>.

(3) A taxa média de rendimento do índice *Standard & Poors 500* para o período de 2014 a 2023 (10 anos) a partir de dados disponíveis em: <https://www.slickcharts.com/sp500/returns>.

(4) Taxa média do risco-país medido pelo índice EMBI+ para o período de 2014 a 2023 (10 anos) a partir dos dados disponíveis em: <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>.

(5) Taxa média de inflação estimada para a economia americana para o período de 2024 a 2029 a partir dos dados disponíveis em: <https://www.statista.com/statistics/244983/projected-inflation-rate-in-the-united-states/>.

Os valores referentes a cada item detalhado a cima consta na **Tabela 7** abaixo.

Tabela 7 - Cálculo do custo do capital próprio pelo modelo CAPM

Itens	Valores
Treasury Bonds (1)	2,81%
Beta (2)	0,74
S&P 500 (3)	13,13%
EMBI+ (4)	2,88%
Inflação EUA (5)	2,22%
Ke (Modelo <i>Benchmarking</i> CAPM Global - Taxa Real)	11,11%

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

4.1 Análise da Viabilidade Econômica e Financeira

A **Tabela 8** abaixo apresenta a viabilidade econômica e a sustentabilidade financeira do projeto, baseada nos principais indicadores financeiros.

Tabela 8 - Resultado das técnicas de avaliação do investimento

Técnicas de avaliação de investimento	Valores
TIR	20,49%
VPL	R\$ 26.285,31
VAUE	R\$ 3.324,57
IL	R\$ 3,44
B/C	R\$ 4,21
PBd	5,81
TIRM	18,03%

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

A TIR de 20,49% indica uma taxa de retorno significativamente superior ao custo de capital próprio de 11,11%. Esse resultado mostra que o projeto é financeiramente atrativo e supera as expectativas de rentabilidade ajustadas para o risco, o que é um aspecto crucial em investimentos de longo prazo. Comparado com a TMA, que geralmente

reflete o custo de oportunidade de investir em alternativas menos arriscadas, a TIR demonstra que este projeto oferece retornos robustos.

O VPL de R\$ 26.285,31 reforça a viabilidade do projeto, evidenciando um excedente financeiro significativo. Esse valor positivo indica que, ao considerar o custo de capital, o projeto oferece um fluxo de caixa descontado que excede o investimento inicial, criando valor adicional. Em termos práticos, isso significa que os retornos esperados superam amplamente os custos e riscos associados, fortalecendo a recomendação para a implementação do projeto.

O VAUE de R\$ 3.324,57 traduz o VPL em uma perspectiva anualizada, permitindo uma melhor visualização do retorno médio anual que o projeto proporcionaria ao longo de sua vida útil. Isso é especialmente relevante para projetos de longa duração, onde o retorno total pode ser melhor compreendido quando convertido em uma série de fluxos de caixa uniformes. Esse valor anual positivo indica que o projeto é capaz de gerar fluxos de caixa consistentes e consideráveis, aumentando sua estabilidade financeira ao longo do tempo.

O IL de 3,44 e a Relação Benefício-Custo (B/C) de 4,21 refletem a eficiência econômica do projeto. Com esses valores, verifica-se que para cada R\$ 1 investido, o projeto gera retornos de R\$ 3,44 a R\$ 4,21, demonstrando uma excelente proporção de retorno sobre o investimento. Esses indicadores mostram que o projeto não só cobre os custos iniciais como também proporciona benefícios substanciais, confirmando sua sustentabilidade econômica.

O PBd, calculado em 5,81 anos, indica o tempo necessário para que o projeto recupere o investimento inicial, considerando o valor do dinheiro no tempo. Este período de retorno é relativamente curto para projetos de longo prazo e sugere que o risco financeiro é reduzido, uma vez que o capital inicial será reembolsado em um prazo razoável, garantindo maior segurança ao investidor. A obtenção de um PBd abaixo da duração total do projeto também reflete uma boa resiliência financeira contra variações econômicas.

A TIRM de 18,03% ajusta a TIR para uma taxa de reinvestimento mais conservadora, oferecendo uma perspectiva mais realista sobre a taxa de retorno efetiva do projeto. Para cálculo da TIRM, foi utilizada taxa de juros de 3% da linha de financiamento para crédito de investimento do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), mais especificamente o Pronaf Floresta. Esse ajuste é particularmente útil em contextos onde os fluxos de caixa podem não ser reinvestidos à mesma taxa de retorno original, fornecendo uma visão mais prudente do retorno.

Os resultados obtidos são consistentes com um projeto economicamente viável e de alta rentabilidade. A TIR e o VPL altos indicam um retorno atrativo em relação ao risco assumido, enquanto o VAUE e o IL reforçam a capacidade do projeto de gerar fluxos de caixa anuais positivos e de rentabilizar cada unidade de investimento. Adicionalmente, o PBd sugere que o projeto possui um período de retorno favorável, contribuindo para uma menor exposição ao risco financeiro.

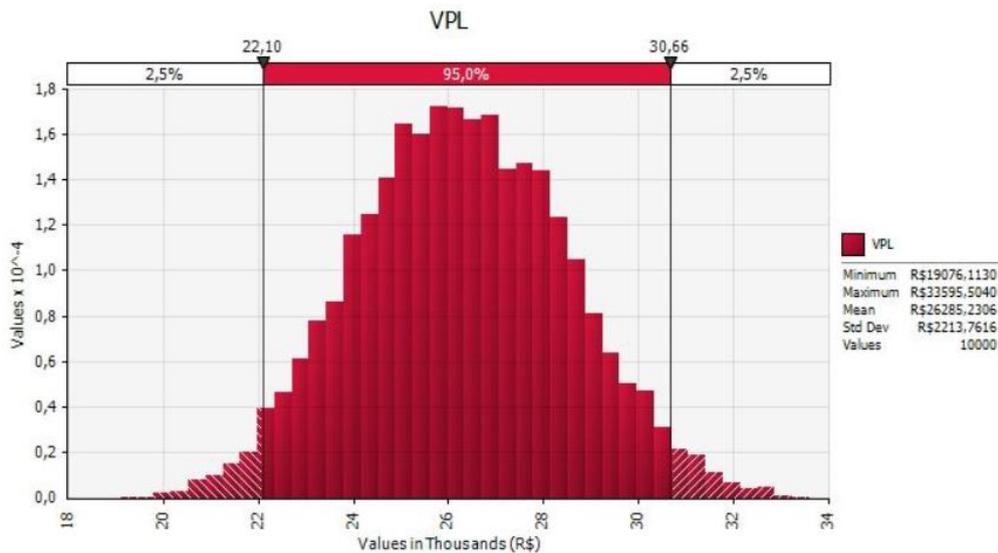
A TIRM, ajustada para uma taxa de reinvestimento conservadora, confirma que o projeto ainda gera retornos atrativos mesmo com expectativas de reinvestimento moderadas. Essa análise prudente dos indicadores financeiros sugere que, mesmo sob cenários menos otimistas, o projeto mantém sua rentabilidade, o que é essencial para a tomada de decisão.

4.2 Simulação de Monte Carlo

A Simulação de Monte Carlo permite a avaliação probabilística de resultados ao realizar milhares de iterações de cenários possíveis com base em variáveis aleatórias (Metropolis; Ulam, 1949). Esta simulação é útil para avaliar riscos e a robustez financeira de um projeto, mostrando a probabilidade de sucesso ou falha com base em diferentes cenários.

A **Figura 6** a seguir mostra como o VPL pode variar quando diversas variáveis são alteradas aleatoriamente em uma Simulação de Monte Carlo.

Figura 6 - Simulação de Monte Carlo do VPL do fluxo de caixa



Fonte: Elaborada pela autora (2024)

A Simulação de Monte Carlo apresentada na **Figura 6** fornece uma distribuição de probabilidade do VPL, permitindo identificar o intervalo mais provável de resultados e analisar os riscos e retornos associados ao projeto.

Essa abordagem é amplamente utilizada para compreender o impacto de incertezas em análises financeiras e operacionais, oferecendo um intervalo de confiança para os resultados esperados (Hertz, 1964). A distribuição simétrica apresentada na **Figura 6** reforça o argumento do autor de que a análise probabilística pode destacar a estabilidade ou volatilidade dos retornos. Nesse caso, o intervalo de confiança de 95% entre R\$ 22.100 e R\$ 30.660 sugere um nível de risco controlado, com poucas chances de resultados extremos.

Savage (2003) complementa a perspectiva de Hertz ao destacar que a Simulação de Monte Carlo supera um dos principais desafios na tomada de decisão: a negligência em relação à variabilidade dos

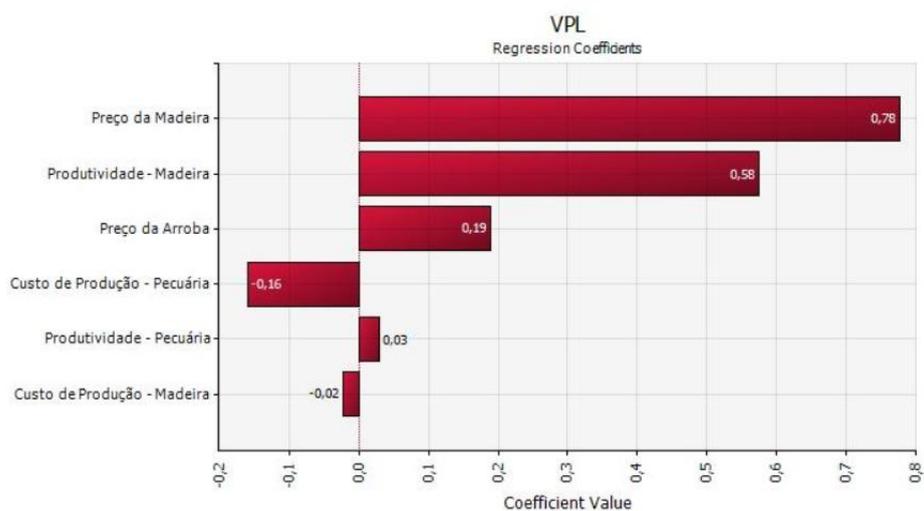
cenários possíveis. Esse aspecto é claramente demonstrado na figura, que substitui a análise baseada em um único valor fixo do VPL por uma representação completa de sua distribuição probabilística. A média de R\$26.285,23, juntamente com o desvio padrão de R\$2.213,76, proporciona uma visão mais precisa e abrangente do potencial retorno do projeto, além de evidenciar a oscilação esperada nos resultados.

Ao aplicar a Simulação de Monte Carlo, é possível tomar decisões mais robustas ao considerar a variabilidade dos resultados e os riscos associados (Savage, 2003).

4.3 Análise de sensibilidade

O gráfico da **Figura 7** exibe os coeficientes de regressão obtidos por meio de uma simulação de Monte Carlo aplicada ao VPL, mostrando a influência de diferentes variáveis nos resultados da análise destacando suas influências positivas e negativas. Aqui está uma análise detalhada dos resultados:

Figura 7 - Análise de sensibilidade dos preços



Fonte: Elaborada pela autora (2024)

4.3.1 Principais variáveis com impacto positivo

O preço da madeira é a variável com maior influência positiva no VPL. Um aumento nesta variável gera ganhos significativos, o que demonstra a importância econômica do componente florestal no sistema. Isso reforça a necessidade de buscar boas estratégias de comercialização para obter preços mais vantajosos.

A produtividade da madeira também possui um peso expressivo. A elevação na produção de madeira tende a impactar o VPL positivamente, indicando que práticas de manejo eficientes, voltadas para o crescimento e corte adequado, podem potencializar os retornos financeiros.

Embora em menor escala, o preço da arroba também contribui para o aumento do VPL. Isso mostra que, apesar de ter um peso menor em comparação à madeira, a pecuária ainda pode agregar valor ao sistema.

4.3.2 Variáveis com impacto negativo

Esse fator representa o maior impacto negativo no VPL. O aumento dos custos na pecuária tende a reduzir os resultados financeiros, destacando a importância do controle rigoroso das despesas nessa atividade.

Apesar de ser negativo, o impacto do custo de produção da madeira é quase insignificante. Isso sugere que os custos operacionais na atividade florestal não comprometem significativamente o retorno financeiro gerado por ela.

4.3.3 Principais pontos observados

1. Relevância da atividade madeireira: O sistema depende fortemente do preço e da produtividade da madeira. Melhorias nessas áreas podem maximizar os retornos financeiros.

2. Desafios na pecuária: O controle de custos na pecuária é fundamental, já que os aumentos impactam negativamente o VPL.

3. Baixa contribuição da pecuária: Tanto em produtividade quanto em preço, a pecuária apresenta menor influência no resultado final, indicando que o foco deve permanecer na madeira para obter maiores ganhos.

4. De maneira geral, o resultado aponta que o componente florestal é o principal motor econômico do sistema analisado. Já a pecuária, embora relevante, exige uma gestão eficiente para evitar prejuízos e maximizar seu papel como atividade complementar.

5. Como aponta Savage (2003), o uso de simulações probabilísticas melhora a tomada de decisão, pois supera o erro comum de subestimar riscos em cenários complexos.

5 CONCLUSÃO

Em resumo, os dados financeiros apresentados indicam que o projeto é viável e lucrativo, com retornos consistentes e um risco de investimento reduzido. Os indicadores suportam uma decisão favorável de investimento, mostrando que o projeto atende às expectativas de rentabilidade e segurança financeira necessária para investimentos sustentáveis em longo prazo.

As análises das Tabelas 6 e 7, aliada às informações complementares sobre a mitigação de metano, mostra que o sistema silvipastoril é uma solução viável tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico.

A Simulação de Monte Carlo mostrou-se uma ferramenta essencial para a análise de viabilidade financeira e avaliação de riscos do projeto analisado. Os resultados indicam que o VPL apresenta uma faixa de confiança de 95%, variando entre R\$ 22.100 e R\$ 30.660, com

uma média estimada de R\$26.285,23 e um desvio padrão de R\$ 2.213,76. Essa análise demonstra a estabilidade do projeto e a eficácia de utilizar abordagens probabilísticas para tratar incertezas.

Além disso, a análise de sensibilidade destacou a atividade madeireira como o principal fator gerador de valor econômico no sistema. Entre as variáveis analisadas, o preço e a produtividade da madeira apresentaram maior influência positiva no VPL. Em contrapartida, os custos relacionados à pecuária foram identificados como os principais fatores de impacto negativo, reforçando a importância de uma gestão eficiente para minimizar perdas nessa atividade.

Assim, ao combinar a Simulação de Monte Carlo com a análise de sensibilidade, foi possível identificar os fatores determinantes para o sucesso financeiro do projeto, além de apontar áreas críticas que demandam maior atenção. Essa metodologia oferece suporte para uma tomada de decisão mais fundamentada, especialmente em contextos complexos e sujeitos a incertezas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, N. A.; COSTA, J. G. Demanda por carnes no Brasil: uma análise do consumo das famílias brasileiras entre 1970 e 2022. **Economia Regional**, Londrina, v. 11, n. 3, p. 405-423, set./dez. 2023. DOI: 10.5433/2317-627X.2023.v11.n3.47297.
- ASSAF NETO, A. **Matemática Financeira e Suas Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- AUTRAN, A.; ALENCAR R.; VIANA R, B. Cinco liberdades. Amazônia: **PetVet Radar**, ano 1, n. 3, 2017. Disponível em <https://petvet.ufra.edu.br/images/radar/radarpetvet003.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- BÄCKSTRAND, Karin; LÖVBRAND, Eva. The road to Paris: contending climate governance discourses in the post-Copenhagen era. **Journal of Environmental Policy & Planning**, [S. l.], v. 18, n. 5, p. 1-19, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/297727326_The_Road_to_Paris_Contending_Climate_Governance_Discourses_in_the_Post-Copenhagen_Era. Acesso em: 6 mar. 2024.
- BACCARI JÚNIOR, Flávio. Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes. **Londrina: UEL**, v. 138, 2001. 142 p.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiente térmico para animais: princípios e aplicações**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2010.
- KADRI, F. S. *et al.* Thermal environment and animal performance in livestock systems. *International Journal of Biometeorology*, v. 57, p. 123-132, 2013.
- BARIONI, L. G.; *et al.* **Sustentabilidade da Pecuária de Corte Brasileira: Desafios e Estratégias**. Brasília: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/80318395/Sustentabilidade+da+Pecu%C3%A1ria+de+Corte+Brasileira.pdf>. Acesso em: 12 maio. 2024.
- BEHLING, M.; WRUCK, F. J. Sistemas de integração teca (*Tectona grandis* L. f.) em ILPF. In: REIS, C. M. dos R.; OLIVEIRA, E. B. de; SANTOS, A. J. dos. (Eds.). **Teca (*Tectona grandis* L. f.) no Brasil**. Embrapa Florestas, 2023. p. 399-403.
- BRITO, I.; HADDAD J, H. (2017). A formulação do conceito de homeostase por Walter Cannon. **Filosofia e História da Biologia**, 12(1), 99-113. Disponível em: http://www.abfhib.org/FHB/FHB-12-1/FHB-12-01-06-Ivana-Brito_Hamilton-Haddad.pdf. Acesso em: 10 jan. 2025.

CARVALHO, M. M.; *et al.* **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas.** Embrapa, 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/43967/1/005C.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.

CARVALHO, T. B.; *et al.* Demanda por carnes no Brasil: Uma análise do consumo das famílias. **Economia & Região**, v. 11, n. 3, 2023. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/ecoreg/article/view/47297>. Acesso em: 12 nov. 2024.

CÓDIGO TERRESTRE DE SAÚDE ANIMAL. **Introdução às recomendações para bem-estar animal.** 2017. Traduzido por ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Acesso em: 10 jan. 2025.

DA SILVA, J. L. S.; *et al.* **Manejo de animais e pastagens em sistemas de integração silvipastoril.** Embrapa Clima Temperado, (Documentos, 335), 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/952812/1/documento335.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2024.

DE OLIVEIRA, E. B.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; RIBASKI, J. **SisILPF – Software para simulação do crescimento, produção, metano e manejo do componente florestal em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.** 2018.

DE SOUZA, N. R. D. *et al.* Sugarcane ethanol and beef cattle integration in Brazil. **Biomass and Bioenergy.** Elsevier Ltd, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85058216494&doi=10.1016%2fj.biombioe.2018.12.012&partnerID=40&md5=d22f32c27f8e5a9cb0bb924d0ceb86e9>

EMBRAPA. **Presença de árvores melhora qualidade da pastagem.** Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-noticias-embrapa/busca-de-noticias/-/noticia/81415706/presenca-de-arvores-melhora-qualidade-da-pastagem>. Acesso em: 17 ago. 2024.

FERNANDES, M. H. M. R.; *et al.* Human-edible protein contribution of tropical beef cattle production systems at different levels of intensification. **Animals.** Elsevier, Radarweg 29, 1043 NX Amsterdam, Netherlands, Aug. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100538>.

FISHER, D. R.; GREEN, J. F. **Understanding Climate Politics: Governance, Mobilization, and Outcomes.** Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

- GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão Sistemática Da Literatura: Conceituação, Produção e Publicação. **Logeion: Filosofia da Informação**, v. 6, n. 1, p. 57–73, 15 set. 2019.
- GANZ, A. C. S.; SCHLOTEFELDT, J. O.; RODRIGUES JUNIOR, M. M. Corporate Governance and Capital Asset Pricing Models. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 21, n. 2, p. eRAMF200010, 2020.
- GOMES, E. G. **Crescimento e Intensificação da Produção Agrícola Brasileira**. Brasília: Embrapa, 2019. Disponível em: 0cbfbf22-2e1d-762d-d46c-d315309a996c. Acesso em: 10 mar. 2024.
- GLASER, F. D. **Aspectos comportamentais de bovinos da raça Angus a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. 2003. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.
- GRZEBIELUCKAS, Cleci *et al.* Integrando o custo ambiental do metano (CH₄) e os créditos de carbono (CERs) em análise de investimento agrícola, um estudo no cerrado brasileiro. 2014.
- HERTZ, David B. Risk analysis in capital investment. **Harvard business review**, v. 42, p. 95-106, 1964.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva: IPCC, 2014. 151 p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>. Acesso em: 6 mar. 2024.
- JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 8, p. 2483-2492, 1995.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928. (Wall-map 150).
- MARTINELLI, Gabrielli do Carmo *et al.* **Sistemas agroflorestais biodiversos: uma análise sob a perspectiva ambiental e econômica**. 2018. Dissertação (Doutorado em Agronegócios) - Universidade Federal da Grande Dourados -Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Dourados - MS, 2018.113 p.
- METROPOLIS, NoolAS; ULAM, S. JOURNAL, OF THE AMERICAN STATISTI CAL, ASS ()CIATION. **Journal of the American statistical association**, v. 44, n. 247, p. 335-341, 1949.
- MONTOYA, L. J.; BAGGIO, A. J. **Aspectos de arborização de pastagens e de viabilidade técnica e econômica da alternativa**

silvipastoril. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 6 p. (Documentos, 47). Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68125/1/Aspectos-de-arborizacao-de-pastagens-e-de-viabilidade-tecnica-economica-da-alternativa-silvipastoril.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2024.

NAIR, PK Ramachandran *et al.* Silvopasture and carbon sequestration with special reference to the Brazilian savanna (Cerrado). Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges, p. 145-162, 2011.

NUNES, Matheus Simões. O Brasil no Acordo de Paris sobre mudanças climáticas: Energia• Decolonialidade• Decrescimento. Editora Dialética, 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE ANIMAL (OIE). **Código Sanitário para os Animais Terrestres.** 2019. Disponível em:
<https://www.oie.int>. Acesso em: 15 jan. 2025.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, E.; OLIVEIRA, E. B. de. Integração lavoura-pecuária-florestas na cadeia produtiva da madeira. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 257-276. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117599/1/2014-AAC-Portirio-Integracao.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2024.

RAY, D. E.; ROUBICEK, C. B. Behavioral of feedlot cattleduring two seasons. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 33, n. 1, p. 72-76, 1971.

RODRIGUES, Lucas Melo Silva; MARTA-COSTA, Ana Alexandra. Competitividade das exportações de carne bovina do Brasil: uma análise das vantagens comparativas. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 59, n. 1, p. e238883, 2021.

ROSS, Stephen A. *et al.* **Fundamentos de administração financeira.** Tradução: Leonardo Zilio; Tradução: Rafaela Guimarães Barbosa. 9. ed. Porto Alegre: Amgh, 2013.

SAVAGE, Sam L.; MARKOWITZ, Harry M. **The flaw of averages: Why we underestimate risk in the face of uncertainty.** John Wiley & Sons, 2009.

SALAK-JONHSON, J. L., MCGLONE, J. J. Making sense of apparently conflicting data: stress and immunity in swine and cattle. **Journal Animal Science** 85: E81-E88, 2007. Acesso em: 10 jan de 2025.

SIDDAWAY, Andy P.; WOOD, A. M.; HEDGES, L. V. How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. **Annual Review of Psychology**, v. 70, n. 1, p. 747-770.

SILVA, Fernando Luiz. *et al.* Trace Elements in Beef Cattle: A Review of the Scientific Approach from One Health Perspective. **Animals**, v. 12, n. 17, p.2254 set. 2022.

VITALE, Vinicius; MIRANDA, G. de M. Análise comparativa da viabilidade econômica de plantios de Pinus taeda e Eucalyptus dunnii na região centro-sul do Paraná. **Revista Floresta**, v. 40, n. 3, p. 469-476, 2010.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Convención Marco sobre el Cambio Climático**. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/spa/11a01s.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Greenhouse Gas Inventory Data**. 2022. Disponível em: <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2022>. Acesso em: 06 abr. 2024.

WEBSTER, John. The assessment and implementation of animal welfare: theory into practice. **Revue Scientifique Et Technique-Office International Des Epizooties**, v. 24, n. 2, p. 723, 2005.

WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 6, p. 2131-2144, 2003.

ZHANG, Jiahua *et al.* Bridging the gap – the role of HFC phase-down and energy efficiency improvements in mitigating global warming. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 4, art. 044011, 2018.

CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Contribuições e implicações teóricas

Este estudo amplia o entendimento sobre a produção de carne bovina sustentável, especialmente quando aplicada a sistemas agroflorestais como os silvipastoris. A integração entre árvores, pastagens e gado se apresenta como uma abordagem promissora para reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE), em particular o metano, um dos principais poluentes associados à criação de bovinos.

Teoricamente, este trabalho contribui ao explorar as sinergias entre práticas de manejo sustentável e resultados financeiros e ambientais positivos. Além de estudar a eficácia dos sistemas silvipastoris, ele também investiga como essas interações podem maximizar o sequestro de carbono, utilizando dados econômicos que consideram custos e receitas ao longo do tempo. Essa abordagem reforça a necessidade de modelos teóricos mais complexos para abordar a sustentabilidade no setor agropecuário, destacando também a relevância do bioma Cerrado como uma área-chave para estudos futuros.

A pesquisa sugere que políticas públicas mais robustas são essenciais para apoiar práticas que busquem tanto o retorno econômico quanto a conservação ambiental. Teoricamente, isso propõe um novo modelo que equilibra esses dois aspectos, enriquecendo a discussão sobre produção sustentável e gestão integrada de recursos naturais.

4.2 Contribuições e implicações gerenciais

Do ponto de vista gerencial, este estudo oferece valiosas orientações para a implementação de sistemas silvipastoris na pecuária bovina, com foco em uma produção neutra em carbono. A análise dos custos e benefícios de longo prazo mostra que, apesar do elevado

custo inicial, os sistemas silvipastoris podem gerar retornos financeiros sólidos, além de benefícios ambientais significativos.

Com as ferramentas apresentadas, como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), os gestores podem planejar de forma mais estratégica suas operações, garantindo uma visão clara dos fluxos de caixa e das projeções de rentabilidade a longo prazo. Estas ferramentas também permitem a avaliação dos riscos envolvidos, contribuindo para decisões mais fundamentadas e seguras.

Outro ponto de destaque é a diversificação das fontes de receita, que podem vir não só da produção de carne, mas também da venda de créditos de carbono e madeira. Isso aumenta a resiliência do negócio, especialmente frente às crescentes demandas por produtos sustentáveis, proporcionando aos produtores a oportunidade de acessar mercados mais rentáveis e diferenciados.

4.3 Contribuições e implicações sociais

Este estudo também traz impactos sociais relevantes ao propor um modelo de produção que beneficia tanto o meio ambiente quanto as comunidades locais. A adoção de sistemas silvipastoris pode impulsionar a geração de empregos em áreas rurais, sobretudo nas atividades de manejo florestal e recuperação de pastagens, contribuindo para a redução do êxodo rural.

Além disso, esses sistemas agroflorestais promovem um uso mais sustentável dos recursos naturais, o que pode melhorar a qualidade de vida das populações rurais ao preservar o meio ambiente em que vivem e trabalham. A inclusão de pequenos e médios produtores, por meio de subsídios e incentivos fiscais, também é um fator chave, permitindo que esses agricultores tenham acesso a práticas mais rentáveis e sustentáveis.

Do ponto de vista do consumidor, a produção de carne com baixa pegada de carbono oferece uma alternativa de consumo mais consciente e alinhada com as preocupações ambientais globais. Dessa

forma, este estudo aponta para mudanças não só na cadeia produtiva, mas também nos hábitos de consumo, com implicações sociais positivas.

4.4 Limitações do estudo e futuros caminhos de investigação

Embora o estudo tenha gerado contribuições significativas, há algumas limitações que precisam ser consideradas. Uma das principais limitações é a especificidade do cenário analisado, focado no bioma Cerrado e na espécie *Tectona Grandis*. Para avaliar a aplicabilidade em outros biomas ou com diferentes espécies arbóreas, estudos adicionais são necessários.

Outro desafio é a ausência de dados de longo prazo sobre os impactos financeiros e ambientais dos sistemas silvipastoris. Embora as análises econômicas utilizem ferramentas avançadas como a Simulação de Monte Carlo, a incerteza sobre o comportamento futuro dos mercados de carbono e de madeira exige maior investigação. Estudos futuros poderiam explorar diferentes cenários de preços e variações de mercado para fornecer uma base mais sólida.

A rastreabilidade animal também representa um obstáculo, especialmente em um contexto onde a demanda por produtos de origem sustentável está em alta. Avanços em tecnologias de rastreamento serão essenciais para garantir que esses sistemas sejam implementados em maior escala com sucesso.

Além disso, é importante que futuros trabalhos investiguem mais profundamente o impacto social dessas práticas, principalmente em relação à inclusão de pequenos produtores, o acesso a financiamento e os desafios enfrentados por comunidades rurais em regiões mais remotas. Essas áreas de estudo complementarão e fortalecerão a base teórica e prática desenvolvida neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos pelo apoio oferecido pelas agências de fomento: Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

APÊNDICE(S)

APÊNDICE 1

Tabela 9 - Relação dos periódicos com seus respectivos quartis e artigos

(continua)

Periódicos	Jcr	Jci	Autor, Data
<i>Agricultural Systems</i>	Q1	Q1	<i>Szymczak Ls, 2020</i>
<i>Agricultural Systems</i>	Q1	Q1	<i>De Oliveira Silva R, 2017</i>
<i>Agronomy For Sustainable Development</i>	Q1	Q1	<i>Freiberg Ja, 2020</i>
<i>Agronomy For Sustainable Development</i>	Q1	Q1	<i>Schuster Mz, 2019</i>
<i>Animal</i>	Q1	Q1	<i>Fernandes Mhmr, 2022</i>
<i>Animals</i>	Q1	Q1	<i>Molossi L, 2020</i>
<i>Animals</i>	Q1	Q1	<i>Silva Fl, 2022</i>
<i>Animals</i>	Q1	Q1	<i>Yu G, 2021</i>
<i>Belgeo</i>	Não Indexada	Não Indexada	<i>De Souza Mello Am, 2021</i>
<i>Biological Conservation</i>	Q1	Q1	<i>Nunes Av, 2019</i>
<i>Biomass And Bioenergy</i>	Q1	Q1	<i>De Souza Nrd, 2019</i>
<i>Environmental Development</i>	Q2	Q2	<i>Eri M, 2020</i>
<i>Environmental Research Letters</i>	Q1	Q1	<i>Gil Jdb, 2018</i>
<i>Environmental Research Letters</i>	Q1	Q1	<i>Batista E, 2019</i>
<i>Food And Energy Security</i>	Q2	Q1	<i>Gerssen-Gondelach S, 2015</i>
<i>Frontiers In Sustainable Food Systems</i>	Q2	Q2	<i>Lerma Lm, 2023</i>

(continua)

Periódicos	Jcr	Jci	Autor, Data
<i>Frontiers In Sustainable Food Systems</i>	Q2	Q2	<i>Peterson Ca, 2020</i>
<i>Frontiers In Veterinary Science</i>	Q1	Q1	<i>Gallo C, 2022</i>
<i>Global Change Biology</i>	Q1	Q1	<i>Styles D, 2018</i>
<i>International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation</i>	Q1	Q1	<i>Oliveira J, 2020</i>
<i>Journal Of Animal Science</i>	Q1	Q1	<i>Aiken Vcf, 2020</i>
<i>Journal Of Cleaner Production</i>	Q1	Q1	<i>Esteves Vpp, 2017</i>
<i>Journal Of Cleaner Production</i>	Q1	Q1	<i>Bogaerts M, 2017</i>
<i>Journal Of Cleaner Production</i>	Q1	Q1	<i>Costa Mp, 2018</i>
<i>Journal Of Environmental Management</i>	Q1	Q1	<i>Prudhomme R, 2021</i>
<i>Land Use Policy</i>	Q1	Q1	<i>Gil Jdb, 2016</i>
<i>Nature Climate Change</i>	Q1	Q1	<i>De Oliveira Silva R, 2016</i>
<i>Oie Revue Scientifique Et Technique</i>	Q4	Q3	<i>Chancier M, 2011</i>
<i>Pesquisa Veterinaria Brasileira</i>	Q4	Q4	<i>Cançado Phd, 2013</i>
<i>Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America</i>	Q1	Q1	<i>Braganca A, 2022</i>
<i>Revista Brasileira De Parasitologia Veterinaria</i>	Q4	Q3	<i>Grisi L, 2014</i>
<i>Revista Brasileira De Zootecnia</i>	Q3	Q3	<i>Dill Md, 2020</i>
<i>Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal Of Animal Science</i>	Q3	Q3	<i>Afonso Tm, 2020</i>
<i>Small Ruminant Research</i>	Q2	Q2	<i>Farias Gd, 2022</i>

(conclusão)

Periódicos	Jcr	Jci	Autor, Data
<i>Sustainability</i>	Q2	Q2	<i>Molossi L, 2023</i>
<i>Sustainability</i>	Q2	Q2	<i>Da Silveira Jg, 2022</i>
<i>Sustainability</i>	Q2	Q2	<i>Viana Jga, 2021</i>
<i>Sustainability (Switzerland)</i>	Não Indexada	Não Indexada	<i>D'Aurea Ap, 2021</i>
<i>Sustainability (Switzerland)</i>	Não Indexada	Não Indexada	<i>Zu Ermgassen Ekj, 2018</i>
<i>Sustainability (Switzerland)</i>	Não Indexada	Não Indexada	<i>Da Silva Cardoso A, 2020</i>

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

ANEXO(S)

ANEXO 1

	<p>Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária</p>	<p>Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 Nº páginas: 17</p>
---	---	---



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMBRAPA

PROGRAMA CARNE CARBONO NEUTRO
(MEMORIAL DESCRITIVO)

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CON Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 N° páginas: 17
---	---	--

Sumário

Capítulo I – Introdução	3
Capítulo II - Definições.....	4
Capítulo III - Disposições Iniciais	5
Capítulo IV - Requisitos do Programa Carne Carbono Neutro	6
Seção I - Da Responsabilidade Social das Propriedades Rurais.....	6
Seção II - Da Responsabilidade Ambiental das Propriedades Rurais.....	6
Seção III - Das Áreas de Produção a Serem Certificadas	7
Seção IV - Dos Registros.....	7
Seção V - Dos Animais.....	7
Seção VI - Da Alimentação.....	8
Seção VII - Do Manejo da Pastagem	9
Seção VIII - Do Manejo Sanitário	10
Seção IX - Instalações e Equipamentos Das Propriedades Rurais	11
Seção X - Do Descarte de Resíduos.....	12
Seção XI - Do Transporte, Embarque e Desembarque dos Animais.....	12
Capítulo V - Dos Requisitos Dos Sistemas de Produção.....	13
Capítulo VI - Do Cálculo do Potencial de Neutralização de Carbono	13
Capítulo VII - Dos Requisitos de Frigoríficos	14
Seção I - Da rastreabilidade	16
Capítulo VIII - Do Selo de Certificação	16

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 N° páginas: 17
---	---	--

Capítulo I – Introdução

O setor agropecuário brasileiro e mundial tenta cada vez mais fazer frente à crescente demanda por alimentos seguros, madeira, fibras e biocombustíveis, aliadas às restrições para abertura e/ou inexistência de novas áreas para uso com agropecuária. Neste sentido, a tendência contínua é de que, contraposto ao ligeiro aumento no rebanho bovino, haja diminuição de áreas destinadas à bovinocultura, com necessidade de intensificação do uso das pastagens cultivadas disponíveis, por meio da combinação de uso otimizado de insumos, melhoria de técnicas de manejo e incremento da suplementação alimentar dos rebanhos e uso de sistemas em integração.

Paralelamente, nota-se uma preocupação crescente com a conservação ambiental e a necessidade de uso mais eficiente e equilibrado dos recursos naturais e de insumos, no atendimento das demandas atuais e futuras. Só assim, a produção agropecuária poderá desempenhar seu papel, com benefícios socioeconômicos e ambientais, trilhando o caminho da sustentabilidade.

Somadas, tais exigências, principalmente vindas da comunidade internacional e relacionadas à cadeia produtiva da carne como um todo, indicam uma oportunidade para exportação do produto brasileiro, desde que diferenciado em alguns aspectos importantes para a sustentabilidade ambiental no processo produtivo. Estes envolvem, por exemplo, bem-estar animal e qualidade da carne, conservação do solo e da água, mitigação da emissão de gases de efeito estufa e sequestro de carbono, bem como a prestação de serviços ambientais em áreas com pastagens.

O Brasil tem plenas condições de atender tais demandas por meio da utilização de sistemas de produção em integração (integração lavoura-pecuária-floresta, ou ILPF), que contemplam a inclusão do componente florestal em sistemas pecuários. A Embrapa, por sua vez, em parceria com universidades, organizações estaduais de pesquisa e iniciativa privada, há quase duas décadas desenvolve estudos sobre sistemas de ILPF, em diversos biomas, como estratégias para recuperação/renovação, diversificação e intensificação de pastagens.

Contudo, vislumbrava-se cada vez mais, nos últimos anos, a necessidade de desenvolvimento de um conceito, associado a uma marca, que assegure um produto distinguível, que abranja alguns dos parâmetros já citados, como mitigação e/ou neutralização da emissão de gases de efeito estufa e sustentabilidade ambiental.

Visando superar os desafios mencionados anteriormente, a Embrapa Gado de Corte desenvolveu o conceito "Carne Carbono Neutro", ou CCN, que subsidia os parâmetros de sua aplicação e uso na cadeia produtiva da carne bovina. O programa Carne Carbono Neutro busca atestar que os bovinos que deram origem a carne com selo CCN tiveram suas emissões de

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 N° páginas: 17
---	---	--

metano entérico neutralizadas durante o processo de produção devido ao crescimento das árvores do sistema. O conceito "Carne Carbono Neutro" é representado por um selo alusivo, no âmbito do sistema de produção de bovinos de corte.

Este conceito, contribuirá para a implementação de sistemas de produção pecuários sustentáveis, especialmente quanto ao aspecto ambiental, com a introdução do componente florestal, capaz de neutralizar o metano emitido pelo rebanho, de forma a agregar valor à carne produzida nestes sistemas. Visa, também, difundir a importância estratégica da sustentabilidade nas cadeias produtivas associadas (carne, grãos e silvicultura), fomentar o uso de sistemas em integração e, por consequência, otimizar o uso dos insumos e fatores de produção, com efeitos positivos.

Capítulo II - Definições

Art. 1º. Para efeito das disposições preconizadas neste Memorial Descritivo, adotam-se as seguintes definições:

I – Programa CCN: Programa de certificação do processo produtivo da Carne Carbono Neutro - Conjunto de regras e princípios, que observados, resultam na concessão da certificação "Carne Carbono Neutro", objeto deste programa;

II – Manual de Procedimentos Operacionais (Anexo I): documento que veicula o conjunto de procedimentos do Programa CCN, fornecendo todas as instruções sobre como requerer a certificação, obter e mantê-la, bem como todas as responsabilidades envolvidas;

III – Vistoria interna: procedimento executado pela detentora do programa, que em visita às certificadoras aprovadas e frigoríficos abatedouros aprovados, e eventualmente às propriedades certificadas, auditará suas respectivas competências frente o Programa CCN, com o objetivo de atestar a observância dos requisitos prescritos e das normas presentes no respectivo manual operacional;

IV – Certificadora: entidade independente, devidamente constituída, totalmente imparcial, aprovada pela gestora do programa, que através de vistorias externas atestará a observância pelas propriedades rurais e/ou frigoríficos, dos requisitos previstos para obtenção e manutenção da certificação;

V - Cisticercose bovina: Zoonose causada pela fase larvar da *Taenia saginata*, a partir da ingestão de ovos viáveis presentes no meio ambiente contaminado por fezes humanas.

VI - Colaborador: um termo usado para se referir a funcionário ou empregado da propriedade produtora certificada;

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 Nº páginas: 17
---	---	--

VII - Certificado de transação: documento emitido pela certificadora, com informações qualitativas e quantitativas sobre os animais certificados, com o intuito de permitir o controle e a rastreabilidade dos mesmos;

VIII – Propriedades produtoras: todos os estabelecimentos rurais de produção agropecuária com gestão única (matriz e filiais vinculadas ao mesmo CNPJ) e que aderirem voluntariamente ao presente Programa CCN;

IX – Frigorífico abatedouro habilitado: empresas frigoríficas que cumpram com os critérios do presente programa;

X – Vistoria Externa: exame sistemático e periódico realizado pela certificadora, em que profissional devidamente qualificado comparece pessoalmente à propriedade rural e/ou unidade de processamento a ser vistoriada, com o intento de verificar se os requisitos veiculados pelo presente programa estão efetivamente sendo cumpridos;

XI – Processo de certificação: conjunto de procedimentos que garantem que determinado integrante da cadeia produtiva observe as regras e os princípios veiculados pelo presente programa;

XII – Não Conformidade: termo utilizado para indicar o descumprimento de qualquer requisito especificado neste programa;

IX – Auditoria: exame analítico, sob responsabilidade da Coordenação dos Sistemas de Rastreabilidade – CSR/SDA/MAPA, das atividades desenvolvidas no âmbito do Programa CCN, com objetivo de averiguar se estão de acordo com as regras estabelecidas neste programa e/ou com as disposições contidas no Manual Operacional.

Capítulo III - Disposições Iniciais

Art. 2º. O presente Memorial Descritivo apresenta os requisitos estabelecidos pelo Programa Carne Carbono Neutro, para unidades de produção e/ou processamento, bem como os deveres dos participantes do programa, sendo eles a EMBRAPA, certificadoras, propriedades produtoras e os frigoríficos que aderirem voluntariamente ao programa.

Parágrafo Único: É detentora deste programa a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, situada no Parque Estação Biológica - PqEB s/nº, Brasília, DF - Brasil - CEP 70770-901, que se incumbirá da sua gestão e atualização.

Art. 3º. A Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA é a gestora deste programa, nos termos do art. 6º do Decreto 7.623 de 22 de novembro de 2011.

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 N° páginas: 17
---	---	--

Capítulo IV - Requisitos do Programa Carne Carbono Neutro

Art. 4º. O presente Memorial Descritivo, doravante, apresenta quais as características das propriedades rurais, das condições sociais e ambientais da propriedade, bem como dos animais, aspectos nutricionais, manejo e transporte, e os procedimentos a serem observados no abate e processamento, para a obtenção de produtos aprovados pelo Programa Carne Carbono Neutro.

Seção I - Da Responsabilidade Social das Propriedades Rurais

Art. 5º. No tocante aos aspectos de responsabilidade social, exige-se que as propriedades rurais:

- I – Cumpram com as obrigações trabalhistas legais vigentes, tais como registro em carteira, recolhimento de encargos, garantia de férias e de descanso remunerado de seus empregados;
- II - Proporcionem condições adequadas de moradia, higiene e alimentação dos colaboradores;
- III – Disponibilizem sanitários próximos aos locais de alta concentração de serviços, para conforto dos trabalhadores e para evitar a disseminação de doenças como a cisticercose bovina;
- IV – Declarem que a propriedade não consta da lista de propriedades com trabalho escravo nem análogo à escravidão, bem como ausência de trabalho infantil conforme indicações do Ministério do Trabalho e Emprego,
- V – Entreguem aos colaboradores, sem ônus, Equipamentos de Proteção Individual (EPI) adequados aos riscos experimentados durante o trabalho, e também ofereçam treinamento para o uso conforme a norma regulamentadora NR 31 (04/06/2005).

Seção II - Da Responsabilidade Ambiental das Propriedades Rurais

Art. 6º. As propriedades rurais com áreas certificadas em conformidade com o Programa CCN deverão estar em total conformidade com o Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, apresentando comprovante de regularidade junto ao "Cadastro Ambiental Rural" preconizado pelo artigo 29 do respectivo diploma legal, devidamente regulamentado pelo Decreto 7.830, de 17 de outubro de 2012.

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 Nº páginas: 17
---	---	--

Seção III - Das Áreas de Produção a Serem Certificadas

Art. 7º. As áreas de produção que aderirem ao Programa CCN, objetivando a obtenção do certificado de conformidade (Anexo IV), deverão:

I - Estar sob uma gestão única, ou seja, matriz e filiais vinculadas ao mesmo CNPJ;

II – Estar devidamente georreferenciadas; e

III - Atender os indicadores gerais da propriedade, dos animais e das áreas instaladas, com particular atenção para densidade de árvores e número de animais (Check List de Vistoria - Campo – Anexo II).

Art. 8º. Estas áreas devem ter pelo menos um sistema em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou pecuária-floresta (IPF), onde as árvores estejam com o valor mínimo de diâmetro à altura do peito (DAP), medido a 1,30 m do solo, de 6,0 cm, assegurando dessa forma que a entrada dos animais no sistema não cause danos ou injúrias às árvores.

Parágrafo único: Deverá ser apresentado inventário florestal anual contínuo à certificadora, para fins de monitoramento do sequestro de carbono.

Seção IV – Da Rastreabilidade e dos Registros

Art. 9º. As áreas de produção devem possuir registros de animais (número de animais da área de certificação, incluindo as datas de entrada, de saída e de mortes), de uso de insumos agrícolas, nutricionais e veterinários, e de controle zootécnico de animais da área de certificação (informações de peso vivo e idade de entrada e de saída).

Art. 10. Na saída dos animais CCN da área certificada para qualquer outra área, que esteja sob a mesma ou outra gestão, para outro estabelecimento rural ou para abate, a propriedade rural certificada de origem dos animais deve enviar à certificadora uma listagem contendo o número correspondente de identificação individual para todos os animais envolvidos nessa movimentação e presente em brinco/chip/botton.

Parágrafo Único: Com a listagem que trata o *caput*, a certificadora emitirá o Certificado de Transação (Anexo V) que acompanhará o transporte dos animais, em qualquer motivo de movimentação dos mesmos, perfazendo elemento indispensável para ulterior conferência da identificação individual dos animais abatidos e, por conseguinte, da confirmação da procedência.

Seção V - Dos Animais

Art. 11. Para fins de certificação serão aceitos animais machos, inteiros ou castrados, e fêmeas.

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 N° páginas: 17
---	---	--

Parágrafo único: Observando-se preceitos de bem-estar animal, ao se realizar a castração dos machos, deve-se dar preferência ao método da imunocastração.

Art. 12. Todos os animais das áreas que pretendam sujeitar-se às regras do presente programa devem ser obrigatoriamente rastreáveis.

§1º. Os animais destinados ao Programa CCN devem receber identificação visualmente diferente dos demais animais do rebanho.

§2º. Não são aceitas pelo presente programa, como forma de identificação individual, marcação a fogo ou que implique mutilações (mossa).

Art. 13. Os produtores que adquirirem animais de outras propriedades, para recria e terminação, devem se certificar que estes não sejam provenientes de áreas de desmatamento ilegal.

Art. 14. Para sistema de produção onde é realizada a recria e terminação, a idade de entrada dos animais no sistema deve ser de no máximo 10 meses.

Art. 15. A permanência do animal no sistema, na fase de recria e terminação, deve garantir um ganho de, no mínimo, 180 kg de peso vivo para fêmeas e 240 kg para machos.

Art. 16. Tão somente serão aceitos para serem abatidos, animais com a faixa etária correspondente à maturidade fisiológica, aferida na ocasião do abate, de:

I - 0 a 2 dentes incisivos definitivos para machos inteiros;

II - 0 a 4 dentes incisivos definitivos para machos castrados e fêmeas.

Seção VI - Da Alimentação

Art. 17. Todos os animais a serem certificados pelo Programa CCN devem ter como fonte principal de alimentação a pastagem.

Art. 18. Os animais submetidos ao Programa CCN devem receber suplementação alimentar o ano todo, sendo exigência mínima a suplementação mineral sem restrições, adequada à categoria dos mesmos. Além da suplementação mineral, pode ser fornecida suplementação proteica, proteico-energética, energética (semiconfinamento) e/ou com volumosos.

§1º. No caso de suplementação alimentar em nível igual ou acima de 0,8% do peso vivo, esta deve ocorrer por período de no máximo 120 dias ao longo de todo o período de produção de um animal;

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 N° páginas: 17
---	---	--

§2º. A suplementação alimentar, independente da modalidade, não deve nunca exceder a taxa de 2% do peso vivo.

§3º. Considera-se que o uso de aditivos alimentares promotores de crescimento não afetarão os fatores de emissão nas diferentes estratégias de suplementação.

Art. 19. Fica vedada a terminação dos animais em confinamento.

Art. 20. Deve ser fornecida água em quantidade e qualidade suficientes para a dessedentação dos animais, disponibilizada por fluxo corrente, ou, na impossibilidade, por renovação frequente.

Seção VII - Do Manejo da Pastagem

Art. 21. As espécies forrageiras empregadas nas pastagens das áreas certificadas devem ser aquelas indicadas para as condições de solo e clima da região, de acordo com as recomendações técnicas das empresas obtentoras das cultivares utilizadas.

Art. 22. O manejo das pastagens deve adotar técnicas que garantam alimento em quantidade e qualidade suficientes aos animais.

§1º. Atenção especial deve ser dada à implantação e condução do componente forrageiro, pois seu manejo inadequado pode acarretar em um processo de degradação da pastagem, inviabilizando a utilização do selo do Programa CCN. Por isso, devem ser respeitadas as alturas mínimas de pastejo de acordo com a espécie e cultivar utilizada.

§2º. Para forrageiras com altura já definida por régua de manejo de pastagem, esta ferramenta deve ser utilizada para definir a altura ideal de pastejo (Referência: *Comunicado Técnico nº 135 – Régua de Manejo de Pastagens, Edição Revisada*. Disponível na Pagina: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1077406/regua-de-manejo-de-pastagens-edicao-revisada>).

§3º. Deverão ser realizadas mensurações (altura e cobertura) em datas representativas das estações climáticas do ano, sendo no mínimo realizadas quatro leituras. Deve se utilizar o documento de referência Boletim da Régua.

§4º. Deve-se manter uma cobertura do solo mínima de 75%, tendo como referência avaliação realizada no período chuvoso.

§5º. Para monitoramento dos teores de carbono no solo, amostragens bianuais devem ser realizadas nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm. Para cada área do Programa CCN, ao menos uma amostra composta deve ser analisada. Os teores de carbono no solo não devem diminuir ao longo do tempo.

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 N° páginas: 17
---	---	--

§6º. No caso de excedente de pastagem, as áreas CCN poderão ser pastejadas por animais que não fazem parte do programa CCN, desde que seja respeitada a lotação máxima da pastagem, e que os animais estejam devidamente identificados, conforme previsto na Seção IV - Registros e rastreabilidade.

Art. 23. O animal incluído no Programa CCN não deve pastear em áreas que não estão certificadas.

Art. 24. Deve haver reposição de nutrientes efetuada de acordo com a análise de solo (bianaual), a cultivar forrageira e os níveis de tecnologia adotado pelo sistema de produção.

Art. 25. Deve haver processo de controle de plantas invasoras nas pastagens.

Art. 26. A área destinada ao Programa CCN deve conter aceiros em seus limites, para diminuir o risco de queimadas e danos às árvores.

Art. 27. Não devem existir sinais visíveis de perda de solo por erosão.

Seção VIII - Do Manejo Sanitário

Art. 28. O manejo sanitário dos animais deve seguir a legislação vigente quanto às vacinas obrigatórias, conforme calendário sanitário para região ou Estado das propriedades com áreas certificadas no Programa CCN.

§1º. Toda aplicação de vacina deve ser registrada, com anotação do mês. Além disso, deve ser mantido cadastro atualizado da realização de todas as vacinas obrigatórias dos programas oficiais, bem como evidência de informação ao Órgão de Defesa Sanitária Animal.

§2º. A aplicação de vacinas, vermífugos e outros medicamentos injetáveis, dar-se-á no terço médio do pescoço do animal ("tábua do pescoço"). Fica destarte estabelecido que serão desclassificadas as carcaças que apresentarem abscessos de vacinas e aplicação de medicação em outras regiões anatômicas.

Art. 29. É obrigatório o registro em livro específico de toda terapêutica utilizada nos animais do Programa CCN, constando, no mínimo, as seguintes informações: data de aplicação, período de tratamento, identificação do animal e princípio ativo do produto utilizado.

§1º. Deve ser observado o período de carência obrigatório e específico para cada produto/medicamento utilizado.

§2º. O livro específico de toda terapêutica utilizada será objeto de checagem no curso das vistorias externas realizadas pela certificadora.

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 N° páginas: 17
---	---	--

Art. 30. Os utensílios utilizados, após a desinfecção, deverão ser guardados em local limpo, higienizado e devidamente identificado.

Art. 31. Os colaboradores responsáveis pelo controle sanitário do rebanho devem ser devidamente treinados para os riscos e procedimentos relacionados a atividade.

Seção IX - Instalações e Equipamentos das Propriedades Rurais

Art. 32. Todas as instalações e equipamentos destinados ao manejo dos animais do Programa CCN devem privilegiar aspectos como a redução do estresse e zelo pela integridade do animal, segurança do colaborador envolvido em qualquer etapa do processo, facilidade de manutenção quando necessária e minimização dos riscos de acidentes.

Parágrafo Único: Quando em vistoria for detectado que as instalações e equipamentos não reúnem as condições consignadas no *caput*, a apresentação das adequações deverá acontecer dentro de prazo estabelecido pela certificadora.

Art. 33. A propriedade deve priorizar a utilização de cercas de arame liso, em detrimento das cercas de arame farpado.

Art. 34. Mourões das cercas deverão estar livres de farpas, pregos, parafusos ou pontos salientes.

Art. 35. Devem existir corredores para facilitar o deslocamento dos animais, de modo a reduzir o seu estresse e contusões.

Art. 35. A propriedade certificada deve possuir pelo menos um curral com balança para pesagem de animais.

Art. 36. O curral da propriedade deve apresentar estrutura que facilite o manejo dos animais, considerando principalmente:

I - Piso com drenagem, evitando o acúmulo de água e lama;

II - Rampa de acesso do embarcadouro com leve inclinação e extremidade plana (últimos 2 metros), com laterais totalmente fechadas e altura adequada para embarque dos animais no veículo de transporte;

III - Brete, seringa, embute e também paredes vedadas para facilitar a condução dos animais;

IV - As paredes do tronco, brete e do embarcadouro devem ser lisas, livres de pontas de prego, parafusos salientes, lascas de madeira ou ferragens que possam causar danos à carcaça ou ao couro do animal;

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 N° páginas: 17
---	---	--

V - Tronco de contenção, brete e balança cobertos, de modo a propiciar proteção e conforto aos trabalhadores e animais;

VI - Área mínima de 2,5 m² (dois metros quadrados e meio) por animal, qualquer que seja o manejo empregado;

VII - Luminosidade suficiente no tronco e na rampa de embarque/desembarque, sem variação significativa de luminosidade, e;

VIII - Fonte de água para permitir a limpeza e a higienização dos instrumentos e colaboradores.

Art. 37. Todas as instalações devem preservar limpeza adequada, sendo organizadas para evitar que objetos plásticos ou similares permaneçam em área de trânsito dos animais.

Art. 38. A estrutura e localização de bebedouros e cochos para suplementação alimentar do rebanho nas pastagens devem ser adequadas ao bom fornecimento de água e suplementos.

Art. 39. Bebedouros e cochos devem ser mantidos limpos e bem manejados.

Seção X - Do Descarte de Resíduos

Art. 40. Produtos de uso veterinário, fitossanitários e fertilizantes devem ser armazenados e descartados após uso de forma adequada.

Art. 41. Todo o lixo proveniente do manejo dos animais, notadamente seringas descartáveis, embalagens de medicamentos e outros com potencial contaminante, deve ser adequadamente descartado.

Seção XI - Do Transporte, Embarque e Desembarque dos Animais

Art. 42. O transporte com ausência de qualquer trauma para o animal é fundamental para a obtenção da qualidade da carne. Portanto, é de extrema importância o monitoramento das condições dos veículos de transporte, visando minimizar o estresse e a incidência de contusões e hematomas durante o embarque e transporte. Assim, quando do embarque:

I - Deve-se observar a lotação ideal dos veículos de transporte, levando-se em consideração a categoria animal. Deve se aguardar período de adaptação (cerca de 30 minutos), antes de iniciar o transporte;

II - Para redução do estresse e das contusões, principalmente dos animais destinados ao abate, é de extrema importância que o embarque e o transporte sejam realizados durante os períodos mais frescos do dia; e

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 N° páginas: 17
---	---	--

III - Animais fracos, aparentemente doentes e sem condições de transporte não devem ser embarcados junto com os saudáveis.

Art. 43. O responsável pelos animais certificados pelo Programa CCN deverá se certificar, antes do embarque dos mesmos, que o veículo de transporte apresenta:

I – Assoalho com piso antiderrapante;

II – Gaiolas sem qualquer elemento pontiagudo que possa ferir os animais, sendo toda a lateral interna lisa e bem-acabada, apresentando, no mínimo, 1 (uma) divisão interna; e

III - Motoristas capacitados para transporte de animais, de modo a privilegiar todo e qualquer expediente que vise minimizar o sofrimento, como por exemplo, estacionamento do veículo em local com sombreamento em eventuais pausas no percurso.

Art. 44. No desembarque, o frigorífico abatedouro deve oferecer condições adequadas de infraestrutura evitando estresse e contusões aos animais.

Capítulo V - Dos Requisitos dos Sistemas de Produção

Art. 45. Os sistemas de integração considerados pelo Programa CCN são:

I - Sistema de integração pecuária-floresta (IPF) ou silvipastoril e;

II - Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou agrossilvipastoril.

Parágrafo único: Para orientar a implantação dos sistemas de referência do caput deste artigo, recomenda-se utilizar o documento "Comunicado Técnico 210 - Embrapa Gado de Corte" (Disponível na página: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158193/1/Carne-carbono-neutro.pdf>)

Art. 46. Deverá ser apresentado, no momento da solicitação da certificação junto à certificadora, plano de manejo do componente arbóreo do sistema, com previsão de desramas e desbastes (quantidade de árvores retiradas) e quantidade de árvores que permanecerão até o final do ciclo da floresta.

Capítulo VI - Do Cálculo do Potencial de Neutralização de Carbono

Art. 47. Para o cálculo do potencial de neutralização de carbono será considerada somente a porção do fuste das árvores remanescentes no sistema que será destinada à serraria, ao final do ciclo de produção.

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/08/2019 N° páginas: 17
---	---	--

Art. 48. O cálculo de neutralização de carbono será obtido através da realização do cômputo da quantidade de metano emitido pelos animais e de carbono sequestrado no fuste (porção do tronco para serraria) das árvores no período. Estas quantidades serão transformadas na mesma base em CO₂ equivalente (CO₂ eq.), para determinação do respectivo saldo.

Parágrafo Único: Para fins de contabilidade da emissão de metano dos animais em pastejo, será adotado o valor de referência indicado pela Rede Pecuária da Embrapa. Na ausência do valor de referência, será adotado o valor de referência do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas para o Brasil, e, posteriormente, poderão ser consideradas as demais fontes de emissão de Gás de Efeito Estufa (Referência: *Documentos nº 210*. Disponível na página: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158193/1/Carne-carbono-neutro.pdf>).

Art. 49. Todo cálculo para fins de certificação junto ao Programa CCN será realizado por meio de calculadora específica desenvolvida pela Embrapa.

Capítulo VII - Dos Requisitos de Frigoríficos

Art. 50. Somente será admitido o abate de animais e processamento de seus produtos e subprodutos em frigoríficos habilitados junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento, que comportem atuação do Serviço de Inspeção Federal (SIF).

Parágrafo Único: Além do registro junto ao "SIF", os frigoríficos deverão ser aprovados junto à detentora do programa.

Art. 51. A participação dos frigoríficos abatedouros dar-se-á com sua intervenção desde o embarque do animal na propriedade rural certificada, responsabilizando-se pelo correto e humanitário abate dos animais, e, por fim, da rotulagem do produto final para o Programa CCN (Anexo III – Check Listo de Vistoria – Frigorífico).

Art. 52. Os frigoríficos abatedouros, frente às expectativas do presente programa, ao recepcionar os animais, deverão analisar as informações constantes dos documentos que instrumentalizaram a movimentação, notadamente as consignadas no certificado de transação, juntamente com a listagem de animais (Capítulo IV, Seção IV – Da Rastreabilidade e dos Registros), em comparação à Guia de Trânsito Animal, e outros documentos complementares eventualmente presentes.

Art. 53. Ao recepcionar os animais no frigorífico abatedouro, o colaborador responsável pelo curral deverá zelar pela segregação de lotes de acordo com cada propriedade rural e condição sexual, bem como alocar os animais em currais de descanso que atendam às normas técnicas de construção e limpeza.

Art. 54. Após a recepção regular dos animais, aqueles classificados nos termos do artigo 52, mediante minuciosa checagem documental, deverão ser destinados ao abate.

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/08/2019 N° páginas: 17
---	---	--

Art. 55. Inexistindo óbice ao seguimento do procedimento, munido da listagem que trata o artigo 52, um colaborador treinado pelo frigorífico conferirá na canaleta de sangria a numeração e comparará ao brinco/chip/botton dos animais.

§1º. Qualquer divergência entre as informações presentes na documentação que legitimou a recepção dos animais pelo frigorífico, em comparação às identificações individuais por meio de brinco/chip/botton, acarretará na desclassificação do animal.

§2º. Para fins de certificação, serão aceitas carcaças de machos castrados e fêmeas que apresentem, na ocasião do abate, maturidade 0, 2 e 4 dentes (referente à troca dos dentes incisivos de leite por definitivos) e acabamento escasso (1 a 3 mm de espessura de gordura subcutânea sobre o lombo), mediano (3 a 6 mm de gordura subcutânea sobre o lombo) ou uniforme (6 a 10 mm de gordura subcutânea sobre o lombo) de acordo com o Sistema Brasileiro de Tipificação de Carcaças Bovinas. Animais inteiros estarão qualificados para receberem o selo desde que abatidos com maturidade 0 ou 2 dentes e com acabamento exigido no programa.

§3º. Análises de resíduos previstos na legislação vigente poderão ser feitas em amostras colhidas no frigorífico e, testando positivo, todo o lote proveniente do produtor será desclassificado. Todas as informações serão encaminhadas à certificadora para conhecimento e adoção de medidas cabíveis.

Art. 56. Estabelecimentos frigoríficos responsáveis pelos abates devem assegurar a segregação das carcaças, cortes e subprodutos dos animais abatidos provenientes do Programa CCN.

Art. 57. A obrigatoriedade de segregação do artigo antecedente deverá ser evidenciada por registros auditáveis de controle das carcaças, cortes cárneos e subprodutos, de forma a confirmar a regular rastreabilidade dos animais no curso do abate, desossa e processamento dos demais produtos e subprodutos. Tal documentação possibilitará a aferição/comparação final dos cortes, produtos e subprodutos produzidos frente o número de carcaças e ulterior aposição no rótulo do produto do selo identificador de aprovação frente o Programa CCN.

Art. 58. Todo subproduto oriundo de animal certificado, com exceção da pele, também será considerado certificado junto ao Programa CCN para fins de comercialização.

Art. 59. A pele, bem como todo produto processado e semi-processado contendo carne produzida sob o presente programa será passível de certificação conforme programa específico definido pela detentora deste.

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 Nº páginas: 17
---	---	--

Seção I - Da rastreabilidade

Art. 60. As carcaças que se enquadrem nos padrões descritos neste programa (carcaças CCN) devem ser identificadas com etiquetas, ou carimbo à base de tinta sem chumbo (não tóxica), visíveis e presentes nos cortes primários traseiro, dianteiro e ponta de agulha, antes da saída da sala de abate.

Parágrafo Único: No caso de uso de identificação à base de tinta (carimbo), deve-se utilizar formulação compatível para uso em alimentos, composta por Violeta Genciana – 15g, Glicerina – 450ml, e Álcool qsp 1/litro – 115,70/litro.

Art. 61. As carcaças CCN e suas partes devem, em todo momento, ser mantidas identificadas e separadas de carcaças não CCN.

§1º. As carcaças aprovadas no Programa CCN ficarão em câmara fria separada de outras não aprovadas no programa ou, quando não for possível, ficarão em trilhos separados dos de carcaças não CCN.

§2º. As carcaças CCN devem ser mantidas identificadas e separadas das não CCN durante a separação dos quartos traseiro, dianteiro e ponta de agulha, e assim devem entrar na sala de desossa.

Art. 62. O frigorífico implantará todos os processos necessários para realizar a rastreabilidade do produto originado de carcaças CCN, desde o ingresso dos lotes na instalação frigorífica até a saída do produto final, como corte de carne bovina desossada e embalada.

Parágrafo Único: Todas as fases do processo de produção devem ser registradas em relatório de consistência dos dias de abate e de desossa.

Art. 63. Independentemente do destino comercial, os produtos originados de carcaças CCN terão em sua embalagem o selo CCN no rótulo do produto, que ainda deverá conter o dia da desossa, o prazo de validade, as especificações do corte e demais informações exigidas pela legislação.

Capítulo VIII - Do Selo de Certificação

Art. 64. Os cortes provenientes das carcaças dos animais aprovados no presente programa deverão utilizar, em sua embalagem, a designação de CARNE CARBONO NEUTRO, juntamente com etiqueta com selo em alusão, de propriedade da Embrapa (Nota Técnica Carne Carbono Neutro – *Um Novo Conceito Para Carne Sustentável* – V1006015 – Anexo VI).

	Carne Carbono Neutro Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Documento: Programa CCN Memorial Descritivo Versão: V1 – 08/03/2019 Nº páginas: 17
---	---	--

Art. 65. A Embrapa concederá o Selo Carne Carbono Neutro a todo produto final que for obtido, processado e embalado, tendo sido acompanhado e auditado desde a obtenção da matéria-prima (animal vivo) até sua expedição, dentro das normas de certificação do Programa CCN.

§1º. O selo do Programa CCN não poderá ser utilizado em carcaças inteiras, bem como cortes primários e secundários.

§2º. Entende-se por cortes primários os quartos de carcaça obtidos nos estabelecimentos de abate, resultantes da subdivisão da meia carcaça em dianteiro e traseiro, por separação entre a quinta e a sexta costelas.

§3º. Entende-se por cortes secundários do dianteiro e do traseiro, as subdivisões dos cortes primários (paleta e dianteiro sem paleta, e traseiro serrote e ponta de agulha).

§4º. O Selo do Programa CCN, de uso obrigatório na embalagem primária do produto final, será conferido a qualquer produto cárneo que tenha em sua rotulagem, a indicação ou alusão de ter sido originado do Programa CCN.

Art. 66. As características de rotulagem, como material, tamanho, posição e cores, para uso correto do selo CCN, serão tratados em documento específico elaborado pela Embrapa.

Art. 67. Integram a documentação indispensável do Programa CCN:

- I – Manual de Procedimentos Operacionais (Anexo I);
- II – Check List de Vistoria - Campo (Anexo II);
- III – Check List de Vistoria – Frigorífico (Anexo III);
- IV – Modelo de Certificado de Conformidade "Carne Carbono Neutro" (Anexo IV);
- V – Modelo de Certificado de Transação (Anexo V);
- VI - Nota Técnica Carne Carbono Neutro – *Um Novo Conceito Para Carne Sustentável* – V1006015 – (Anexo VI)

Brasília, DF – 08 de março de 2.019.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.