

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**KAIQUE HENRIQUE DA ROSA SILVA**

**ACESSO AO CRÉDITO ABC E RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS EM MINAS GERAIS:  
UMA ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE AS ESTRUTURAS PRODUTIVAS E  
PRODUTIVIDADE**

**UBERLÂNDIA - MG**

**2026**

**KAIQUE HENRIQUE DA ROSA SILVA**

**ACESSO AO CRÉDITO ABC E RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS EM MINAS GERAIS:  
UMA ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE AS ESTRUTURAS PRODUTIVAS E  
PRODUTIVIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia do Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

**Área de concentração:** Agricultura, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

**Orientador:** Prof. Dr. Bruno Benzaquen Perosa

**UBERLÂNDIA - MG**

**2026**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S586 Silva, Kaique Henrique da Rosa, 2001-  
2026 Acesso ao crédito ABC e recuperação de pastagens em Minas  
Gerais: Uma análise da correlação entre as estruturas produtivas e  
produtividade [recurso eletrônico] / Kaique Henrique da Rosa Silva.  
- 2026.

Orientador: Bruno Benzaquen Perosa.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Pós-graduação em Economia.  
Modo de acesso: Internet.  
DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2026.35>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Economia. I. Perosa, Bruno Benzaquen, 1981-, (Orient.). II.  
Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Economia.  
III. Título.

CDU: 330

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia

Av. João Naves de Ávila, nº 2121, Bloco 1J, Sala 218 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4315 - www.ppge.ie.ufu.br - ppge@ufu.br


**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

|                                    |                                                                                                                                            |                 |       |                       |       |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------------|-------|
| Programa de Pós-Graduação em:      | Economia                                                                                                                                   |                 |       |                       |       |
| Defesa de:                         | Dissertação de Mestrado Acadêmico, Nº 331, PPGE                                                                                            |                 |       |                       |       |
| Data:                              | 03 de fevereiro de 2026                                                                                                                    | Hora de início: | 09:00 | Hora de encerramento: | 10:45 |
| Matrícula do Discente:             | 12412ECO009                                                                                                                                |                 |       |                       |       |
| Nome do Discente:                  | Kaique Henrique da Rosa Silva                                                                                                              |                 |       |                       |       |
| Título do Trabalho:                | Acesso ao crédito ABC e Recuperação de Pastagens em Minas Gerais: uma análise da correlação entre as Estruturas Produtivas e Produtividade |                 |       |                       |       |
| Área de concentração:              | Desenvolvimento Econômico                                                                                                                  |                 |       |                       |       |
| Linha de pesquisa:                 | Agricultura, Meio Ambiente e Sustentabilidade                                                                                              |                 |       |                       |       |
| Projeto de Pesquisa de vinculação: | Monitorando Agricultura de Baixo Carbono: desafios e oportunidades no estado de Minas Gerais                                               |                 |       |                       |       |

Reuniu-se a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Economia, assim composta: Prof. Dr. Clésio Marcelino de Jesus - UFU; Prof. Dr. Marcelo Odorizzi de Campos - UNESP; Prof. Dr. Bruno Benzaquen Perosa - UFU orientador do candidato. Ressalta-se que em conformidade com deliberação do Colegiado do PPGE e manifestação do orientador, a participação do aluno e dos membros da banca ocorreu de forma remota. O Prof. Dr. Marcelo Odorizzi de Campos participou desde a cidade de Jaboticabal (SP) e o aluno e os demais membros da banca participaram desde a cidade de Uberlândia (MG).

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Bruno Benzaquen Perosa apresentou a Banca Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Benzaquen Perosa, Professor(a) do Magistério Superior**, em 03/02/2026, às 10:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Clesio Marcelino de Jesus, Professor(a) do Magistério Superior**, em 03/02/2026, às 10:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Odorizzi de Campos, Usuário Externo**, em 03/02/2026, às 19:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **7007914** e o código CRC **38618A1D**.

## **AGRADECIMENTOS**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) ao apoio financeiro desta pesquisa.

À Deus pela sabedoria e discernimento para sempre seguir o caminho correto.

Aos meus pais, Célio e Eliane, e à minha irmã Stefania, pelo apoio incondicional.

Ao meu professor e orientador Bruno por todo o aprendizado ao longo deste período e pela parceria ímpar, fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Uberlândia, pelo apoio e suporte fundamentais ao longo desta trajetória; a todos os professores do programa e, em especial, à Camila e ao nosso coordenador Carlos Saiani.

A todas as amizades feitas em Uberlândia e aos meus colegas de pós-graduação, pelo espírito de cooperação e pelo apoio fundamental para superar as dificuldades.

Aos meus professores do Centro Universitário de Patos de Minas, pelo incentivo a continuar os estudos.

## RESUMO

A recuperação de pastagens é essencial para a sustentabilidade da pecuária, uma vez que a degradação reduz a matéria orgânica do solo, a cobertura vegetal e a qualidade nutricional das forragens. O manejo inadequado compromete o vigor produtivo e eleva as emissões de gases de efeito estufa. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo compreender se as estruturas produtivas das mesorregiões de Minas Gerais apresentam correlação com a contratação de crédito para recuperação de pastagens e com os níveis de produtividade. Por estruturas produtivas o estudo se refere ao conjunto de instituições, organizações e serviços que dão suporte ao processo produtivo agropecuário, incluindo instituições financeiras, revendas de insumos, cooperativas agrícolas e serviços de assistência técnica e extensão rural que se encontram distribuídos de forma heterogênea nas mesorregiões de Minas Gerais. Para tanto, utiliza-se o coeficiente de correlação de Spearman, método não paramétrico que mensura através de postos as associações entre as variáveis. A análise considera informações sobre o número de instituições financeiras, revendas de insumos, cooperativas agrícolas e técnicos da Emater presentes em cada mesorregião, correlacionando esses indicadores com o volume de crédito contratado e os níveis de produtividade. O estudo é sustentado por uma ampla revisão bibliográfica, que contempla os processos de modernização da agricultura, o funcionamento do crédito rural no Brasil, as mudanças climáticas e agricultura de baixa emissão de carbono. Os resultados indicam que as estruturas produtivas não apresentaram correlação com o crédito para recuperação de pastagens, com as mesorregiões mais estruturadas tendo tomado menos recursos em média. Por outro lado, identifica-se uma correlação positiva entre estruturas produtivas e produtividade, com mesorregiões mais estruturadas registrando um maior número de animais por hectare.

**Palavras-chave:** Agricultura de Baixo Carbono; Recuperação de Pastagem; Crédito Rural; Sustentabilidade.

## ABSTRACT

Pasture recovery is essential for the sustainability of livestock farming, since degradation reduces soil organic matter, vegetation cover, and the nutritional quality of forage. Inadequate management compromises productive vigor and increases greenhouse gas emissions. In this sense, this work aims to understand whether the productive structures of the mesoregions of Minas Gerais correlate with the contracting of credit for pasture recovery and with productivity levels. By productive structures, the study refers to the set of institutions, organizations, and services that support the agricultural production process, including financial institutions, input resellers, agricultural cooperatives, and technical assistance and rural extension services that are heterogeneously distributed across the mesoregions of Minas Gerais. To this end, Spearman's correlation coefficient is used, a non-parametric method that measures the associations between variables through ranks. The analysis considers information on the number of financial institutions, input resellers, agricultural cooperatives, and Emater technicians present in each mesoregion, correlating these indicators with the volume of credit contracted and productivity levels. The study is supported by a broad literature review, which includes agricultural modernization processes, the functioning of rural credit in Brazil, climate change, and low-carbon agriculture. The results indicate that productive structures did not correlate with credit for pasture recovery, with the more structured regions having received fewer resources on average. On the other hand, a positive correlation is identified between productive structures and productivity, with more structured regions registering a higher number of animals per hectare.

**Palavras-chave:** Low-carbon agriculture; Pasture restoration; Rural credit; Sustainability.



## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 – Emissões de gases de efeito estufa do Brasil entre 1990 e 2023.....                                                                                                    | 18 |
| Gráfico 2 – Emissões da agropecuária por subsetor no período de 1970 até 2023. ....                                                                                                | 20 |
| Gráfico 3 – Ranking das emissões estaduais do setor agropecuário em 2023.....                                                                                                      | 22 |
| Gráfico 4 – Crédito disponível no SNCR entre 2000 e 2024: .....                                                                                                                    | 29 |
| Gráfico 5 – Financiamento da Agropecuária no Brasil: .....                                                                                                                         | 30 |
| Gráfico 6 – Crédito Disponibilizado e Contratado pelo Programa ABC (atual RenovAgro). .....                                                                                        | 61 |
| Gráfico 7 – Crédito Concedido por Subprogramas: .....                                                                                                                              | 64 |
| Gráfico 8 – Crédito oriundos do Programa ABC em Bilhões de R\$ tomados por cada região entre 2013 e 2023. ....                                                                     | 74 |
| Gráfico 9 – Crédito oriundos do Programa ABC destinados a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) em Bilhões de R\$ tomados por cada região entre 2013 e 2023. ....              | 75 |
| Gráfico 10 – Crédito ABC destinados a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) em Bilhões de R\$ tomados por cada estado entre 2013 e 2023. ....                                  | 76 |
| Gráfico 11 – Crédito oriundos do Programa ABC destinados a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) em Milhões de R\$ tomados pelo estado de Minas Gerais entre 2015 e 2022. .... | 77 |
| Gráfico 12 – Crédito oriundos do Programa ABC destinados a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) por mesorregião mineira entre 2015 e 2022. ....                               | 78 |
| Gráfico 13 – Número de estabelecimentos ligados a atividade pecuarista por mesorregião mineira. ....                                                                               | 82 |
| Gráfico 14 – Gráfico de dispersão entre o crédito para recuperação de pastagens (Variável 1) e as demais variáveis. ....                                                           | 88 |
| Gráfico 15 – Gráficos de Boxplot.....                                                                                                                                              | 89 |
| Gráfico 16 – Gráfico de dispersão entre a produtividade (Variável 5) e as demais variáveis.....                                                                                    | 92 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Áreas em km <sup>2</sup> e porcentagem total disponíveis ao plantio de café no estado de São Paulo com variações nas condições climáticas.....         | 41 |
| Tabela 2 – Principais Gases Causadores de Efeito Estufa (GEEs) .....                                                                                              | 41 |
| Tabela 3 – Emissões anuais de CO <sub>2</sub> e por ganho de peso vivo até o abate em 4 cenários de manejo.....                                                   | 48 |
| Tabela 4: Taxa de Juros, Valores Disponibilizado e Contratado do Programa ABC. ....                                                                               | 62 |
| Tabela 5: Área e Potencial de Mitigação / Estimativa de Mitigação .....                                                                                           | 63 |
| Tabela 6: Variáveis representativas das características agropecuárias e das estruturas produtivas de cada mesorregião mineira. ....                               | 81 |
| Tabela 7: Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk, considerando 5% de significância.                                                                                 | 90 |
| Tabela 8: Teste de Correlação de Spearman entre o crédito para recuperação de pastagens (Variável 1) e as demais variáveis, considerando 5% de significância..... | 91 |
| Tabela 9: Teste de Correlação de Spearman entre a produtividade (Variável 5) e as demais variáveis, considerando 5% de significância.....                         | 93 |

## SUMÁRIO

|          |                                                                      |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                              | <b>10</b> |
| <b>2</b> | <b>MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA E REVOLUÇÃO VERDE .....</b>           | <b>13</b> |
| 2.1      | PRINCIPAIS INOVAÇÕES E RESULTADOS.....                               | 14        |
| 2.2      | IMPACTOS AMBIENTAIS DAS TECNOLOGIAS .....                            | 17        |
| <b>3</b> | <b>CRÉDITO RURAL NO BRASIL .....</b>                                 | <b>23</b> |
| 3.1      | HISTÓRIA E EVOLUÇÃO .....                                            | 24        |
| 3.1.1    | <i>Atual Modelo de Financiamento .....</i>                           | <i>26</i> |
| 3.2      | DEMANDA E ACESSO .....                                               | 31        |
| 3.2.1    | <i>Determinantes da Demanda, Acesso e Utilização.....</i>            | <i>33</i> |
| 3.2.2    | <i>Adoção de Tecnologias.....</i>                                    | <i>37</i> |
| <b>4</b> | <b>MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUSTENTABILIDADE NA AGROPECUÁRIA .....</b>  | <b>40</b> |
| 4.1      | AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO .....                        | 45        |
| 4.2      | TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO .....            | 47        |
| 4.2.1    | <i>Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD).....</i>                | <i>47</i> |
| 4.2.2    | <i>Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF).....</i>              | <i>49</i> |
| 4.2.3    | <i>Sistema de Plantio Direto (SPD) .....</i>                         | <i>50</i> |
| 4.2.4    | <i>Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) .....</i>                   | <i>51</i> |
| 4.2.5    | <i>Florestas Plantadas (FP) .....</i>                                | <i>52</i> |
| 4.2.6    | <i>Tratamento de Dejetos Animais (TDA) .....</i>                     | <i>53</i> |
| 4.3      | PLANO ABC .....                                                      | 54        |
| 4.3.1    | <i>Origem: .....</i>                                                 | <i>54</i> |
| 4.3.2    | <i>Objetivos: .....</i>                                              | <i>55</i> |
| 4.3.3    | <i>Plano ABC+ (Atual RenovAgro) .....</i>                            | <i>57</i> |
| 4.4      | PROGRAMA DE CRÉDITO ABC.....                                         | 58        |
| 4.4.1    | <i>Programa ABC em Números .....</i>                                 | <i>60</i> |
| <b>5</b> | <b>METODOLOGIA: .....</b>                                            | <b>67</b> |
| 5.1      | TESTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E SPEARMAN .....                     | 68        |
| 5.1.1    | <i>Teste de Correlação Momento Produto de Pearson .....</i>          | <i>68</i> |
| 5.1.2    | <i>Teste de Correlação de Spearman .....</i>                         | <i>69</i> |
| 5.1.3    | <i>Testes de Normalidade .....</i>                                   | <i>70</i> |
| 5.2      | MINAS GERAIS .....                                                   | 71        |
| 5.3      | FONTES DE DADOS.....                                                 | 72        |
| <b>6</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                  | <b>74</b> |
| 6.1      | ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE CRÉDITO ABC PARA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS | 74        |

|     |                                                  |           |
|-----|--------------------------------------------------|-----------|
| 6.2 | ANÁLISE DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS.....            | 80        |
| 6.3 | ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E SPEARMAN..... | 86        |
| 7   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                 | <b>95</b> |
| 8   | <b>REFERENCIAS.....</b>                          | <b>99</b> |

# 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos vem se observando uma maior ocorrência de eventos climáticos extremos, resultantes sobretudo da elevada concentração de Gases Causadores de Efeito Estufa (GEEs<sup>1</sup>) na atmosfera (Silva et al, 2023). A imprevisibilidade desses fenômenos tem preocupado cientistas e governantes, que trabalham no desenvolvimento de ações que estejam alinhados com a redução das emissões e a preservação do meio ambiente.

Nesse sentido, a Agricultura de Baixa Emissão de Carbono se apresenta como um conjunto de técnicas capazes de reduzir substancialmente os lançamentos de GEEs do setor Agropecuário<sup>2</sup>, que no Brasil em conjunto ao setor de Mudanças do Uso da Terra e Florestas (MUTF<sup>3</sup>) é responsável por cerca de dois terços do total das emissões (Observatório Do Clima, 2024).

As técnicas ligadas a agricultura sustentável vem ganhando notoriedade ao passo que as exigências provenientes de parceiros comerciais e consumidores conscientes se acentuam. É seguindo essa perspectiva que o governo brasileiro tem trabalhado no desenvolvimento de novas tecnologias orientada para uma agropecuária mais sustentável. Como o caso do plano setorial de mitigação e de adaptação as mudanças climáticas com o objetivo de consolidar o Brasil como uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura, também conhecido como Plano ABC. O plano foi implementado com o objetivo de diminuir os lançamentos de GEEs na atmosfera, reafirmando o compromisso brasileiro assumido na 15ª Conferência das Partes (COP15) ocorrida em Copenhague, no ano de 2009.

A adoção de técnicas ABC por parte dos produtores rurais tem contribuído para elevação da produtividade dentro das fazendas, assim como a diminuição das emissões brasileiras de GEEs (Hungria et al, 2013). Procedimentos como a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) tem ampliado a retenção de carbono no solo, bem como o número de animais por hectare, reduzindo a pressão por novas áreas de pastagens e elevando a lucratividade dentro das propriedades (Embrapa, 2018).

---

<sup>1</sup> Gases presentes na atmosfera que retêm parte do calor emitido pela terra, ajudando a manter a temperatura do planeta estável. O excesso desses gases intensifica o aquecimento global e as mudanças climáticas.

<sup>2</sup> Parte da economia que envolve a produção de alimentos, fibras e outros produtos de origem vegetal e animal. Composto pelas áreas de agricultura e pecuária.

<sup>3</sup> Setor que monitora e contabiliza como as mudanças no uso da terra afetam as emissões e remoções de GEEs. Especialmente no que diz respeito às florestas, pastagens e áreas agrícolas.

Se por um lado a adoção destas técnicas acarreta uma produção mais sustentável para o setor agropecuário, por outro pode esbarrar em barreiras tais como a necessidade de crédito e de conhecimento técnico para a implementação de algumas tecnologias. Com o objetivo de ampliar o acesso as tecnologias mais limpas de produção, a partir de 2010 foi criado o Programa de Crédito ABC (atual RenovAgro). Esse programa apresenta linhas de crédito direcionadas ao financiamento das técnicas ABC, sendo a RPD uma das ferramentas que mais recebeu recursos, demonstrando o interesse do governo brasileiro em incentivar o crescimento agrícola sustentável e reduzir suas emissões.

Nesse sentido, o presente estudo buscou responder a seguinte pergunta de pesquisa: como as estruturas produtivas (instituições financeiras, revendas de insumos, cooperativas agrícolas, assistência técnica e extensão rural estatal) se correlacionam com o acesso ao crédito para recuperação de pastagens e com os distintos patamares de produtividade entre as mesorregiões de Minas Gerais?

Partindo do objetivo de averiguar essas possíveis associações entre as estruturas produtivas, bem como o perfil das propriedades que acessaram esse tipo de crédito, serão verificadas as seguintes hipóteses:

1. As estruturas produtivas das mesorregiões exercem influência na tomada de recursos. Mesorregiões com maior acesso a bancos, revendas e cooperativas possuem maior disponibilidade de assistência técnica e suporte privado, o que estimula a contratação de crédito RPD.
2. As estruturas produtivas das mesorregiões também exercem influência na produtividade. Mesorregiões com estruturas produtivas mais desenvolvidas estimulam a profissionalização dos produtores e possuem um número maior de animais por hectare.

O objetivo geral do trabalho é compreender se as estruturas produtivas das mesorregiões de Minas Gerais possuem alguma ligação com a contratação de recursos para recuperação de pastagens e com o nível de produtividade das propriedades. Para tal, o trabalho procura mensurar o grau de correlação entre essas estruturas e compreender melhor o perfil das propriedades que acessaram esse tipo de crédito.

Entre os objetivos específicos pretendido pelo trabalho, podem ser elencados: a) examinar os dados disponibilizados pelo Banco Central sobre o volume de crédito contratados por cada mesorregião para recuperação de pastagens dentro do Programa ABC; b) explorar

através de dados disponibilizados pelo Censo Agropecuário de 2017 as características intrínsecas de cada mesorregião de Minas Gerais, tais como o número de estabelecimentos voltados a pecuária, a área média destes estabelecimentos, o número médio de animais por hectare (*proxy* de produtividade), a participação do agronegócio no PIB regional, dentre outros fatores; c) Verificar se as estruturas produtivas presentes nestas mesorregiões estão correlacionadas com acesso ao crédito para recuperação de pastagens, bem como aos níveis de produtividade. Analisando a presença de instituições financeiras e cooperativas agrícolas vigentes em cada mesorregião, assim como o número de revendas agropecuárias e serviços de assistência técnica e extensão rural estadual (Emater).

Nesse sentido, a pesquisa se torna relevante do ponto de vista científico ao analisar de forma exploratória a associação entre as estruturas produtivas com o acesso ao crédito e seus níveis de produtividade. O reconhecimento desses fatores é importante para reformular as atuais e futuras linhas de crédito voltadas a sustentabilidade, de modo a maximizar a implementação de técnicas de agricultura de baixa emissão de carbono, acelerar o processo de transição rumo a agropecuária mais responsável e garantir a melhor utilização dos recursos públicos. A pesquisa também se justifica do ponto de vista social, ao contribuir para o desenvolvimento de mecanismos que reduzam o nível de emissões de GEEs do Brasil, colaborando para atenuar as consequências das mudanças climáticas e cooperando para preservação do meio ambiente.

O trabalho está dividido em seis seções, além desta introdução. Entre a segunda e a quarta seção foi realizado uma revisão bibliográfica sobre os principais assuntos relacionados ao tema, passando por modernização da agricultura, crédito rural no Brasil, mudanças climáticas e agricultura de baixa emissão de carbono. Na quinta seção foi apresentada a metodologia empregada na análise empírica. Enquanto na sexta foram apresentados e discutidos os resultados. Por fim, foram apresentadas as considerações finais do estudo.

## 2 MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA E REVOLUÇÃO VERDE

O termo “modernização da agricultura” denomina uma procura contínua pela melhoria da produção, utilizando-se principalmente de tecnologia para auferir ganhos de eficiência e produtividade no meio rural (Silva, 2008). Após a segunda guerra mundial, com grande parte da Europa devastada, a modernização e o desenvolvimento de novos métodos de produção agrícola ganharam protagonismo.

Em 1950 a produção agropecuária da Inglaterra já estava 50% acima do pré-guerra, com uma recuperação fortemente embasada na mecanização da produção (Da Veiga, 2012). As tecnologias da Revolução Verde<sup>4</sup> foram trazidas ao Brasil logo depois da Europa, com o início da modernização ocorrendo na segunda metade da década de 1960, já sob o regime militar.

Entre os argumentos para transição rumo a agricultura moderna no Brasil, estavam sua discrepância em relação a indústria, que estava no ápice do processo de substituição de importações (Graziano Da Silva, 2003; Müller, 1989). Com a integralização do parque industrial no Plano de Metas, a modernização da agricultura passou a ser uma prioridade, considerando que para facilitar a acumulação de capital era necessário conectar os setores primário, secundário e terciário (Romeiro, 2007).

Para Silva e Botelho (2014), grande parcela da produção agrícola até 1960 eram realizadas em fazendas com baixa tecnologia e voltadas principalmente ao setor exportador, com destaque especial para o café. Nesse caso, a transformação do setor primário ganhou força na segunda metade da década de 1960, no qual a urgência em aumentar a oferta de produtos agrícolas esbarrava sobretudo na defasagem tecnológica (Silva; Boltelho, 2014).

Para Navarro (2010), a expansão tecnológica ocorrida durante a década de 1970 foi sem precedentes, com um ousado planejamento de modernização agrícola e um substancial crescimento na casa de 8,9% ao ano. Muito do sucesso observado ao longo das décadas de 1970 e 1980 se deve a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) no desenvolvimento de novas sementes, e no alto investimento em infraestrutura realizada pelo governo, o que dinamizou a atividade agrícola no Centro-Oeste e permitiu o escoamento da produção de grãos (Campagnolla; Macêdo, 2022).

---

<sup>4</sup> Conjunto de transformações na agricultura mundial iniciada nos anos 1940, com o objetivo de aumentar a produção de alimentos.



## 2.1 PRINCIPAIS INOVAÇÕES E RESULTADOS

Como a demanda por produtos agrícolas era crescente, coube ao capital industrial a tarefa de domesticar as forças da natureza, desenvolvendo tecnologias com capacidade de contornar os fatores biológicos e climáticos. Segundo Romero (2007), o adestramento da natureza objetivava impedir que os processos biológicos limitassem os ganhos de produtividade, transformando uma restrição ambiental em uma restrição financeira e administrativa. O autor complementa que o acesso a fontes sintéticas de nutrientes propiciou a agricultura superar as barreiras naturais e aumentar a produção.

As inovações trazidas pela modernização podem ser divididas em três partes, sendo elas: mecânicas, biológicas e físico-químicas. Para Delgado (1985), as inovações mecânicas vieram com o objetivo de poupar trabalho e aumentar o ritmo da produção. O autor complementa que os investimentos em mecanização foram provenientes principalmente de multinacionais, que produziam internamente a maior parte dos tratores, implementos e maquinários agrícolas.

Entre as tecnologias originárias da mecanização estavam: novos sistemas de irrigação; grades de arado a disco; subsoladores; plantadeiras; colheitadeiras; pulverizadores e outros implementos hidráulicos (Machado, 2010). A chegada destes equipamentos reduziu substancialmente a necessidade de mão de obra no campo, intensificando a utilização de capital e acentuando a tendência de automação da agricultura (Goodman, 2000).

Vale destacar que o processo de mecanização da agricultura em conjunto ao modelo de substituição de importações foram fundamentais para o desenvolvimento do mercado interno, uma vez que grande parte dos maquinários demandados pelo setor agrícola eram agora fabricados internamente (Graziano Da Silva, 2003).

Apesar da mecanização ter incrementado os ganhos de escala na agropecuária, é importante que se entenda as particularidades deste salto produtivo. A agricultura ao contrário de outros setores, possui características e condicionantes distintas, como fatores ligados a fertilidade do solo e incertezas climáticas. Como salienta Graziano Da Silva (2003), a depender do tipo do solo, não se encontra condições propícias a agricultura, diferentemente da indústria que se produz múltiplos produtos em uma única fábrica.

Segundo Goodman (2000), as inovações físico-químicas representaram para a agricultura uma independência das matérias orgânicas e dos ciclos naturais de fecundidade,

onde através da adubação química se obtém fertilidade e aumento do volume produzido. Vale ressaltar que o governo foi responsável pela maior parte do investimento nesse setor até meados da década de 1980, sendo de responsabilidade das estatais a produção e o desenvolvimento de fertilizantes e defensivos agrícolas naquele período (Delgado, 1995).

Para Barros (2010), a incorporação de tecnologias como o defensivo agrícola e a fertilização química potencializaram a produtividade no campo e elevaram a produção em patamares nunca visto. De acordo com Graziano da Silva (2003), agora os solos poderiam ser fertilizados e as lavouras irrigadas, superando as adversidades naturais e possibilitando um ciclo completo de negócios na agricultura.

Na mesma linha, as inovações biológicas também ficaram a cargo das empresas estatais, com grande investimento em pesquisa de elevado intervalo de retorno. Para Goodman (2000), a seleção e confecção de plantas geneticamente modificadas se assemelha a uma linha de produção sob encomenda, em que as características da nova espécie vai de encontro as adversidades do clima e do bioma em questão.

Para Almeida e Lamounier (2005), o melhoramento genético de grãos e a implementação de técnicas mais eficientes na utilização do solo, estiveram no centro da revolução verde brasileira. O processo de modernização da agricultura e da intensificação da mecanização no meio rural foram responsáveis por aumentar substancialmente a oferta de alimentos e diminuir a insegurança alimentar no Brasil. Os autores ainda ressaltam que o desenvolvimento de sementes capazes de produzir em diferentes biomas como o cerrado, possibilitou ao Brasil exportar grãos e garantir divisas para seu processo de substituição de importações.

Na visão de Goodman, Sorj e Wilkinson (1990), o compartilhamento do conhecimento científico oriundo do desenvolvimento de novas espécies de plantas antes inaptas ao clima tropical representou um dos principais pilares da Revolução Verde. Lucena (2001) complementa que a agropecuária foi beneficiada por uma forte disseminação destas técnicas, assim como uma crescente demanda por produtos e pesquisas agrícolas.

A demanda por pesquisadores para implementação da modernização agrícola levou o governo a incentivar fortemente a formação de novos especialistas e professores. Alves, Contini e Hainzelin (2005), salientam a criação de centros de excelência dentro do sistema Embrapa, assim como a abertura de cursos de pós-graduação e laboratórios especializados, possibilitando o desenvolvimento de tecnologias adequadas as características brasileiras.

Assim, a agricultura moderna foi desenvolvida sob forte direcionamento científico, fazendo da pesquisa uma importante aliada para os ganhos de escala e aumento da produção (Delgado, 1995). Para Goodman (2000), a implementação da tecnologia no campo aproximou a atividade agrícola da atividade industrial, profissionalizando a gestão das propriedades e racionalizando a busca por produtividade e diminuição dos custos. Nesse caso, a integralização dessas técnicas agrícolas resultou em um conjunto de práticas agronômicas modernas e altamente dependentes de insumos químicos e minerais.

É importante salientar que a Revolução Verde exerceu um importante papel no desenvolvimento das cadeias agroalimentares, impulsionando a indústria de alimentos e tornando os preços mais acessíveis a população. Apesar do foco em monoculturas agrícolas, os processos produtivos foram simplificados e os ganhos de escala foram significativos, o que por um lado permitiu a expansão das exportações e a entrada divisas, mas por outro negligenciava pequenos e médios produtores rurais (Klein; Luna, 2019).

Regiões anteriormente conhecidas como improdutivas passaram a ser importantes polos para agropecuária, haja vista a ampliação da fronteira agrícola ocorrida no Centro-Oeste brasileiro. As novas técnicas de manejo, aliado as benfeitorias tecnológicas como a correção da acidez do solo e os medicamentos veterinários, proporcionaram uma crescente oferta de produtos agropecuários (Klein; Luna, 2019).

Na mesma linha, Muller (1989) enfatiza os altos preços das commodities agrícolas a partir da década de 1970 como sendo um fator fundamental para o aumento da oferta e expansão da fronteira agrícola. Para Alves (2005), a modernização e o alto desenvolvimento experimentados no período estiveram embasados em um forte crescimento demográfico, com uma demanda por alimentos que crescia a taxas anuais de 6%.

Nessa direção, Delgado (1985) avalia que o aumento da oferta de produtos agrícolas não tinha exclusivamente cunho exportador, sendo também um importante mecanismo para o abastecimento dos grandes centros urbanos e das indústrias. Müller (1981), complementa que foi apenas em meados da década de 1970, já com agricultura robusta, que o Brasil conseguiu concluir o processo de substituição de importações. Nos quais tanto o setor industrial como o agrícola se mostravam interdependentes e em plena ascensão, com ambos contratando trabalho, demandando insumos e comercializando sua produção.

De modo geral, a modernização da agricultura acarretou expressivos ganhos de produtividade e aumento da produção, diversificando a oferta de alimentos e contribuindo

substancialmente com a balança de pagamentos (Da Silva, 2003). Com base em dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (2026), observa-se que ao longo de quatro décadas (1980 a 2020) a safra brasileira de grãos apresentou um crescimento aproximado de 506%, enquanto a área plantada expandiu cerca de 64%. No mesmo período o aumento da produtividade foi estimado em 303%, com um rendimento médio de grãos por hectare passando de 1.267 kg/ha para 3.849 kg/ha.

## 2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DAS TECNOLOGIAS

É importante compreender que a modernização agrícola transformou substancialmente os moldes da economia brasileira. Na visão Martine (1990), a realização de repetidas supersafras consolidou a imagem de uma agricultura moderna e independente, com resultados essencialmente favoráveis para sociedade. Contudo, o autor ressalta que apesar do crescimento agrícola ter sido fundamental para melhoria das condições de vida, as externalidades provenientes deste progresso também merecem atenção.

Nessa direção, vários autores relatam as externalidades trazidas pela modernização da agricultura. Na visão de Carvalho (1996), os impactos ambientais decorrentes da modernização e da utilização de insumos químicos merecem atenção, uma vez que as inovações se mostraram indispensáveis para continuação da alta produção.

De acordo com Djurfeldt (2019), ainda que a Revolução Verde tenha trazido um expressivo aumento da produtividade agrícola, os novos sistemas produtivos elevaram substancialmente os níveis de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs). O autor complementa que agricultura passou a ser apontada como um dos principais causadores do aquecimento global, assim como um dos principais responsáveis pela contaminação dos cursos d'água através da má utilização de insumos químicos.

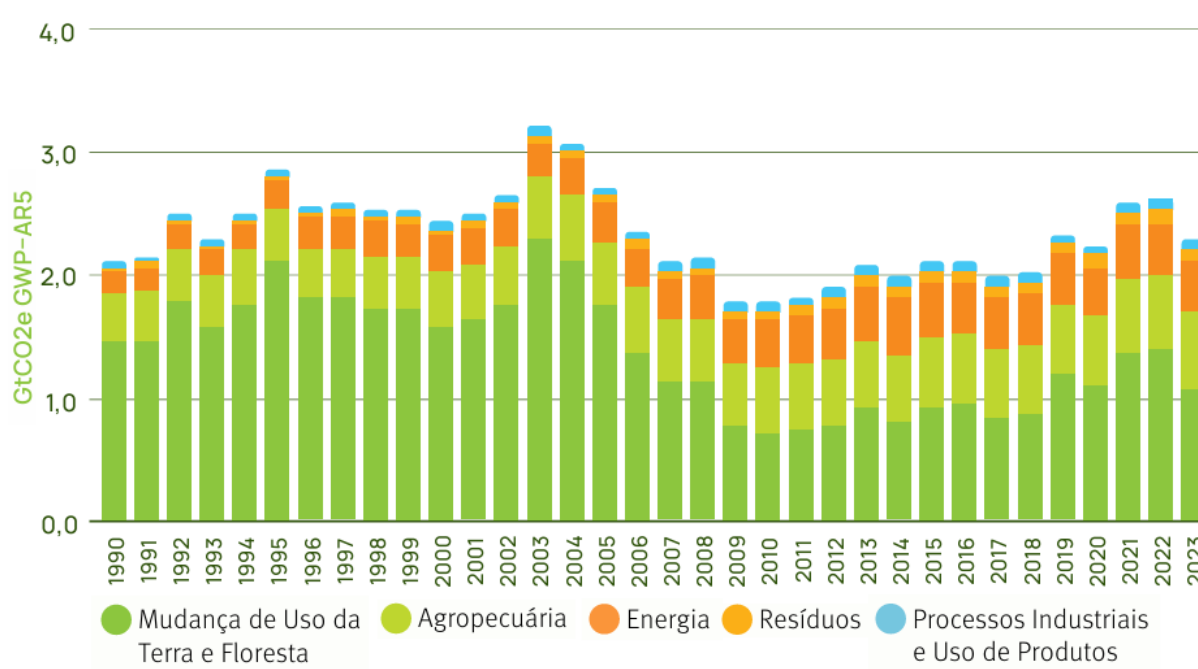
Contextualizando os principais GEEs emitidos pelo setor agropecuário. De Freitas et al. (2016) destaca o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), o metano ( $CH_4$ ) e o óxido nitroso ( $N_2O$ ). Sendo o primeiro oriundo especialmente de queimadas e desmatamento para novas áreas de produção, assim como da intensa utilização do solo e consumo de combustíveis fósseis. Já o metano possui como principal fonte causadora a decomposição de matéria orgânica e a fermentação entérica

de ruminantes. Enquanto o excessivo manejo do solo responde pela maior parte das emissões de óxido nitroso.

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2014), desde o início do século XXI a agricultura e o manuseio de terras foram responsáveis por cerca de um quarto de todas as emissões de GEEs no planeta. Conforme dados divulgados pelo Climate Watch (2021), o Brasil ocupava a quinta posição de maior emissor de GEEs do mundo. Sendo responsável por 3,1% do total mundial, atrás de China (26%), Estados Unidos (11%), Índia (7%) e Rússia (4%).

As emissões brasileiras de gases de efeito estufa se dividem entre a queima de combustíveis fósseis, processos industriais e os lançamentos originários da utilização da terra e da agropecuária (Gráfico 1). Com as duas últimas sendo responsáveis por dois terços das emissões (Observatório Do Clima, 2024).

Gráfico 1 – Emissões de gases de efeito estufa do Brasil entre 1990 e 2023.



Fonte: Observatório Do Clima (2024)

Analisando as emissões de GEEs por setor, evidenciamos que boa parte dos lançamentos são originários das Mudanças e Utilização das Terras e Florestas (MUTF). No qual o desmatamento apresenta-se como um dos principais emissores, suprimindo a proteção natural do solo e expondo a matéria orgânica (Houghton et al., 2001).

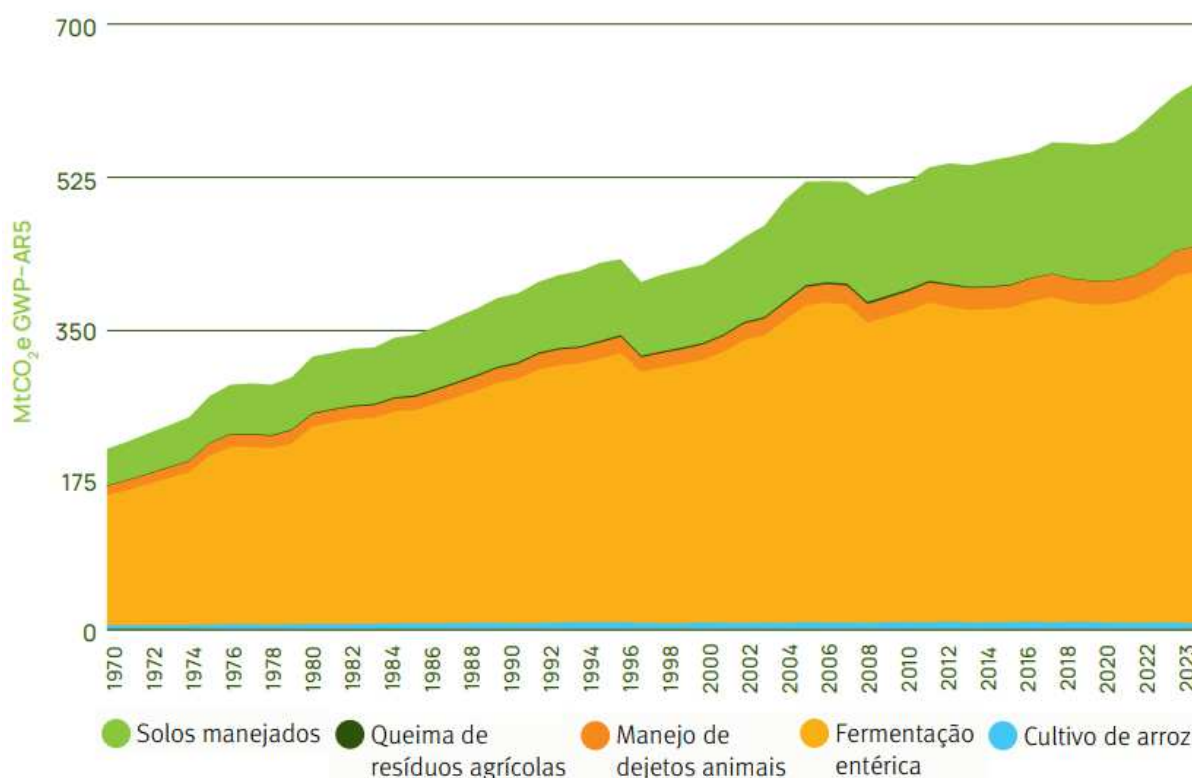
De acordo com o consorcio MapBiomass (2024), a maior parte do desmatamento ocorrido na Amazônia brasileira tem como objetivo a formação de pastagem para criação de gado, onde as áreas de pastoreio acumulam desde 1985 uma expansão de 363%. A destinação de biomas nativos como o Cerrado e a Amazonia para produção de pastagens e grãos, resulta sobretudo na retirada da mata nativa, prejudicando a absorção natural de carbono no solo e contribuindo para o aumento das emissões.

Na visão de Denardin et al. (2019), a expansão das fronteiras agrícolas e a transformação de biomas antes inaptos a produção em novas áreas produtivas tem alterado o dinamismo da matéria orgânica e acentuado os processos de erosão. A realização de queimadas, uma prática comum em várias regiões do Brasil para limpeza de pastagens e preparo de áreas para o plantio, também tem prejudicado a qualidade do ar e contribuindo para o aumento das emissões.

Em 2023 as MUTF foram encarregadas pela maior parte das emissões de GEEs no Brasil, com cerca de 1,06 bilhões de toneladas de  $CO_2e$ , 46% do volume total. Na sequência vieram o setor agropecuário com 631  $MtCO_2e$  (28%), e o setor de energia com 420  $MtCO_2e$  (18%). Vale destacar que atividade agropecuária vem aumentando suas emissões pelo quarto ano consecutivo, ocasionado em especial pela crescente elevação do rebanho bovino e seu processo de fermentação entérica (Observatório Do Clima, 2024).

A respeito do setor agropecuário, as emissões são provenientes principalmente dos seguintes processos: fermentação entérica de ruminantes; manejo dos solos agrícolas; manejo de dejetos de animais; cultivo de arroz inundado; queima de resíduos agrícolas (Gráfico 2). Do montante das emissões de 1970 até 2023, a pecuária foi responsável por cerca de 80% do total, enquanto a agricultura ficou com os 20% restante. Em que a primeira contabilizou 503,5 milhões de toneladas de  $CO_2e$ , ao passo que a última respondeu por 127,6 milhões de toneladas de  $CO_2e$  (Observatório Do Clima, 2024).

Gráfico 2 – Emissões da agropecuária por subsetor no período de 1970 até 2023.



Fonte: Observatório Do Clima (2024)

Levando em conta somente as emissões da pecuária, o gado de corte foi responsável por 89,9% dos lançamentos de fermentação entérica, enquanto o rebanho destinado a produção de leite atendeu por 10,1% do total. A criação de gado se apresenta como uma grande emissora de GEEs, especialmente pela liberação de metano através da fermentação entérica de ruminantes.

O metano é um dos gases com maior impacto para o aquecimento global, equivalendo a vinte e cinco vezes uma molécula de carbono. Com a chegada da modernização agrícola sucedeu-se um grande aumento no número de cabeças de gado, resultando em maiores emissões deste gás. Outro emissor considerável de metano são as plantações de arroz irrigado, cultivado especialmente no sul do país. No processo de inundação para o plantio do grão de arroz há uma grande liberação de metano através da decomposição anaeróbica de matéria orgânica, liberando quantidades significativas do gás para atmosfera.

Na agricultura as emissões provenientes da utilização de fertilizantes nitrogenados respondem por 35,2% dos lançamentos nos solos manejados, ao passo que sua preparação é responsável por 29,8% do total emitido (Observatório Do Clima, 2024). Com a difusão da

modernização agrícola o sistema convencional de manejo passou por mudanças substanciais, o reviramento excessivo da terra impulsionado pelo arado mecânico aumentou os níveis de degradação e diminuiu o percentual de matéria orgânica presente no solo.

Segundo Roscoe et al. (2000), estudos evidenciaram que a nova forma de manejo acarretou reduções das atividades enzimáticas e microbianas do solo, diminuindo a capacidade de retenção de carbono orgânico e elevando as emissões de GEEs. Os lançamentos de carbono advindas do solo provém em especial da biomassa microbiana e da respiração do sistema radicular, fazendo da umidade e temperatura fatores cruciais na determinação dos níveis de emissões (Rochette, 2008).

A intensiva utilização de insumos químicos como o fertilizante nitrogenado também tem corroborado para elevar os níveis de emissões pelo setor agropecuário. Essencial para alta produtividade em culturas como soja e milho, a liberação de óxido nitroso presente neste tipo insumo representa uma alta degradação a camada de ozônio, contribuindo da mesma maneira para o aquecimento global.

Como mensurado pelo Observatório do Clima (2024), a agropecuária como um todo é responsável por parte considerável dos lançamentos de gases de efeito estufa. Para Mosier et al. (2006), o setor agrícola cumpre um importante papel na interação entre emissão e a captura de GEEs, afetando diretamente a interação entre o solo e a atmosfera.

A crescente demanda por alimentos tem pressionado o setor agrícola ao contínuo aumento de sua produção, ao mesmo tempo em que se percebe uma maior preocupação com a preservação ambiental por parte do mercado e consumidores. Apesar das ideias parecerem conflitantes num primeiro momento, elas esboçam a realidade da agropecuária moderna atualmente, na qual a produção e a proteção ao meio ambiente fazem parte de um mesmo ecossistema.

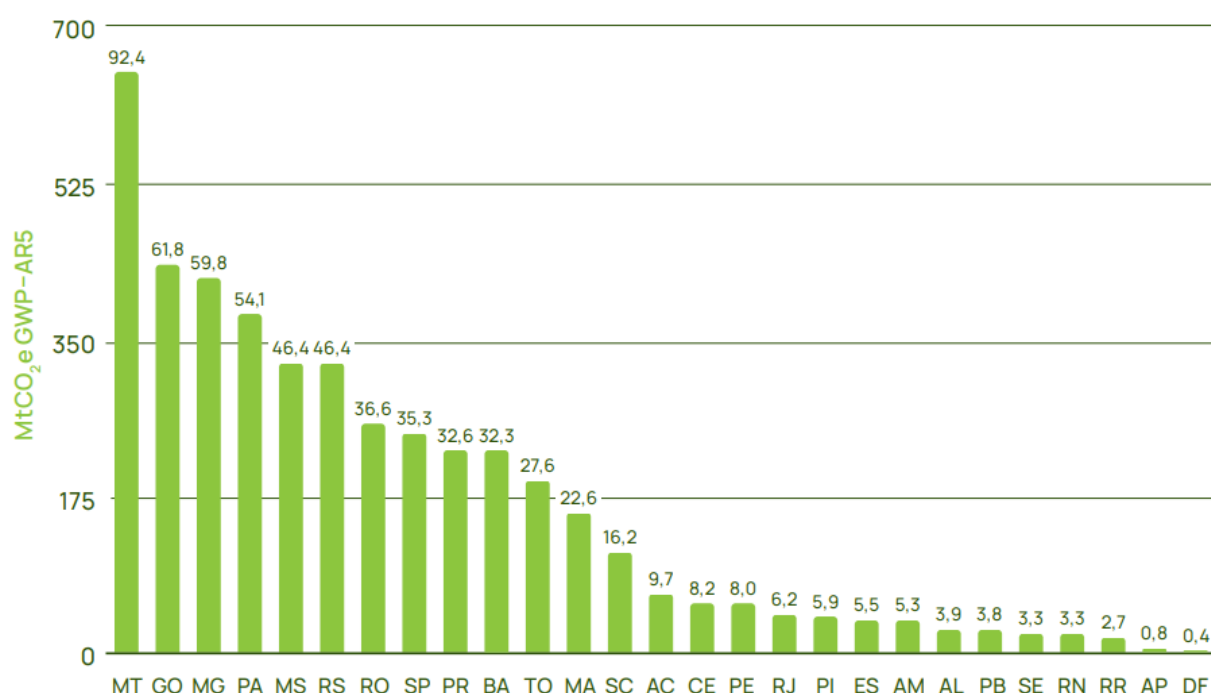
Vale destacar que o Brasil vem conseguindo ano após ano aumentar sua produção agrícola, com uma área colhida de 93,3 milhões de hectares, e uma safra de grãos com 316,4 milhões de toneladas em 2024. Nesta mesma perspectiva, a agricultura brasileira se posiciona como maior produtor mundial de soja e cana de açúcar, com uma safra de 152,1 milhões de toneladas para a primeira e 782,6 milhões de toneladas para a segunda respectivamente (IBGE, 2024).

Dividindo o faturamento agrícola por unidade de federação, Mato Grosso é o maior produtor de soja e milho do país. Com 153,5 bilhões de reais em valor de produção, sendo



também o estado com o maior rebanho bovino do Brasil, com mais de 30 milhões de cabeças. O protagonismo de Mato Grosso na agropecuária faz com que a unidade de federação seja responsável por 15% de todas as emissões de GEEs do setor. Sendo o maior emissor entre os estados com cerca de 92,4  $MtCO_2e$ , seguido de Goiás com 61,8  $MtCO_2e$  e Minas Gerais com 59,8  $MtCO_2e$  (IBGE, 2024; Observatório Do Clima, 2024).

Gráfico 3 – Ranking das emissões estaduais do setor agropecuário em 2023



Fonte: Observatório Do Clima (2024)

Nessa direção, Lal (2018) destaca o crescente interesse nos últimos anos em preservar os estoques de carbono no solo, melhorando a qualidade da terra, minimizando os impactos ambientais e promovendo um sistema mais sustentável de produção. A modernização de um modo geral, apesar de ter trazido grandes ganhos de produtividade para o setor agropecuário, foi conjuntamente responsável por um amplo impulsionamento das emissões de GEEs no meio rural, proporcionando um aumento de eficiência, mas sem mitigação das emissões. Assim, podemos afirmar que a revolução verde cumpriu seu papel no que toca aos avanços de produtividade, entretanto, muitas destas técnicas corroboraram com o aumento das emissões de GEEs, especialmente em relação aos métodos ligados ao manejo de solos e criação de animais.

### 3 CRÉDITO RURAL NO BRASIL

O crédito rural tem papel fundamental na modernização da agropecuária, uma vez que pode reduzir restrições financeiras e facilitar a adoção de novas tecnologias. Ao permitir investimentos de longo prazo, o crédito possibilita que os produtores invistam na compra de máquinas, infraestrutura e insumos mais eficientes, cujos resultados costumam aparecer em um intervalo de tempo maior. Dessa forma, o acesso ao crédito não apenas viabiliza novos investimentos, mas também influencia o ritmo de modernização do setor agropecuário, contribuindo para o aumento da produtividade e para a adoção de técnicas de produção mais eficientes e sustentáveis.

No entanto, a realidade brasileira revela um cenário complexo, marcado por altos juros, elevada burocracia e desigualdades no acesso ao crédito. De um lado, há uma demanda crescente por financiamentos, impulsionada por necessidades de mercado, sustentabilidade e expansão da produção. De outro, encontram-se barreiras estruturais e institucionais que dificultam o acesso a esses recursos, especialmente para os pequenos produtores (Meirelles, 2022).

Considerando as formas de financiamento agrícola no Brasil, pode-se classificar o crédito rural em dois grandes grupos: o crédito agrícola oficial e o crédito agrícola comercial privado, ou não oficial. O crédito agrícola oficial compreende os financiamentos concedidos pelo sistema bancário e pelas cooperativas de crédito, observando as diretrizes estabelecidas pelo Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) e pelo Manual de Crédito Rural (MCR), com os recursos apresentando taxas controladas com subsídios governamentais ou taxas livres.

No que se refere ao crédito agrícola não oficial, são recursos ofertados por fornecedores de insumos agrícolas, bem como por tradings, revendas, cooperativas agropecuárias e empresas exportadoras de grãos. Diferente do crédito oficial, esses financiamentos não participam do SNCR, e são concedidos por empresas privadas conforme suas estratégias corporativas, que envolvem planejamento tanto para comercialização de insumos quanto para aquisição de matéria-prima destinada à exportação, processamento ou abastecimento do mercado interno.

Dentro desses dois modelos, podem ser organizados as seguintes categorias de crédito agrícola: crédito bancário; crédito concedido por cooperativas de crédito; aquisição de insumos com pagamento a prazo safra; comercialização antecipada da produção; e operações de troca,

também conhecidas como *barter*. Os dois primeiros modelos integram o crédito agrícola oficial, enquanto os três últimos se inserem no âmbito do crédito não oficial.

### 3.1 HISTÓRIA E EVOLUÇÃO

Historicamente o Brasil sempre fez uso do crédito rural oficial como ferramenta de estímulo a agricultura. Entretanto, até o início dos anos 1960 havia poucas políticas públicas voltadas a agropecuária, onde a maior parte dos recursos eram destinados a agricultura exportadora, em especial para culturas como o café em São Paulo e Minas Gerais, e cacau no sul da Bahia. O crédito era distribuído exclusivamente através do Banco do Brasil, sobretudo em regiões agrícolas de grande relevância econômica. Não havia muito espaço para o financiamento privado, e o pouco existente se concentrava em cooperativas e associações no sul do país (Búrigo, 2010).

A vista disso, o SNCR foi constituído em 1965 com o objetivo de conceder crédito subsidiado para financiamento de custeio, compra de maquinário agrícola e comercialização de produtos agropecuários para produtores rurais e complexos agroindustriais. Segundo Búrigo (2010), pode-se dividir o SNCR em três grandes etapas, sendo elas: i) a fase inicial e a modernização conservadora; ii) a década perdida e a escassez de crédito; iii) a retomada dos recursos pós liberalização econômica e abertura comercial.

A primeira fase transcorreu entre 1967 e 1979, no qual o crédito rural trabalhava sobretudo a serviço da modernização da agricultura. Foi um período de grande abundância de recursos, onde o estado sobre a influência dos preceitos da Revolução Verde incentivou incansavelmente a busca por maior produtividade e produção (Búrigo, 2010). Segundo Silva (2008), a modernização ocorrida a partir da década de 1960 pode receber o nome de “conservadora”, uma vez que foi realizada sobre as perspectivas de monoculturas e de grandes propriedades rurais.

Com o objetivo de acelerar o processo de modernização, foi concedido empréstimos a juros baixos aos produtores, seja para compras de insumos, maquinários ou melhorias de infraestrutura. O direcionamento dos recursos pelo estado propiciou um crescimento ancorado na demanda por tecnologia da indústria, transformando a base técnica da agricultura e dinamizando a relação entre setor primário e secundário (Delgado, 1985).

Na interpretação de Spier (2011), as culturas ligadas a alimentação da população foram desfavorecidas em detrimento das monoculturas de exportação, em que boa parte do crédito disponibilizado era retido por grupos mais capitalizados. Por outro lado, Lucena (2001) avalia que o tratamento diferenciado dado as monoculturas resultaram em forte entrada de divisas, ampliando a capacidade de importação e equilibrando a balança de pagamentos.

Campagnolla e Macêdo (2022), destacam que o crédito rural subsidiado e a assistência técnica ao produtor, foram os principais responsáveis pela difusão das técnicas oriundas da Revolução Verde no Brasil. Os autores ainda ressaltam que medidas como a desoneração tributária dos defensivos agrícolas e os planos de aquisição de insumos químicos realizados no período também representaram importantes medidas para o impulsionamento da adesão as novas técnicas.

Entre 1980 e 1996 desenrolou-se a segunda fase do SNCR, marcada por uma profunda instabilidade econômica e descontrole das contas públicas. Denominada de década perdida, os anos de 1980 foram marcados por altas taxas de inflação, baixo crescimento econômico e incapacidade de investimento por parte do governo. O período foi apontado por substancial queda dos recursos disponibilizados, resultando em declínios periódicos das exportações em momentos de desabastecimento interno (Búrigo, 2010).

As perspectivas para a década de 1980 foram completamente deterioradas com a segunda crise do petróleo, com forte aumento das taxas de juros e início do descontrole inflacionário. Os impactos a agropecuária foram substanciais, com drástica queda no crédito agrícola e considerável aumento dos custos de produção (Navarro, 2010). O abundante crédito desprovido durante a modernização da agricultura, deu espaço a um cenário de escassez de recursos e controle de preços.

Embora o panorama econômico se mostrasse inadequado, os resultados do setor agrícola foram convincentes em termos de produtividade, com a produção anual crescendo em média 3,6% durante o período. Na concepção de Navarro (2010), o êxito experimentado durante os anos de 1980 se deveu principalmente à modernização ocorrida duas décadas antes, que em conjunto a mudança de comportamento do produtor rural, formulou uma nova dinâmica para agropecuária.

Já na década de 1990, buscou-se a criação de novas fontes de financiamento para a agricultura, no qual o SNCR atuava sob as seguintes premissas: i) exigência de que parte dos depósitos a vista seriam destinados exclusivamente ao crédito rural (cerca de 70%); ii)

concessão de crédito com juros abaixo dos valores de mercado (subsidiados); iii) linhas de financiamento direcionadas aos pequenos e médios produtores rurais, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf). Tais deliberações objetivavam reduzir a resistência das instituições financeiras na concessão de crédito aos produtores rurais e aumentar os níveis de recursos destinados a agropecuária (Santana; Nascimento, 2012).

Fossá, Comerlatto e Mattei (2018), destacam que somente depois de muita reivindicação dos movimentos de pequenos e médios agricultores que em 1995 foi instituído o Pronaf, o projeto tinha como finalidade possibilitar aos agricultores familiares acesso ao crédito e melhoria nas condições de produção.

Já a terceira fase do SNCR se inicia a partir de 1997, marcada pela retomada do crescimento do crédito rural e pela sinalização da mudança de tendência quanto o volume de recursos disponibilizados, que se tornou exponencial a partir dos anos 2000. As mudanças ocorreram sob uma nova conjuntura econômica e institucional, com maior estabilidade, baixa inflação e linhas de financiamentos de médio e longo prazo. O novo cenário também consolidou a busca por novas fontes de crédito por parte de médios e grandes empresários rurais, consolidando os recursos próprios e privados como importante parcela do financiamento da agropecuária brasileira (Búrigo, 2010).

### **3.1.1 Atual Modelo de Financiamento**

Até os anos 1980, o estado desempenhou um papel central no financiamento da atividade agrícola, entretanto, a crise fiscal enfrentada ao longo dessa década reduziu significativamente a capacidade governamental de ampliar a oferta de crédito para atender à crescente demanda do setor. Nesse sentido, foi necessária a criação e consolidação de instrumentos privados de financiamento, especialmente para o Centro-Oeste, região impulsionada pela expansão do plantio de soja e caracterizada como a nova fronteira agrícola daquele período (Buainain; Souza, 2001; Delgado 1985).

Nesse contexto, passou a se buscar novas fontes de financiamento, com destaque para chamada Soja Verde<sup>5</sup>, responsável pelo custeio da produção de soja no Cerrado durante a década de 1980 através da emissão de títulos privados. A partir desses modelos, as tradings multinacionais assumiram um papel central na provisão de recursos para os produtores rurais, que por outro lado asseguravam o fornecimento de grãos para o abastecimento dessas empresas. A adoção dessas inovações ampliou de forma significativa a oferta de recursos para o

---

<sup>5</sup> Uma troca antecipada de grãos de soja por insumos, como sementes, fertilizantes e defensivos.

financiamento agrícola, uma vez que tais empresas dispunham de maior acesso aos mercados internacionais de crédito, além de instrumentos de proteção contra riscos de preço (*hedging*) por meio de contratos negociados em bolsas de valores (Silva, 2012; Guedes, 1999).

A partir dos anos 1990, foi consolidado um novo modelo de financiamento rural no Brasil, marcado pelo aumento da participação do setor privado na alocação de recursos para agropecuária. Entretanto, essa participação se mostrou insuficiente, especialmente por dois fatores: o primeiro refere-se ao elevado endividamento dos produtores naquele período, o que comprometeu sua confiabilidade junto às instituições financiadoras. O segundo diz respeito ao contexto da política econômica naquele momento, caracterizado por taxas de juros elevadas que tornavam o acesso ao crédito muito oneroso (Silva, 2012; Guedes, 1999).

Nesse período, passam a ser adotados instrumentos de captação de recursos como a Cédula de Produto Rural (CPR), instituída pela Lei nº 8.929, de 24 de agosto de 1994, inicialmente em sua forma física. A CPR consiste em um contrato a termo por meio do qual o produtor obtém de forma antecipada, recursos financeiros equivalentes à quantidade de produto que se compromete a entregar futuramente. Em outras palavras, trata-se da venda antecipada da produção, com recebimento imediato do valor combinado junto a obrigação de entrega do produto conforme condições previamente definidas, seja quantidade, qualidade, prazo e local (Pimentel; Souza, 2005).

Contudo, a liquidação física da CPR representava um entrave à ampliação de sua utilização por outros agentes, isso ocorria em razão da dificuldade de compatibilizar as especificações do produto ofertado pelo produtor com as exigências dos potenciais compradores. Essa limitação restringia a difusão do instrumento, tanto entre os produtores quanto aos agentes financiadores, dificultando uma expansão mais expressiva. Nesse contexto, em 2001 foi instituída a CPR com liquidação financeira, com o objetivo de ampliar a participação de novos agentes no financiamento do agronegócio. A principal diferença entre as modalidades de CPR, seja física ou financeira, reside no fato de que a última possibilita a quitação do contrato em moeda corrente, mediante a conversão do valor da mercadoria no vencimento do contrato. Dessa forma, a CPR ampliou as alternativas de financiamento disponíveis aos produtores rurais e impulsionou um processo de desintermediação bancária do crédito rural. Observou-se ainda um aumento da liquidez e uma maior participação de investidores institucionais, fatores que contribuíram para o fortalecimento dos complexos agroindustriais no Brasil, principalmente no segmento de grãos (Pimentel; Souza, 2005).

Em 2004, a Lei nº 11.076/2004 instituiu cinco novos instrumentos de financiamento do agronegócio, que assim como a CPR passaram a viabilizar a captação de recursos no mercado financeiro. Entre os títulos criados destacam-se: Certificado de Depósito Agropecuário (CDA); Warrant Agropecuário (WA); Letra de Crédito do Agronegócio (LCA); Certificado de Recebíveis do Agronegócio (CRA); e o Certificado de Direitos Creditórios do Agronegócio (CDCA). Desse modo, em conjunto com a CPR os novos títulos do agronegócio passaram a complementar os recursos públicos destinados ao financiamento do setor, oferecendo instrumentos mais estruturados e atrativos para as instituições financeiras e fundos de investimento.

Com a difusão dos novos títulos do agronegócio, houve uma reorganização de como o crédito rural é comercializado aos produtores. Na mesma direção, para aproveitar as oportunidades da expansão da produção de soja na região Centro-Oeste, empresas como revendas de insumos agrícolas, tradings e exportadoras de grãos, também desenvolveram e disseminaram arranjos contratuais que possibilitavam o fornecimento de crédito de custeio para os agricultores, seja em recursos financeiros ou em insumos agrícolas (Buainain; Souza, 2001).

As revendas começaram a comercializar sementes, fertilizantes e defensivos, oferecendo prazos de pagamento que variavam entre 180 e 210 dias. Nesse modelo, os insumos eram entregues antes do plantio, enquanto o pagamento ocorria após a colheita e a comercialização da produção, momento em que se realizava a liquidação financeira do contrato. Esse tipo de operação, conhecido no mercado como venda a “prazo safra”, também constitui um importante mecanismo de concessão de crédito aos produtores rurais. No caso das tradings e exportadoras de grãos, com o objetivo de assegurar o recebimento de matéria-prima, passaram a antecipar recursos para o custeio da produção por meio de compra antecipada da safra. Outra operação também relevante é a troca de insumos por grãos, denominada “barter”, que envolve simultaneamente as revendas de insumos agrícolas e as tradings na oferta de crédito aos produtores rurais (Silva, 2012; Guedes, 1999).

Nesse contexto, é possível classificar os mecanismos de financiamento do agronegócio em crédito rural oficial e crédito rural comercial (Figura 1). No primeiro grupo, os principais agentes são os bancos comerciais e as cooperativas de crédito, que operam respeitando as normas do Banco Central e integram o SNCR. Dentro do crédito rural bancário, está inserido o crédito oficial, onde parte é comercializada com juros subsidiados pelo Governo. Já em relação ao crédito rural comercial, pode-se incluir as revendas de insumos agrícolas, fornecedores, tradings, cerealistas, agroindústrias e exportadores de grãos.

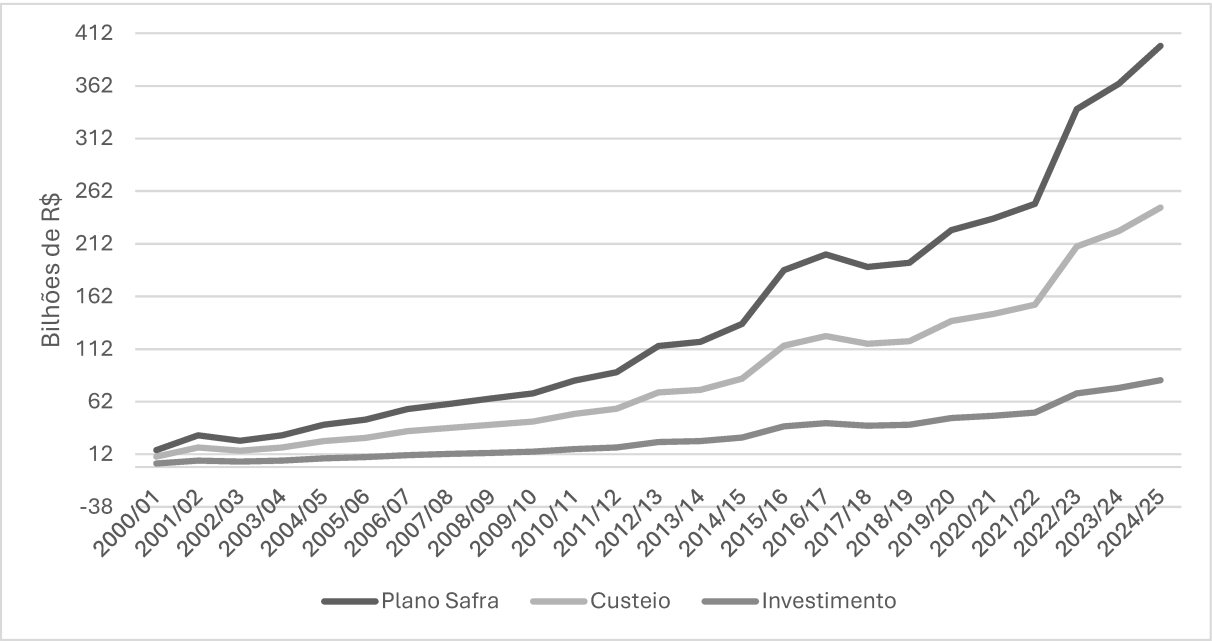
Figura 1 – Mecanismos de Financiamento do Agronegócio Brasileiro



Fonte: Elaboração própria

Em relação aos recursos do SNCR disponibilizados aos produtores rurais, é possível notar uma tendencia de alta no montante liberado a partir dos anos 2000 (Gráfico 4). Tomando o ano de 2024 como exemplo, foram disponibilizados aproximadamente 400 bilhões de reais em recursos através do plano safra, com custeio e comercialização levando cerca de 272 bilhões de reais, enquanto investimento ficou com aproximadamente 92 bilhões de reais (MAPA, 2024).

Gráfico 4 – Crédito disponível no SNCR entre 2000 e 2024:



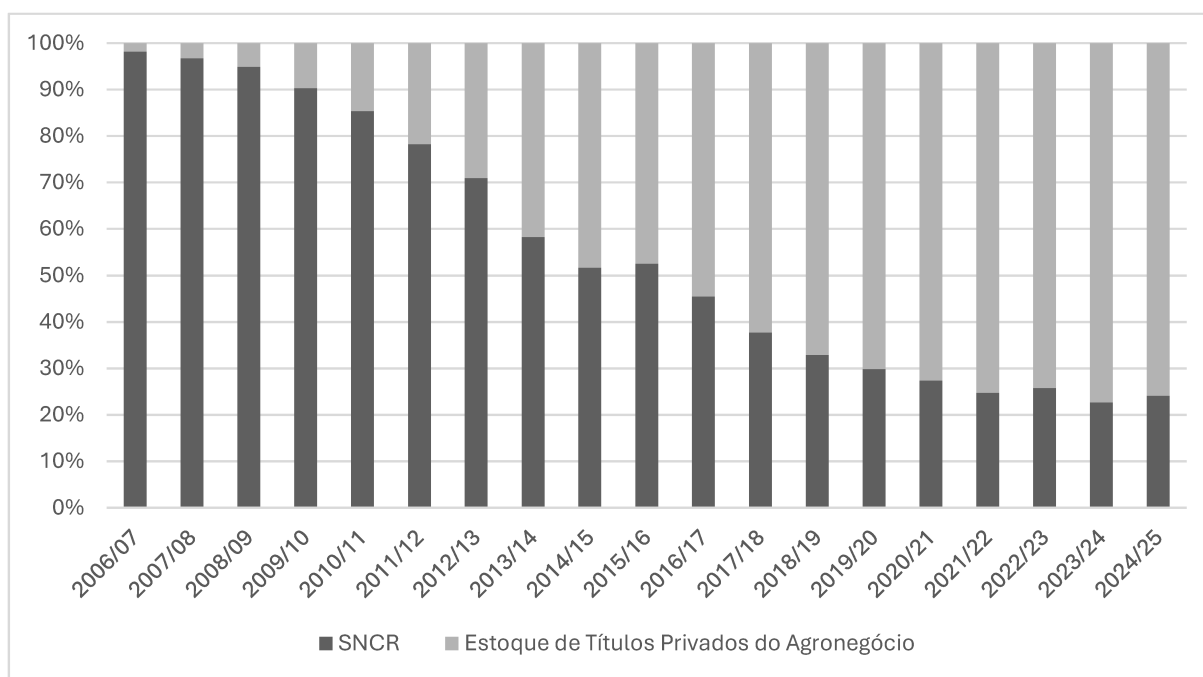
Fonte: Elaboração própria a partir de dados de MAPA (2024)



O crédito rural ao longo dos anos tem financiado principalmente o custeio da produção, com a maior parte dos recursos sendo destinadas a operações de compras de insumos, preparação do solo e plantio de grãos. Os valores dedicados as linhas de comercialização e investimento representam uma menor parcela do total, com a primeira sendo utilizada para despesas com promoção de produtos e CPR, enquanto a segunda é utilizada para compra de bens duráveis como tratores e maquinários agrícolas (Lopes et al, 2016).

Ainda que o SNCR seja relevante, as fontes de financiamento não oficial também merecem destaque (Gráfico 5). Tomando novamente o ano de 2024 como exemplo, verificou-se que os recursos advindos do SNCR representaram somente 28% da quantidade total. Nesse mesmo período a participação dos títulos privados do agronegócio representou cerca de 72% dos recursos (MAPA, 2024b).

Gráfico 5 – Financiamento da Agropecuária no Brasil:



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de MAPA (2024b)

Para Fernandes et al. (2017), a isenção de imposto de renda para pessoas físicas sobre títulos ligados ao agronegócio promovida através da lei 11.033 de 21 de dezembro de 2004, corroborou profundamente para o crescimento da oferta de crédito privado. Lima (2010) complementa que os valores começaram a deslanchar somente em 2008, quando os recebíveis do agronegócio passaram a ter o mesmo tratamento que os recebíveis mobiliários pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM).

Fazendo uma comparação com o crédito subsidiado do SNCR, os financiamentos ligados a iniciativa privada possuem juros significativamente mais altos e condições piores de pagamentos. Entretanto, muitos produtores recorrem a esses recursos por sua praticidade de negociação ou por não possuírem elegibilidade para o crédito do SNCR, seja pelo alto endividamento ou por outros fatores (Lopes et al, 2016).

### 3.2 DEMANDA E ACESSO

Ao considerar as restrições orçamentárias dos produtores rurais, o acesso ao crédito facilita a implementação de novas tecnologias e possibilita ao mesmo tempo a diminuição de custos e elevação da produtividade. O acesso aos recursos financeiros ajuda a viabilizar projetos rurais factíveis, financiando as despesas de execução do empreendimento e colaborando para o crescimento da produção agropecuária (Diagne et al., 2000; Buainain et al., 2007).

Segundo análise realizada por Hoff e Stiglitz (1993) e Besley (1994), o fundamento do equilíbrio walrasiano<sup>6</sup> não é um bom parâmetro para compreender o mercado de demanda e acesso ao crédito rural. Na apuração dos autores, o equilíbrio harmônico entre oferta e demanda não é exclusivamente o único meio de definição das taxas de juros nesse tipo mercado, existindo a possibilidade de racionamento de crédito mesmo em episódios de grande demanda.

Entre as razões para tal comportamento, se destaca a presença de assimetria de informação<sup>7</sup> entre instituições financeiras e tomadores de crédito. Na presença de assimetria de informação a oferta de crédito pode ser racionalizada pelos emprestadores, privilegiando a concessão de recursos a credores de mais baixo risco e dificultando o acesso ao crédito por mutuários de maior risco (Hoff; Stiglitz, 1993; Besley, 1994).

Em termos mais simples, os credores não possuem capacidade de identificar, pelo menos a custo baixo, as informações dos mutuários e a utilização dos recursos tomados. Nos estudos realizados por Hoff e Stiglitz (1993) e Besley (1994), foi constatado três problemas que afetam as transações de crédito rural, sendo eles: i) problema de avaliação dos mutuários (*screening*);

---

<sup>6</sup> Teoria em que os mercados competitivos levam a resultados eficientes, e que esses resultados podem ser reproduzidos por decisões descentralizadas dos agentes econômicos.

<sup>7</sup> Situação em que uma das partes envolvidas em uma transação econômica tem mais ou melhor informação do que a outra.

ii) problema de incentivos e monitoramento (*monitoring*) e iii) problema de “fazer cumprir” os contratos (*enforcement*). Vale ressaltar que as dificuldades em se obter informações ocorre tanto antes como depois da realização dos empréstimos, e são reconhecidas através da literatura da Nova Economia Institucional (NEI) como problemas originários de seleção adversa<sup>8</sup> e risco moral<sup>9</sup>.

As instituições financeiras quando não conseguem discriminar as situações de seus credores antes da concessão dos empréstimos (*ex ante*) acaba incorrendo no problema de seleção adversa. No qual não é possível identificar, pelo menos a um baixo custo, os bons e maus mutuários. Nesse sentido, o desenvolvimento de ferramentas de avaliação (*screening*) e a exigência de colaterais para liberação dos recursos se fazem necessárias. Tudo isso com o propósito de diminuir o risco de inadimplência e cair no problema de seleção adversa (Hoff; Stiglitz, 1993; Besley, 1994).

O risco moral por outro lado, ocorre depois de estabelecido a transação financeira (*ex post*), caracterizando uma circunstância onde o tomador do recurso se beneficia das informações posteriormente a negociação. Nesse caso, o mutuário tem a possibilidade de utilizar os recursos para outros fins, podendo elevar consideravelmente o risco da operação. Como solução ao problema de risco moral, ferramentas de monitoramento (*monitoring*) são utilizadas para reduzir risco das operações, o que em contrapartida encarece o custo do crédito para os tomadores (Hoff; Stiglitz, 1993; Besley, 1994; Buainain et al., 2007).

Como resultado, mecanismos de avaliação (*screening*) e monitoramento (*monitoring*) são aplicados de forma a prevenir prováveis não cumprimento (*enforcement*) dos contratos. É justamente a presença destes três fatores que distingue o mercado de crédito rural de um ambiente de competição perfeita, com as taxas de juros não retratando um equilíbrio de mercado (Hoff; Stiglitz, 1993).

Olhando para SNCR, é oferecido uma quantidade significativa de recursos a taxas abaixo das de mercado. Entretanto, o problema do acesso ao crédito vai além das taxas de juros, passando por critérios de avaliação (*screening*), limites no montante contratado e custos de transações. Sem mencionar a insegurança jurídica<sup>10</sup> proveniente do sistema judiciário, que em muitas das vezes se mostrou ineficiente no fazer valer (*enforcement*) os direitos dos credores

---

<sup>8</sup> Falha de mercado causada por assimetria de informação antes de uma transação. Ocorre quando uma das partes tem mais informações que a outra.

<sup>9</sup> Situação em que um agente econômico muda seu comportamento após firmar um contrato ou acordo.

<sup>10</sup> Situação em que as leis, regras ou decisões do sistema jurídico não são claras, estáveis ou previsíveis. Gerando incertezas sobre os direitos, deveres e consequências legais para pessoas, empresas ou instituições.

em casos de inadimplência. O ambiente de insegurança jurídica reforça ainda mais a necessidade de avaliação dos tomadores de crédito, haja vista que instituições financeiras tem o incentivo de diminuir ao máximo o problema de inadimplência causado pela má aplicação dos recursos oriundo do risco moral (Djankov et al. 2005; Almeida E Zylbersztajn, 2008).

Compreender a dinâmica da demanda e acesso ao crédito é essencial para propor políticas públicas e soluções inovadoras que ampliem a inclusão financeira e estimulem a atividade econômica de forma mais sustentável. Assim, é evidente que ampliar o acesso ao crédito no Brasil requer não apenas a redução de barreiras burocráticas, mas também a oferta de produtos financeiros mais acessíveis e o fortalecimento dos programas de crédito rural.

### **3.2.1 Determinantes da Demanda, Acesso e Utilização**

O acesso e a utilização efetiva do crédito rural não ocorrem de forma homogênea entre os produtores rurais, diversos fatores (econômicos, sociais, institucionais e geográficos) influenciam a demanda pelo crédito, bem como a capacidade de obtê-lo e utilizá-lo de forma produtiva. Compreender essas variáveis é essencial para avaliar a efetividade das políticas públicas voltadas ao setor rural e para a formulação de estratégias que ampliem a inclusão produtiva no campo, especialmente entre os pequenos agricultores.

Carrer et al, (2018) destaca que o crédito disponibilizado pelo SNCR é subsidiado através de recursos do orçamento público, o que aumenta a responsabilidade sobre a avaliação das políticas implementadas e sua eficiência na utilização dos montantes. Essa configuração política é delimitada para contornar o mau funcionamento do livre mercado de crédito, em que na maioria dos casos os recursos são racionalizados em detrimento dos riscos e custos de transação inerentes as atividades agrícolas.

Entretanto, mesmo com a atuação do estado o acesso ainda é limitado, existindo restrições burocráticas na aquisição e má utilização dos recursos. Segundo Glosch et al. (2000), produtores rurais que sofrem restrições na aquisição de crédito estariam menos dispostos a realizarem investimentos no nível ótimo, demandando menos insumos e utilizando tecnologias mais ultrapassadas. Estudos na mesma linha também evidenciam que adesão de tecnologias mais eficientes estaria diretamente correlacionada ao nível de acesso ao crédito, demonstrando a importância dos programas de crédito rural na aquisição de insumos mais produtivos e na modernização da infraestrutura rural (Zeller et al., 1998; Petrick, 2004; Ali et al., 2014; Gebremariam; Tesfaye, 2018).

Azevedo e Shikida (2004) enfatizam que um nível mais elevado de instrução entre os produtores pode reduzir significativamente as assimetrias de informações existente no mercado de crédito, aumentando o conhecimento dos produtores sobre linhas de crédito ofertadas e dos procedimentos necessários para a obtenção dos recursos. Os autores salientam que os riscos relacionados a assimetria de informação podem ser reduzidos conforme o nível educacional dos produtores rurais aumentam. Nesse sentido, admite-se que uma maior capacidade cognitiva está associada a um melhor gerenciamento dos recursos, assim como a possibilidade de melhor aproveitamento das ferramentas financeiras.

Em estudos semelhantes no Vietnã, Braslund e Tarp (2008) detectaram uma relação negativa entre idade do produtor rural e demanda por crédito agrícola. Segundo os autores, produtores mais velhos tendem a ser mais conservadores quanto a tomada de crédito, possuindo maior aversão ao risco e menor propensão a tomada de recursos. Na mesma linha, Villa Verde (2000) destaca que a pecuária brasileira é financiada em grande parte por recursos próprios, com os produtores mais tradicionais demandando uma quantidade reduzida de crédito.

Estudos realizados em economias em desenvolvimento pela FAO (1998), constataram que a concentração excessiva em crédito rural por parte de instituições financeiras pode elevar significativamente o risco de suas carteiras. Como forma de mitigar tal exposição, as instituições financeiras tendem a utilizar critérios que minimizem seu risco, bem como a priorização de empréstimos a produtores rurais com menor possibilidade de inadimplência. Em geral, esse perfil corresponde a produtores que contam com outras fontes de renda além da agropecuária. Esses produtores não dependem exclusivamente dos rendimentos provenientes da agropecuária, o que pode ser considerado na visão das instituições financeiras como uma minimização das chances de não pagamento. Todavia, tais produtores são justamente aqueles que menos demandam crédito, com grande parcela se financiando através de recursos próprios.

Estudos nessa linha também tem demonstrado forte relação entre o acesso ao crédito e outros fatores como tamanho da propriedade e capacidade do produtor em oferecer garantias (Feder, 1993; Jimenez; Saurina, 2003; Almeida et al., 2010). As garantias costumam ser um dos principais requisitos utilizados pelas instituições financeiras quando não se consegue de maneira imediata obter informações e classificar o risco dos tomadores. Uma vez que os bens do mutuário podem ser executados pelos credores, as garantias atuam como um mecanismo de “fazer valer” (*enforcement*), reduzindo o risco de inadimplência e favorecendo a contratação dos empréstimos (Hoff; Stiglitz, 1993).

Para Besley (1994) e Feder (1993), em situações de elevada assimetria de informação os títulos de propriedade privada podem ser utilizados como colaterais aos empréstimos, diminuindo o risco de inadimplência e permitindo que a oferta de crédito se amplie. Um dos mecanismos de garantias mais utilizados no Brasil são as hipotecas de propriedade rural, que facilita o acesso ao crédito para grandes e médios produtores. A adoção de novas tecnologias também contribui para o acesso ao crédito rural, diminuindo o risco de inadimplência e facilitando a tomada de recursos (Iqbal, 1988). Segundo Hoff e Stiglitz (1993), apesar da adoção de tecnologias aumentarem os custos de produção no curto prazo, os produtores através dos ganhos de produtividade ampliam suas receitas no longo prazo.

No entendimento de Barslund e Tarp (2008), a implementação de novas tecnologias tem aumentado a demanda de crédito rural, haja vista que sistemas de produção mais modernos necessitam de maior volume financeiro para investimento. Diagne e Zeller (2001) complementam que a demanda por insumos agrícolas eleva da mesma maneira a necessidade de crédito rural, com o financiamento do custeio da produção capturando boa parcela dos recursos disponibilizados.

Vale ressaltar que viabilidade dos empreendimentos agropecuários depende em grande escala do preço pago aos produtores no momento de sua comercialização. Nessa perspectiva, a grande volatilidade nos preços dos produtos agrícolas aumenta o risco de inadimplência, comprometendo a capacidade de pagamento dos empréstimos e elevando o custo do crédito para os produtores. Em pesquisa realizado por Azevedo e Shikida (2004), a queda de preço dos produtos agrícolas era um dos maiores responsáveis pelo aumento da inadimplência entre as instituições financeiras solicitadas. Com o objetivo de reduzir o risco da volatilidade foram criados alguns mecanismos de proteção de preços (*hedge*), através destes mecanismos é possível prefixar o preço em um determinado intervalo de tempo, garantindo ao produtor e seus credores maior previsibilidade das receitas.

No Brasil os contratos futuros e a termo são os mecanismos de proteção mais utilizados pelos produtores. As ferramentas de *hedge* permitem aos produtores um melhor planejamento financeiro, dando previsibilidade de receitas e diminuindo o risco de inadimplência junto as instituições financeiras. Portanto, a utilização de mecanismos de proteção de preço é considerada fundamental no gerenciamento das finanças agrícolas, reduzindo o risco de não pagamento dos empréstimos e aumentando o acesso ao crédito (Almeida; Zylbersztajn, 2008).

Nesse sentido, os governos enfrentam dificuldade em conciliar uma política de crédito que atenda os produtores rurais menos favorecidos, ao mesmo tempo em que estabelece

condições seguras para realização dos empréstimos e sustentabilidade dos programas de crédito rural. Azevedo e Shikida (2004) apontam também o papel da assistência técnica e extensão rural como instrumento de redução do risco moral e seleção adversa. Os autores destacam a emissão de laudos de visitas junto ao banco financiador como um importante instrumento de monitoramento, inspecionando a aplicação dos recursos e sua correta aplicação nas atividades agropecuárias.

Na mesma linha, as revendas de insumos agrícolas têm desempenhado um papel cada vez mais estratégico na cadeia produtiva do agronegócio brasileiro, especialmente no que diz respeito à oferta de assistência técnica aos produtores rurais. Tradicionalmente vistas como canais de comercialização de insumos, essas empresas têm ampliado sua atuação para incluir serviços de orientação técnica, contribuindo para o aumento da produtividade e sustentabilidade das lavouras (Buainain et al, 2014)

Segundo Buainain et al. (2014), a difusão de tecnologias no campo depende não apenas da pesquisa científica, mas também de mecanismos eficazes de extensão rural, nos quais as revendas passam a ocupar um espaço relevante. Esse novo posicionamento responde, em parte, à retração de políticas públicas de assistência técnica nas últimas décadas, o que levou à maior presença do setor privado nesse campo. Por outro lado, Baron (2007) destaca o papel das organizações associativas no compartilhamento de informações e novas tecnologias junto aos produtores rurais. O autor ressalta ainda a função das organizações associativas como auxiliadoras nos procedimentos de obtenção de crédito rural, reduzindo a falta de conhecimento sobre determinadas linhas de financiamento e democratizando o acesso aos recursos. Entre as principais organizações associativas no Brasil, podemos elencar as cooperativas agrícolas, os sindicatos rurais, as associações de produtores e os grupos informais de compra conjunta (*pool*) de insumos e produtos.

A participação em organizações associativas contribui para o fortalecimento e criação de *networking* entre agricultores, agroindústria e representantes políticos do setor. Pesquisas recentes têm demonstrado que produtores engajados em cooperativas e associações agrícolas detêm maior possibilidade de implementação de novas tecnologias (Burton et al., 1998; Silva; Moraes, 2010). Para Buainain et al. (2007), as especificidades encontradas na agropecuária e os riscos inerentes a atividade é um dos principais problemas enfrentados por instituições financeiras e produtores rurais. Entre as particularidades enfrentadas pela agropecuária, pode-se destacar: sazonalidade da produção; variação dos preços agrícolas; risco climático e entre outros.

Uma solução para minimizar esse tipo de risco seria a contratação de seguro rural, que necessitaria entre outros fatores de um mercado de seguros sólido e bem desenvolvido. O melhor desenvolvimento do mercado de seguro rural e a maior adoção de mecanismos de gestão de riscos pelos produtores podem trazer como externalidade positiva a redução do risco de inadimplência e a possibilidade de as instituições financeiras reduzirem a exigência de garantias de alto valor. Neste cenário, seria possível reduzir a burocracia e a exigência de colaterais sem necessariamente aumentar o risco das operações de crédito rural. Nesse sentido, tanto o risco proveniente das oscilações de preço quanto os oriundos das variações climáticas seriam reduzidos. A introdução do seguro rural como solução para o último caso ainda carece de robustez, podendo ser alvo de intervenção do estado com objetivo de desenvolver o mercado (Ozaki, 2008).

### **3.2.2 Adoção de Tecnologias**

Partindo de uma análise micro fundamentada, Foster e Rosenzweig (2010) salientam que o produtor rural toma a decisão de implementação de uma tecnologia observando sua utilidade esperada. Nesse sentido, na tentativa de maximizar sua utilidade, o produtor adota a tecnologia se a utilidade esperada de admissão for maior que a utilidade esperada de não admissão. Ou seja, quando os benefícios marginais da adoção da tecnologia superar os custos marginais de sua implementação.

Vale destacar que o custo inicial de admissão de uma nova tecnologia tende a ser necessariamente alto, o que torna o acesso ao crédito uma importante variável na decisão de implementação. Nessa mesma linha, estudos demonstram que produtores rurais com menor restrição orçamentária tendem a acolher projetos de investimentos mais arriscados, sendo mais propensos a investimentos em ativos fixos e tecnologias mais modernas (Ali et al. 2014; Gebremariam, Tesfaye, 2018).

Além do financiamento de novas tecnologias, o crédito rural possui um importante papel na disponibilização de recursos para custeio da produção agrícola. Nesse sentido, pesquisas indicam que a facilidade em acessar crédito também contribui para aumentar a proporção ótima de utilização de insumos nas propriedades. O que faz do crédito rural um mecanismo fundamental para o incentivo de novas tecnologias e melhor utilização dos insumos agropecuários (Backman et al. 2011; Zhao; Barry, 2014).

Em pesquisa realizada com produtores rurais da Ruanda, Ali et al. (2014) observaram que agricultores que sofriam menor restrição no acesso ao crédito adotavam técnicas mais



produtivas e insumos mais modernos. O estudo também constatou que quando eliminada a restrição orçamentária dos produtores, a produtividade média das propriedades se elevava em cerca de 17%. De modo geral, estudos nessa área demonstram que dificuldades no acesso ao crédito pode gerar uma alocação subótima dos fatores de produção (Boucher et al. 2009).

Abate et al. (2016) em estudo no qual se investigou a influência das instituições financeiras e cooperativas de crédito quanto a adesão de novas tecnologias por produtores rurais da Etiópia, constatou que o acesso ao crédito melhorava os níveis de adoção de novas tecnologias, assim como a utilização de insumos agrícola em seu nível ótimo. Também foi descoberto que o acesso ao crédito por sua parte, era influenciado pelo nível de educação, outras fontes de renda, distância das instituições financeiras e outros fatores.

Gebremariam e Tesfaye (2018) também em estudos com produtores da Etiópia, identificaram que a adoção de tecnologias como a irrigação, fertilizantes químicos e sementes melhoradas estavam positivamente correlacionadas com o acesso ao crédito. Segundo os autores, o afrouxamento das restrições de acesso a crédito eleva a possibilidade de adesão a novas tecnologias e utilização de melhores insumos.

Abdallah (2016) em pesquisa realizada com agricultores da África Subsaariana, verificou que o acesso ao crédito elevava em até 4% a possibilidade de admissão de tecnologias como rotação de culturas, recuperação de solos e sistemas de integração. Também foi verificado que a disponibilidade de informações como o registro de propriedade rural afetava positivamente o acesso ao crédito.

Em pesquisa onde se investigou a relação entre acesso ao crédito e a adoção de sistemas de integração no Brasil, Carrer et al. (2018) salienta que o acesso as políticas de crédito aumenta consideravelmente as chances de implementação de sistemas de integração entre produtores rurais. Para o autor, o resultado positivo das políticas de crédito é fundamental para justificar a manutenção destes programas, haja vista que seu funcionamento é ancorado em taxas de juros subsidiadas via orçamento público.

A percepção *ex ante* dos produtores rurais sobre os benefícios de adoção de sistemas de integração ou outras tecnologias, está diretamente ligado a observação de outros produtores rurais que já operacionalizam determinada metodologia. Nesse sentido, a divulgação dos resultados de produtores que já adotam métodos mais produtivos ganha relevância, a realização de eventos e troca de experiencias entre os mesmos se tornam fundamentais para difusão de novas tecnologias. Carrer et al. (2018) em sua pesquisa, também ressalta a existência de

causalidade reversa entre a adoção de sistemas de integração e o acesso ao crédito rural, em que muitos dos casos o acesso aos recursos é explicado justamente pela adoção de tecnologias mais eficientes. Assim, o autor reitera que produtores que adotam práticas de manejo mais modernas como os sistemas de integração, tendem a demandar mais crédito para financiar as despesas com investimentos e custeio da produção.

Dessa forma, é possível concluir que o crédito rural exerce papel fundamental na viabilização da adoção de tecnologias no campo, funcionando como um catalisador para a modernização da produção agropecuária. O acesso a recursos financeiros permite que os produtores invistam em insumos de melhor qualidade, máquinas modernas, sistemas de irrigação e práticas sustentáveis, elementos essenciais para o aumento da produtividade e da competitividade no setor agrícola. Além disso, o crédito adequado, aliado à assistência técnica (muitas vezes oferecida por revendas agrícolas) potencializa o uso eficiente dessas tecnologias, garantindo melhores resultados econômicos e ambientais. Assim, políticas públicas que promovam o acesso ao crédito, especialmente para pequenos e médios produtores, são decisivas para o fortalecimento do agronegócio e para a construção de uma agricultura mais inovadora e sustentável (Foster; Rosenzweig, 2010;)

## **4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUSTENTABILIDADE NA AGROPECUÁRIA**

A temperatura média global tem se elevado desde a revolução industrial. Problemas relacionados com a mudança do clima representam desafios importantes a serem enfrentados no âmbito ambiental e agrícola. A incidência de fenômenos como ondas de calor, chuvas intensas e secas prolongadas são exemplos de eventos extremos ligados ao aquecimento do planeta (Stern, 2006). Nos últimos anos, muitas regiões do planeta têm experimentado temperaturas superiores a 40,0°C, com algumas localidades da Europa marcando máximas de até 50,0°C. A mudança do clima nesse sentido, tem alterado os volumes de chuvas e trazido uma maior incidência de eventos extremos (Silva et al, 2023).

Para Santosa (2020) houve um aumento considerável no nível de temperatura máxima registrada no Brasil durante o período de 1980 a 2018. As regiões centro-norte e nordeste por exemplo, tem verificado máximas durante o inverno até 30% acima da média. O autor ainda ressalta a tendencia de alta das temperaturas máximas e mínimas para qualquer estação do ano, com projeções de aumento para todas as regiões do país de até 0,5°C a cada dez anos.

De acordo com Lima et al. (2001), estudos tem evidenciado a associação do aumento de temperatura global a concentração de Gases Causadores de Efeito Estufa (GEEs) na atmosfera. Metz et al (2007) salienta que o aumento da concentração de GEEs tem elevado a absorção de radiação solar e prejudicado a dissipação do calor na estrutura terrestre. As consequências são o aumentado a imprevisibilidade e variabilidade dos fenômenos naturais na sociedade e na agropecuária.

Tomando como exemplo um estudo realizado por Pinto et al (2002), sobre a atividade cafeeira no estado de São Paulo, foi analisado o impacto do aumento na temperatura de até 5,8°C sobre a área apta ao cultivo do café. O trabalho avalia o efeito da variação climática sob a área propícia ao plantio e as temperaturas máximas e mínimas suportadas pela planta. O estudo conclui que de acordo com o aumento da temperatura, a área apta a produção cafeeira diminui substancialmente.

Tabela 1 – Áreas em km<sup>2</sup> e porcentagem total disponíveis ao plantio de café no estado de São Paulo com variações nas condições climáticas.

| <b>Condição</b> | <b>Apto</b>                  | <b>Apto Com Irrigação</b> | <b>Restr. Geadas</b>         | <b>Restr. Temp. Elevadas</b> | <b>Inapta</b>                 |
|-----------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <b>Atual</b>    | 97.848 km <sup>2</sup> 39,4% | 706 km <sup>2</sup> 0,3%  | 57.428 km <sup>2</sup> 23,1% | 39.604 km <sup>2</sup> 15,9% | 53.013 km <sup>2</sup> 21,3%  |
| <b>+1°C</b>     | 74.426 km <sup>2</sup> 30,0% | 40 km <sup>2</sup> 0,01%  | 17.394 km <sup>2</sup> 7%    | 54.387 km <sup>2</sup> 21,9% | 102.389 km <sup>2</sup> 41,1% |
| <b>+3°C</b>     | 37.153 km <sup>2</sup> 14,9% | 0,0 km <sup>2</sup> 0,0%  | 0,0 km <sup>2</sup> 0,0%     | 38.240 km <sup>2</sup> 15,4% | 173.211 km <sup>2</sup> 69,7% |
| <b>+5,8°C</b>   | 2.738 km <sup>2</sup> 1,1%   | 45 km <sup>2</sup> 0,02%  | 0,0 km <sup>2</sup> 0,0%     | 5.516 km <sup>2</sup> 2,2%   | 240.301 km <sup>2</sup> 96,7% |

Fonte: Pinto et al. (2002)

O fenômeno natural denominado efeito estufa, além de preservar o calor oriundo da radiação solar, impede que o planeta não sofra com variação brusca de temperatura. O dióxido de carbono entre outros gases em conjunto ao vapor d'água constitui a estrutura da estufa permitindo a entrada de luz e retendo calor na superfície (Marengo, 2006).

Metz et al (2007) faz uma comparação em relação aos principais gases causadores de efeito estufa sob a perspectiva de concentração pré-revolução industrial, com a concentração registrada no ano de 2005.

Tabela 2 – Principais Gases Causadores de Efeito Estufa (GEEs)

| <b>GEE</b>                     | <b>Fórmula Química</b>              | <b>Concentração Pré-Industrial</b> | <b>Concentração em 2005</b> | <b>Permanência na Atmosfera (ano)</b> | <b>Potencial de Aquecimento</b> |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Dióxido de carbono</b>      | <i>CO<sub>2</sub></i>               | 278000 ppbv                        | 379000 ppbv                 | variável                              | 1                               |
| <b>Metano</b>                  | <i>CH<sub>4</sub></i>               | 715 ppbv                           | 1774 ppbv                   | 12.2 +/-3                             | 21                              |
| <b>Óxido Nitroso</b>           | <i>N<sub>2</sub>O</i>               | 270 ppbv                           | 319 ppbv                    | 120                                   | 310                             |
| <b>CFC-12</b>                  | <i>CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub></i> | 0                                  | 0,503 ppbv                  | 102                                   | 6200/7100                       |
| <b>HCFC-12</b>                 | <i>CHClF<sub>2</sub></i>            | 0                                  | 0,105 ppbv                  | 12,1                                  | 300/1400                        |
| <b>Perfluometano</b>           | <i>CF<sub>4</sub></i>               | 0                                  | 0,070 ppbv                  | 50000                                 | 6500                            |
| <b>Hexafluoreto de enxofre</b> | <i>SF<sub>6</sub></i>               | 0                                  | 0,032                       | 3200                                  | 23900                           |

Fonte: Metz et al. (2007)

Esse incremento nos níveis de GEEs tem gerado por consequência um aumento da temperatura global e uma intensificação das mudanças climáticas. A alteração do clima nesse sentido, pode propiciar maior incidência de pragas sobre as lavouras e gerar consequências econômicas e ambientais de difícil mensuração para agricultura.

Conduas como o desmatamento, o uso excessivo de fertilizantes e o manejo inadequado do solo tem contribuído na liberação de grandes quantidades de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ) e óxido nitroso ( $N_2O$ ). Nesse sentido, a agropecuária tem desempenhado um papel importante nas mudanças climáticas sendo um grande emissor de gases causadores de efeito estufa.

Por outro lado, tal como assegura Reetz (2017), a utilização das técnicas provenientes da Revolução Agrícola foi de fundamental importância para garantir produtividade em terras antes impróprias para o plantio. Santos (1999) complementa que cerca de 40% dos solos brasileiros possuem extraordinárias características físicas, porém grandes limitações de fertilidade, onde a sob utilização de fertilizantes químicos se transformam em áreas altamente produtivas.

De acordo com a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) (2024), o consumo brasileiro de fertilizantes passou de 958 mil toneladas em 1970 para 45,8 milhões de toneladas no ano de 2023. A alta na quantidade demandada por adubos químicos corrobora com as inovações tecnológicas descobertas no período, assim como o expressivo aumento das emissões de GEEs no Brasil.

À luz do que foi discutido segunda sessão, nos últimos anos a sociedade e diversos autores têm contestado toda eficiência tecnológica trazida pela Revolução Verde no que toca a preservação ambiental. Na visão de Tavares (2004), apesar do excelente desempenho econômico promovida na agropecuária, muitas das técnicas oriundas da modernização da agricultura tem prejudicado severamente o meio ambiente, com os impactos ambientais afetando negativamente a própria atividade agrícola.

É importante mencionar que o solo assim como as plantas detém uma capacidade natural de retenção de carbono. Dessa forma, a conservação da natureza é crucial para garantir o sequestro de GEEs de maneira natural. Tomando como exemplo o processo fotossintético presentes nas plantas, um aumento na variação das precipitações pode prejudicar fortemente o potencial mitigativo (Marengo, 2006).

Por outro lado, a adoção de técnicas sustentáveis como a agroecologia e a gestão eficiente dos recursos naturais pode mitigar esses impactos, promovendo o sequestro de carbono e o uso responsável dos ecossistemas. Portanto, a forma como a agropecuária é conduzida tem o poder de influenciar diretamente o ritmo e a magnitude das mudanças climáticas, tornando-se um setor estratégico na busca por soluções para esse desafio global.

A agropecuária brasileira por ser um importante *player* na produção mundial de alimentos, tem buscado para os próximos anos desempenhar um papel de protagonista na economia verde, ocupando uma posição de referência quanto a sustentabilidade agrícola e ambiental (MAPA, 2014).

A transição para uma agricultura sustentável demonstra sobretudo uma insatisfação com o modelo atual de produção rural, que apesar da alta produtividade e grande escala de produção, não conseguiu lidar com os problemas ambientais e sociais. A busca por sistemas de produção que consiga conciliar a preservação da natureza com a alta produtividade passou a ser uma demanda não somente da sociedade, mas também da agropecuária como um todo, reduzindo as externalidades da produção agrícola e aumentando ainda mais a eficiência no campo (Bezerra, Veiga, 2000).

No que toca a sustentabilidade ambiental da agropecuária, Silva (2012) define os principais conceitos dentro da cadeia produtiva como sendo: manutenção dos recursos naturais e da produtividade no longo prazo; redução dos impactos ambientais; redução da utilização de insumos químicos; contenção de custos e geração de renda; melhoria da qualidade de vida das famílias residentes nas comunidades rurais.

Para o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) (2011), a agricultura sustentável é definida como aquela que respeita o meio ambiente e ao mesmo tempo detêm uma baixa emissão de carbono, colaborando para o bem-estar social e gerando emprego e renda. Na concepção do World Bank (2015), sustentabilidade na agropecuária passa pela implementação de técnicas capazes aumentar a produtividade, reduzir as emissões de GEEs e capturar carbono quando plausível.

Na visão de Sachs (2008), para se atingir um desenvolvimento equitativo e sustentável é necessário que os mecanismos sociais, ecológicos e econômicos se complementem. Para o autor, somente quando a conjuntura econômica se encontra com a ecológica, é que se pode criar um ambiente propício para uma agropecuária sustentável. Desta forma, o processo de mudança para uma agropecuária mais sustentável passa pela adoção de técnicas agrícolas que

ampliem a produtividade, de modo a oferecer uma oferta crescente de alimentos por meio de práticas que diminuam externalidades negativas e que ao mesmo tempo crie externalidades positivas (Da Paixão; Bacha, 2015).

Da Paixão e Bacha (2015) sintetizam que a colaboração do agronegócio brasileiro na transição de uma economia convencional para uma de baixa emissão de carbono transita por uma produção de alimentos mais tecnológica. Em que os ganhos de produtividade estariam alinhados com uma redução da utilização dos recursos naturais como a água e o solo, ao mesmo tempo que emitiriam uma baixa quantidade GEEs.

Na visão de Romeiro (2011), a agricultura pode transformar os ecossistemas de maneira irreversível, haja vista que é uma atividade altamente dependente de um amplo espaço físico terrestre. Nesse sentido, a técnica empregada para produção agrícola pode se tornar um fator primordial na determinação das externalidades no ecossistema onde ela se encontra. O autor ainda argumenta que as técnicas agrícolas ecologicamente corretas podem ter seus custos de produção substancialmente reduzidos, caso o estado se comprometa a fomentar novas práticas sustentáveis assim como fez com os métodos tradicionais difundidos entre as décadas de 1960 e 1980 no Brasil.

Dentro do raciocínio da agricultura verde, as técnicas agrícolas devem agir como instrumentos capazes de aprimorar a fertilidade do solo e contribuir para a preservação ambiental. A rotação de culturas, assim como a integração de lavoura e pecuária é um exemplo de como reduzir a utilização de insumos químicos em detrimento de manejo biológico (UNEP, 2011). O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) (2018), defende que a chave para a difusão das práticas agrícolas mais sustentáveis está na adoção de políticas públicas que encorajem os agricultores e pecuaristas a iniciarem essa transição para os métodos mais limpos de manejo.

É importante ressaltar que entre todos os setores econômicos brasileiros, a agropecuária se destaca como o de maior potencial redutivo de emissões de GEEs, consolidando-se como setor estratégico para projeção do Brasil como uma potência agrícola ambientalmente sustentável. Nessa perspectiva, o desenvolvimento de instrumentos que viabilizem o uso de novos processos produtivos com baixa emissão de carbono são primordiais para transição em direção a modelos mais limpos e sustentáveis (Gurgel; Laurenzana, 2016).

Segundo Gurgel e Laurenzana (2016), os produtores brasileiros têm em suas mãos uma importante missão na transição para uma agropecuária de baixa emissão de carbono, uma vez

que através das técnicas de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono o setor pode ser capaz de reduzir substancialmente suas emissões de GEEs. A implementação de biodigestores para o tratamento de dejetos animais como bovinos de leite e suínos, é um exemplo concreto de como o agronegócio pode capturar e queimar metano transformando-o em energia.

#### **4.1 AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO**

Conforme visto na segunda sessão do trabalho, o Brasil ao longo dos anos tornou-se uma das maiores potências na produção agropecuária, seja pela tecnologia que permitiu a elevação da produtividade ou pela expansão da fronteira agrícola. Contudo, diante das mudanças climáticas e das alterações nos padrões de consumo, para manter esse protagonismo precisará agregar mais sustentabilidade ao seu modelo de produção. A demanda crescente por alimentos e biocombustíveis pressiona a agricultura brasileira a elevar seus níveis de produção sob restrição de não aumento das emissões de GEEs, implicando na utilização de tecnologias de agricultura baixa emissão de carbono como uma saída para tal desafio (Magalhães; Braga Júnior, 2013).

As políticas climáticas contemporâneas são estruturadas de modo geral em três pilares interdependentes: mitigação, adaptação e resiliência. A mitigação se refere ao conjunto de ações voltadas à redução ou remoção das emissões de GEEs, que no setor agrícola se traduz em práticas como a recuperação de pastagens degradadas. A adaptação diz respeito aos ajustes nos sistemas produtivos com o objetivo de reduzir a vulnerabilidade e os impactos das mudanças climáticas já em curso, incluindo tanto a adoção de novas tecnologias, como manejos e práticas mais adequadas às novas condições climáticas. Já a resiliência corresponde à capacidade dos setores de absorver choques climáticos, tentando se adaptar sem comprometer sua produtividade e sustentabilidade no longo prazo. Em conjunto, esses três pilares formulam a base estratégica da agricultura sustentável, se adaptando aos novos riscos climáticos e fortalecimento da capacidade de resposta dos sistemas produtivos (Cortesão, 2025; Nepomoceno, 2024).

A agropecuária por se tratar de uma atividade tipicamente exposta as intempéries da natureza, é um dos setores mais afetados pelas mudanças climáticas e um dos mais interessados em conter o seu avanço. O crescimento sustentável e fora de novas áreas de desmatamento



torna-se um desafio a ser superado, assim como a adoção de técnicas mais eficientes e energeticamente limpas. O desenvolvimento de novas tecnologias orientada para uma agricultura mais sustentável tem despertado o interesse de diversos países pelo mundo. No Brasil, a Embrapa em conjunto com organismos estaduais, escolas de ciências agrárias e setor privado tem contribuído com grandes avanços no desenvolvimento científico desta área. Esse empenho conjunto tem como objetivo diminuir a necessidade de insumos químicos, combustíveis, água e preparação do solo (Embrapa, 2018).

A agropecuária se torna um setor estratégico à medida que as políticas de redução dos impactos das mudanças climáticas ganham força ao redor do mundo. Nesse sentido, a adoção de metodologias mais limpas no meio rural tem contribuído para redução da vulnerabilidade da agricultura no que toca as externalidades trazidas pelas técnicas oriundas da modernização agrícola (Magalhães; Braga Júnior, 2013).

Para Mozzer (2011), o Brasil já trabalha seus programas agrícolas de forma a se adequar ao novo modelo socioeconômico mundial, aspirando se posicionar como um player altamente produtivo e responsável, e se tornando uma referência na agricultura de baixa emissão de carbono e nas soluções quanto as mudanças climáticas. Segundo Wehbe (2011), a intensificação no planejamento para adaptação e mitigação de GEEs no setor agropecuário passa sobretudo pela consolidação do fornecimento de recursos e assistência aos produtores. A demanda pela manutenção da alta produtividade implica em novas metodologias de manejo que sejam capazes de diminuir a utilização de insumos químicos, ao mesmo tempo que reduza os custos ao produtor. É justamente nessa esteira que o governo brasileiro tem desenvolvido políticas que objetivam a aceleração da transição do modelo convencional de agricultura para um sistema de baixa emissão de carbono.

Magalhães e Braga Júnior (2013), sintetizam a capacidade proeminente da instauração de um modelo de produção que combine sustentabilidade e alta produtividade, resultando em uma política ambiental que alinhe os interesses da sociedade e da agropecuária para o contínuo aumento da produção sem prejudicar o meio ambiente. O setor agrícola brasileiro busca de maneira sustentável minimizar as emissões e atender o aumento da demanda, se empenhando na adoção de técnicas com tal capacidade, e indo de encontro a transição para um modelo mais eficiente e limpo (MAPA, 2012).

Nesse contexto, a agricultura de baixa emissão de carbono se insere como um componente estratégico e indispensável dos esforços nacionais para a redução das emissões de GEEs, promovendo técnicas sequestradoras de carbono, contribuindo para o aumento da

produtividade e atenuando simultaneamente as mudanças climáticas. Vale ressaltar que agropecuária brasileira detém uma parcela considerável de responsabilidade sobre o montante de emissões, e se compromete a buscar soluções que estejam alinhadas as boas práticas de produção internacionalmente reconhecidas (Mozzer, 2011).

## **4.2 TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO**

### **4.2.1 Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD)**

A degradação da pastagem representa uma diminuição da matéria orgânica no solo e uma redução de cobertura vegetal, levando a perda da capacidade de recuperação e de qualidade nutritiva. A utilização do manejo inadequado compromete a qualidade do capim e aumenta os níveis de emissões de GEEs, acarretando queda do vigor produtivo e maior vulnerabilidade a pragas e doenças. Nesse caso, a recuperação da pastagem proporciona uma maior cobertura para o rebanho, entregando maior qualidade nutritiva e capturando carbono (MAPA, 2012).

A recuperação de pastagens degradadas vem se demonstrando uma técnica capaz de reduzir em até 60% a liberação de carbono na atividade pecuarista. O manuseio adequado da pastagem além de garantir sequestro de carbono, também proporciona ganhos de qualidade para o rebanho. Uma pastagem mais produtiva pode aumentar a capacidade de animais por hectare, proporcionando um maior lucro para o produtor e desincentivando o desmatamento de novas áreas. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (2018), a média de unidades de animais por hectare (UA/ha) para uma pastagem padrão varia em torno de 0,4 UA/ha (medida padrão que corresponde a um animal de 450 kg), enquanto uma pastagem recuperada este índice pode chegar além de 1,0 UA/há, aumentando a lucratividade do produtor e diminuindo as pressões por novas áreas de pastagens. É importante ressaltar também, que o montante de biomassa produzido por uma pastagem revigorada pode acarretar simultaneamente em redução do tempo de abate.

Tabela 3 – Emissões anuais de  $CO_2e$  por ganho de peso vivo até o abate em 4 cenários de manejo.

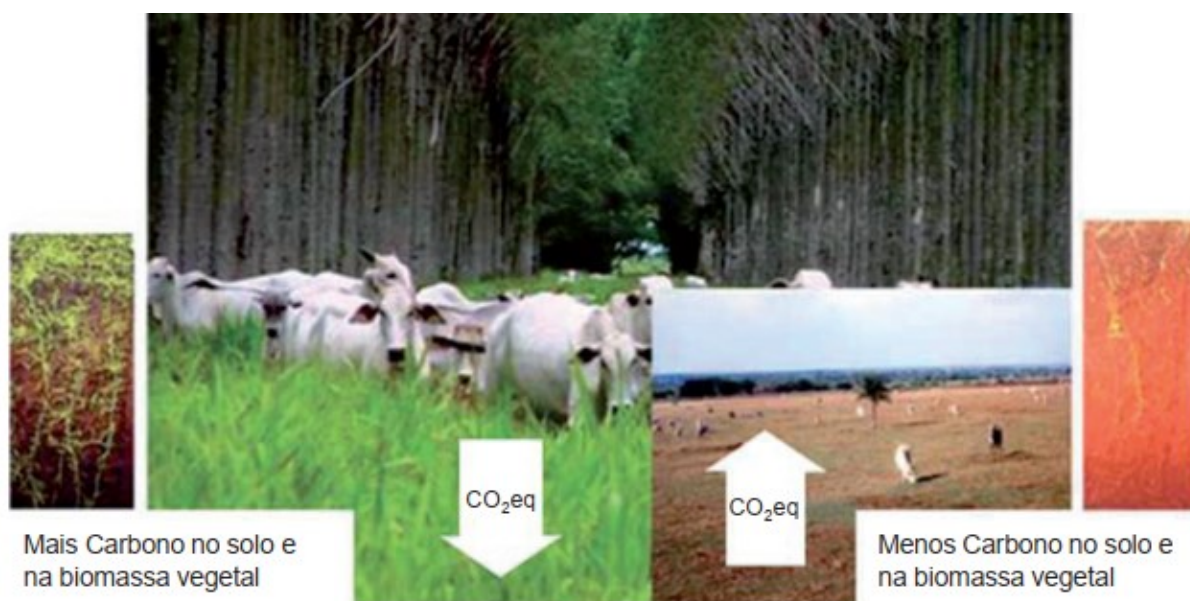
| Sistema de Pastagem                                                 | Emissão de $CO_2EQ/KG\ GPV$  |                   |                          |                   |                        |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|------------------------|
|                                                                     | Ganho de peso<br>(G/CAB/Dia) | Emissão de $CH_4$ | Emissão de $N_2O$<br>(G) | Emissão de $CO_2$ | Emissão de GEE<br>(kg) |
| 1. Degradada - <i>Brachiaria decumbens</i>                          | 137                          | 26880             | 4086                     | 1355              | 32,3                   |
| 2. Bom manejo sem <i>N</i> - <i>B decumbens</i>                     | 191                          | 13714             | 2675                     | 847               | 17,2                   |
| 3. Consórcio - <i>B. decumbens</i> e <i>Stylosanthes guianensis</i> | 364                          | 7226              | 1921                     | 684               | 9,8                    |
| 4. Com 150kg de <i>N</i> - <i>Panicum maximum</i>                   | 904                          | 2036              | 470                      | 698               | 3,2                    |

Fonte: Observatório ABC (2013)

A depender do grau de degradação, pode-se utilizar a recuperação direta ou indireta da cobertura. Em que a primeira se caracteriza pela manutenção da mesma espécie de forragem, enquanto na segunda opta-se pela substituição completa de toda cobertura por uma nova espécie de forragem (Macedo et al. 2000). A implementação da recuperação de pastagens via semeadura, fertilização e manejo correto representa uma inversão no processo de emissão e um aumento na captura e retenção de carbono no solo, diminuindo as emissões da atividade pecuária e melhorando a qualidade da forragem para o rebanho (MAPA, 2012)

Segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) (2012), para manutenção do vigor das pastagens brasileiras é de fundamental importância que as técnicas de recuperação de pastagens se disseminem entre os produtores de forma a preservar uma contínua boa condição da forragem para o rebanho. Nesse sentido, o ministério elenca alguns desafios a serem enfrentados: qualificar técnicos e produtores; viabilizar mecanismos de transferência de tecnologia; mapear áreas de pastagens degradadas; destinar recursos para implementação da técnica; tornar a metodologia mais atrativa aos produtores.

Figura 2 – Esquema de visualização do aumento de biomassa e de unidades animais por hectare.



Fonte: Embrapa (2018)

#### 4.2.2 Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)

A utilização de um sistema de monocultura pode acarretar perda de matéria orgânica e prejudicar a qualidade do solo ao longo do tempo, ampliando a necessidade de correção e manuseio de fertilizantes químicos. Por outro lado, os sistemas de integração possuem a vantagem de entregar um alto teor de matéria orgânica, melhorando as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo. A alta produção de resíduos vegetais faz dos sistemas de integração um importante fixador de carbono no solo, aumentando os estoques entre as camadas de 0 a 20 cm da superfície (Embrapa, 2018).

A associação de sistemas produtivos como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e os Sistemas Agroflorestais (SAFs), tem contribuído para recuperação de áreas degradadas assim como a preservação e reconstrução das matas nativas, permitindo a adoção de boas práticas agropecuárias e promovendo a criação de renda e o emprego. A adoção de sistemas multiculturas tem favorecido a diversidade de atividades, permitindo que os produtores integram pecuária e floresta na mesma área produtiva (MAPA, 2012).

O manejo de um sistema integrado permite ao produtor, por exemplo, conciliar a produção de carne e leite com a preservação da floresta e o cultivo de um pomar, reduzindo os impactos da agricultura sobre o meio ambiente e diversificando a produção dentro das fazendas. Da mesma forma, por se tratar de um método rico em produção de matéria orgânica, tem-se

também uma redução da utilização de insumos químicos, assim como uma quebra dos ciclos de pragas, doenças e plantas daninhas. O sistema de integração também é reconhecido por proporcionar a conservação dos recursos hídricos, bem como a criação de condições favoráveis para abrigo de agentes polinizadores e a retenção de umidade na superfície (MAPA, 2012).

Figura 3: Imagem ilustrativa de uma Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF).



Fonte: MAPA (2012)

#### **4.2.3 Sistema de Plantio Direto (SPD)**

O Sistema de Plantio Direto foi desenvolvido com o objetivo de preservar a cobertura orgânica e o sequestro de carbono no solo, possuindo como princípio a não exposição e revolvimento da terra. Ao contrário do manejo habitual, o SPD procura preservar a cobertura orgânica da última safra, realizando o novo plantio sob a palhada anterior. A não necessidade de um novo preparo do solo economiza o uso de combustíveis, fertilizantes e defensivos, diminuindo o custeio do plantio e reduzindo os lançamentos de GEEs (MAPA, 2012).

No SPD, o intervalo entre a colheita da primeira safra e o plantio da segunda é reduzida quase completamente, realizando uma semeadura com baixíssimo revolvimento do solo, preservando a cobertura e elevando o rendimento da adubação (Embrapa, 2018). De acordo com Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FEBRAPDP) (2022), a adoção do SPD deve ser realizada de maneira correta com auxílio da rotação de culturas para a continua

retenção de matéria orgânica no solo, preservando a produtividade na terra e reduzindo os custos com preparo e fertilização. A FEBRAPDP ainda destaca que em 2022 o Brasil contou com mais de 36 milhões de hectares que adotaram o plantio direto, ressaltando a importância de viabilizar mecanismos de transferência de tecnologia que propicie principalmente ao agricultor familiar aplicabilidade do SPD.

Figura 4: Imagem ilustrativa de um Sistema de Plantio Direto (SPD).



Fonte: MAPA (2012)

#### **4.2.4 Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)**

A transformação do nitrogênio presente na atmosfera em nutrientes utilizados pelas plantas constitui uma opção relevante para a redução do uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura. A utilização de bactérias capazes de tal conversão e que convivem em harmonia com as culturas é denominada de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). A utilização de inoculantes é capaz de complementar total ou parcialmente a necessidade de fertilização nitrogenada, sendo um caso de extremo sucesso no cultivo de soja.

O nitrogênio ( $N_2$ ) apesar de compor 79% da atmosfera não está diretamente disponível para as plantas, fazendo com que diversas culturas sejam altamente dependentes de fertilizantes nitrogenados e de bactérias com capacidade de conversão. A FBN pode substituir em partes ou totalmente a necessidade de adubação química a depender da cultura trabalhada, com economias que chegam em até 15 bilhões de dólares anualmente (Embrapa, 2018).



A FBN além de reduzir os custos ao produtor, também se mostra relevante quanto a redução de emissões de GEEs ligados a fabricação e transporte de fertilizantes químicos. Estima-se que as etapas de produção e logística de adubos nitrogenados representem cerca de 50% dos lançamentos provenientes da utilização de fertilizantes nas lavouras, com 1 kg de adubo nitrogenado equivalendo a emissão de 10 kg de  $CO_2e$  (Embrapa, 2018).

Figura 5: Imagem ilustrativa da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) na raiz da planta.



Fonte: Embrapa (2018)

#### 4.2.5 Florestas Plantadas (FP)

O reflorestamento de áreas desmatadas e a plantação em larga escala de espécies como o eucalipto, também vão de encontro ao objetivo de retenção de carbono e utilização de fontes renováveis de energia. A produção de madeira com certificado de origem para abastecimento da indústria, contribui ao mesmo tempo para redução da dependência do carvão mineral e do desmatamento ilegal de novos campos. A produção de florestas plantadas em propriedades rurais visa sobretudo implementar uma fonte de renda de longo prazo ao produtor, ao mesmo tempo em que aumenta a oferta de madeira para setores como indústria, energia e construção civil (MAPA, 2012).

Além disso, as Florestas Plantadas contribuem para mitigação das mudanças climáticas, atuando na captura de carbono da atmosfera e favorecendo a biodiversidade local ao oferecer habitats para diversas espécies. Assim, além de sua utilidade econômica, as florestas plantadas

desempenham um papel ambiental de extrema importância, sendo uma fonte de recursos renováveis e de recuperação de áreas degradadas (MAPA, 2012).

Figura 6: Imagem ilustrativa de um sistema de Florestas Plantadas (FP).



Fonte: MAPA (2012)

#### **4.2.6 Tratamento de Dejetos Animais (TDA)**

O tratamento de dejetos originados da atividade pecuária e de outros setores relacionados à criação de animais é um processo fundamental para prevenir a contaminação do solo e da água. Os resíduos quando não tratados adequadamente podem causar sérios problemas ambientais como a contaminação por patógenos, poluição de corpos hídricos e emissão de gases de efeito estufa. Portanto, a adoção de tecnologias e práticas sustentáveis para o manejo desses resíduos é essencial para promoção da sustentabilidade no setor agropecuário, além de atender a normas regulatórias e de bem-estar animal (MAPA, 2012).

O TDA também colabora para o melhor aproveitamento dos resíduos agrícolas, proporcionando adubação orgânica e geração de biogás. O aproveitamento dos resíduos animais é uma prática que visa transformar os dejetos em recursos úteis, promovendo uma gestão mais sustentável e eficiente dos resíduos gerados pela atividade pecuária. A compostagem é uma das técnicas na qual os resíduos são convertidos em adubo orgânico, melhorando a qualidade do solo e contribuindo para uma agricultura mais sustentável. Além disso, os dejetos podem ser



utilizados na produção de biogás, uma fonte renovável de energia que contribui para a redução da dependência de combustíveis fósseis. Essas metodologias além de economizar o uso de fertilizantes químicos e energia, contribuem para o descarte correto dos dejetos e redução dos custos de produção (MAPA, 2012).

Figura 7: Imagem ilustrativa de um biodigestor.



Fonte: (Embrapa, 2018)

### 4.3 PLANO ABC

#### 4.3.1 Origem:

O plano setorial de mitigação e de adaptação as mudanças climáticas com o objetivo de consolidar o Brasil como uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura, também conhecido como Plano ABC. Foi implementado com o objetivo de diminuir os lançamentos de Gases Causadores de Efeito Estufa (GEEs) na atmosfera, reafirmando o compromisso brasileiro assumido na 15ª Conferência das Partes (COP15) ocorrida em Copenhague, no ano de 2009 (MAPA, 2012).

A origem do Plano ABC se deu através da publicação do artigo 3º do decreto número 7.390, de 9 de dezembro de 2010. O documento consistia em cinco planos de ação e controle,

contemplando a prevenção do desmatamento e os planos setoriais de mitigação e adaptação as mudanças climáticas. Os planos abordados pelo decreto são respectivamente:

Quadro 1: Publicação do Plano ABC.

I – Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm);

II – Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado);

III – Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE);

**IV – Plano para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura;**

Fonte: Brasil (2010)

Constata-se por meio do inciso IV a criação do Plano ABC, onde no mesmo decreto através do artigo 6º revela-se a meta de redução de 3.236 milhões de toneladas de carbono até 2020. No qual por volta de 25% do total das mitigações são atribuídas ao setor agropecuário.

Para Manzatto et al. (2018) a agropecuária se coloca em uma posição estratégica quanto as obrigações assumidas na COP15, com uma dimensão de até de 55,5 milhões de hectares a disposição para adoção de procedimentos, com potencial estimado de mitigação por volta de 294 milhões de toneladas de carbono até 2030.

#### **4.3.2 Objetivos:**

Segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) (2012), o grupo de trabalho responsável pela elaboração do plano ABC foi constituído em 2010 com o objetivo de definir e promover as revisões necessárias de acordo com os compromissos firmados na COP15. Entre os compromissos assumidos se destacam:

Quadro 2: Metas assumidas pelo Plano ABC.

|                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1- Recuperação de 15 milhões de hectares de Pastagens Degradadas                                           |
| 2- Ampliação da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e de Sistemas Agroflorestais em 4 milhões de hectares |
| 3- Aumento da utilização de Sistema de Plantio Direto em 8 milhões de hectares                             |
| 4- Ampliar o uso da Fixação Biológica de Nitrogênio em 5,5 milhões de hectares                             |
| 5- Expandir a área de Florestas Plantadas para 9 milhões de hectares                                       |
| 6- Ampliar para 4,4 milhões de $m^3$ o uso de tecnologias para Tratamento de Dejetos de Animais            |

Fonte: MAPA (2012)

Entre os motivos que levaram adoção do Plano ABC, está a crescente preocupação com o meio ambiente e em especial ao aquecimento global e suas consequências quanto as mudanças climáticas. O governo brasileiro entende que a ação do estado é essencial para minimizar a gravidade do problema, assumindo internacionalmente de maneira voluntaria o compromisso de reduzir as emissões de GEEs entre 36,1% e 38,9% até 2020 (MAPA, 2012).

Em concordância com a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC), o Plano ABC teve como objetivo central a viabilização das reduções de GEEs na agricultura através da agregação e adaptação dos sistemas produtivos. O aprimoramento do rendimento dos recursos naturais junto às propriedades do meio rural representa o elemento chave que proporcionará ao setor agropecuário brasileiro a adaptação as mudanças climáticas (MAPA, 2012).

É significativo mencionar que o estímulo a adoção e manutenção dos Sistemas, Práticas, Produtos e Processos de Produção Sustentáveis ( $SPS_{ABC}$ ), estão no centro do manejo eficiente e no robustecimento dos processos sustentáveis no Brasil. A utilização de práticas conservacionistas e de tecnologias com o objetivo de recuperar, restaurar e preservar os recursos naturais junto ao manejo produtivo do solo caracterizam as ferramentas indispensáveis para a transição em direção a um modelo mais limpo e responsável a longo prazo (MAPA, 2021).

### 4.3.3 Plano ABC+ (Atual RenovAgro)

Em 2021 foi lançado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) o Plano ABC+, onde conceitualiza a estratégia a ser adota para o período de 2020 a 2030. Nele o governo reafirma seu compromisso com uma agropecuária sustentável e destaca a busca por novas tecnologias que garantam o aumento da produtividade em conjunto a baixa emissão de GEEs (MAPA, 2021).

Nessa nova fase, o ABC+ se mantém como instrumento promotor da agricultura sustentável e reforça as ferramentas utilizadas no primeiro ciclo (2010/2020) baseadas nos Sistemas, Práticas, Produtos e Processos de Produção Sustentáveis ( $SPS_{ABC}$ ). O reconhecimento de propriedades que utilizam  $SPS_{ABC}$  e a valorização do esforço do setor produtivo é de fundamental importância para estimular a implantação de medidas sustentáveis a longo prazo. O fomento da agropecuária integrada a paisagem incorporado no Plano ABC+, promove o emprego do  $SPS_{ABC}$  como incremento da produtividade em conjunto a preservação do ecossistema local. Nesse sentido, a ênfase na regularização ambiental e no uso eficiente do solo e da biodiversidade interagem para promover a valorização da produção regional e da sinergia com proteção do meio ambiente (MAPA, 2021).

Outro objetivo do ABC+ é fortalecer os trabalhos de transparência, propagação de novas tecnologias e o fomento a capacitação. Vale ressaltar que a assistência técnica em conjunto a capacitação foi um importante instrumento utilizado durante o primeiro ciclo do Plano ABC (2010/2020). Nesse sentido, a correta adoção de instrumentos como os  $SPS_{ABC}$  só serão atingidos através de acompanhamento técnico especializado, capazes de garantir que os benefícios das ferramentas sejam devidamente atingidos de maneira adequada (MAPA, 2021).

No novo ciclo (2020/2030) é enfatizado a governança institucional e a utilização de instrumentos de Monitoramento e Avaliação, o que permite uma administração mais integrada dos dados e um acesso transparente as ações adotadas. Assim, o desenvolvimento de ferramentas atrelados a certificação e rastreabilidade, capazes de atestar perante a sociedade brasileira e internacional a origem dos produtos é de suma importância para a autenticação dos esforços do setor agropecuário em favor da sustentabilidade (MAPA, 2021).

A utilização de mecanismos de Mensuração, Relato e Verificação (MRV) em conjunto a critérios científicos internacionalmente aceitos serão de fundamental importância para a consolidação de instrumentos de mercados e estímulos econômicos capazes de incentivar a utilização de sistemas sustentáveis de produção (MAPA, 2021).

Em relação a gestão de informação do ABC+, o Sistema de Informação do Plano ABC (SINABC) será encarregado pela sistematização dos resultados e de sua execução. O aprimoramento do MRV como ferramenta de suporte e avaliação, garantirá a avaliação da eficiência e eficácia do empenho elaborado no enfrentamento da alteração climática pelo setor agropecuário brasileiro (MAPA, 2021).

O governo brasileiro aposta como fator impulsionador da produção sustentável de alimentos, o incentivo a inovação tecnológica e a promoção das boas práticas agrícolas. Assim, é esperado que a área de utilização dessas novas tecnologias se expanda até o final do Plano ABC+, contribuindo para a disseminação a longo prazo de sistemas de produção mais resilientes e sustentáveis (MAPA, 2021).

#### **4.4 PROGRAMA DE CRÉDITO ABC**

Para o Observatório ABC<sup>11</sup> (2013), o Programa ABC consistia em linhas de recursos dentro do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) com o objetivo de financiar e incentivar a adoção e o cumprimento das metas estabelecidas pelo Plano ABC. Segundo a resolução do Banco Central do Brasil (2011) número 3.979, de 31 de maio de 2011, os objetivos do Programa ABC se baseavam nas seguintes premissas:

---

<sup>11</sup> Iniciativa que visa contribuir para a geração e disseminação de conhecimentos e informações sobre a agricultura de baixo carbono e sobre as políticas públicas que apoiam esse tipo de agricultura. Desenvolve estudos e realiza debates, discussões e atividades para mobilizar a sociedade na direção de aumentar a adoção de técnicas ABC no país.

Quadro 3: Objetivos do Programa ABC.

- I – Reduzir as emissões de gases de efeito estufa oriundas das atividades agropecuárias;
- II – Reduzir o desmatamento;
- III – Aumentar a produção agropecuária em bases sustentáveis;
- IV – Adequar as propriedades rurais à legislação ambiental;
- V – Ampliar a área de florestas cultivadas;

Fonte: Banco Central Do Brasil (2011)

Segundo Miranda (2011), o Programa ABC já estava presente no Plano Safra de 2010/2011, atuando como um instrumento de fomento as diretrizes e metas estabelecidas pelo Plano ABC. O programa para aquele ano contou com um volume de recursos de 2 bilhões de reais, que visavam sobretudo a implementação e o financiamento das técnicas e processos que contemplassem de maneira positiva o sequestro e as emissões de GEEs. Um dos principais pontos do projeto era sua reduzida taxa de juros, com intervalo de carência e longo prazo para amortização.

Miranda (2011) ainda complementa a existência de linhas de crédito ligados a preservação ambiental anteriores ao Programa ABC, como Programa de Incentivo à Produção Sustentável do Agronegócio (Produsa) e o Programa de Plantio Comercial e Recuperação de Florestas (Propflora). Em que ambos os projetos disponibilizavam recursos com o objetivo de financiar a plantação de palma em áreas degradadas, assim como o plantio de florestas e a recomposição de reserva legal e preservação permanente. Neste caso, as duas linhas de crédito foram acopladas juntas ao Programa ABC.

Com o objetivo de atingir as metas estabelecidas pelo Plano ABC, o Programa ABC teve como principal prioridade a concessão de crédito rural e transferência de tecnologia, fomentando a capacitação de técnicos e de produtores rurais, e incentivando a regularização ambiental e fundiária das propriedades agrícolas. O programa também busca difundir a prestação de assistência técnica e extensão rural, definindo obrigações e contrapartidas para aqueles que desejam tomar crédito pelo programa (Da Paixão; Bacha, 2015).

O crédito ligado ao Programa ABC possui como instituição financiadora o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que através dos bancos e cooperativas consorciados faz o repasse dos recursos aos agricultores e pecuaristas interessados. O BNDES não delimita o número específico de contratos por cliente, mas verifica a capacidade de pagamento do tomador e impõe um limite de 1 milhão de reais por agricultor a cada ano safra. A exceção fica com o financiamento do plantio de florestas comerciais, onde o limite é ampliado para 3 milhões de reais por agricultor (Da Paixão; Bacha, 2015).

As garantias solicitadas por essa de linha de crédito ficam a cargo das instituições financeiras credenciadas, atendendo as diretrizes do BNDES e Banco Central. Os prazos para pagamento variam de acordo com os projetos contemplado, com períodos de 5 anos (com direito a até 2 anos de carência) para projetos ligados a implementação de viveiros de mudas, e períodos de 12 anos (com até 6 anos de carência) para plantio e manutenção de florestas comerciais (BNDES, 2013).

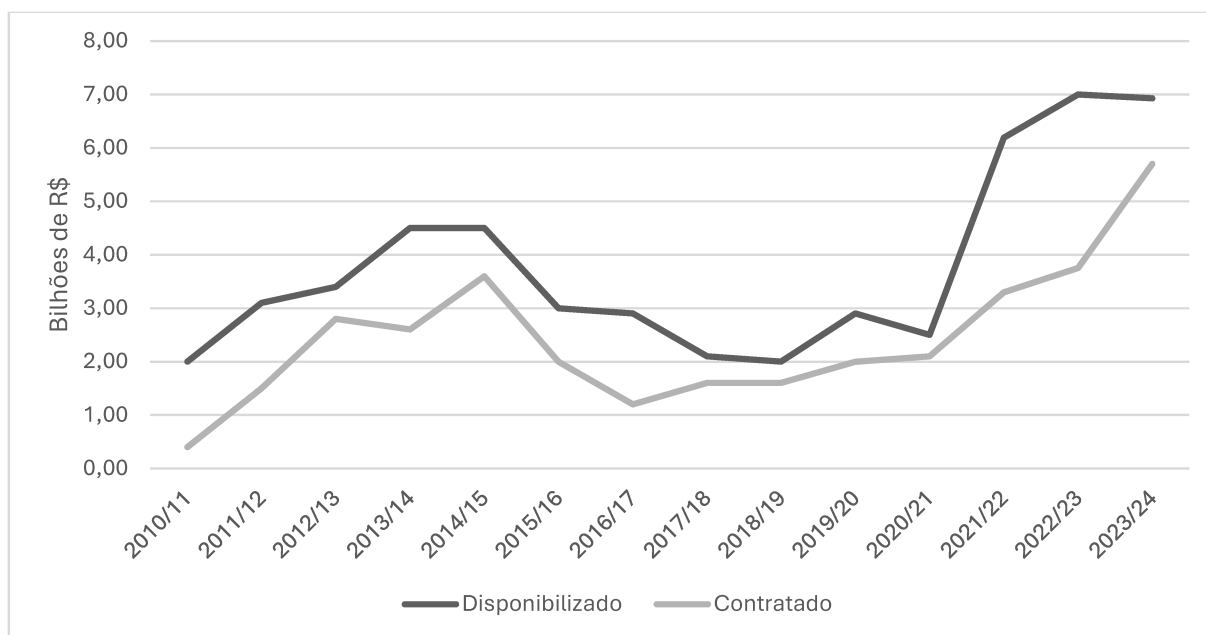
Nesse sentido, as linhas de crédito direcionadas a sustentabilidade criada no início da década de 2010 e adicionadas ao SNCR, demonstram o interesse do governo brasileiro em incentivar técnicas mais limpas no campo, assim como o crescimento agrícola sustentável no longo prazo.

#### **4.4.1 Programa ABC em Números**

Como sintetizado, é de fundamental importância que o Brasil se mantenha na trajetória de transição rumo a agropecuária mais sustentável, agindo de maneira a atender as novas exigências internacionais e agregando valor aos seus produtos agrícolas. Entretanto, a transição para uma agricultura verde exige grandes investimentos em equipamentos e infraestrutura. Dessa forma, à medida que o governo disponibiliza mais crédito para investimento esse processo de transição para a agropecuária responsável tende a acelerar.

Analisando a política de crédito rural voltado a sustentabilidade, é possível perceber que os recursos disponibilizados ao Programa ABC, apesar da estabilidade dos valores durante o período de 2016 a 2020, tem demonstrado uma tendencia de alta no montante concedido ao longo dos três últimos anos (Gráfico 6). Esse aumento na proporção do crédito destinado às linhas de investimento relacionadas a sustentabilidade reflete um incentivo do governo brasileiro de financiar sistemas mais limpos e produtivos.

Gráfico 6 – Crédito Disponibilizado e Contratado pelo Programa ABC (atual RenovAgro).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de MAPA (2024)

Apesar do volume considerável de recursos oferecidos pelo Programa ABC, verifica-se que os valores contratados para todos os anos agrícolas ficaram aquém dos disponibilizados. Entre os anos safras de 2010 a 2024 o Programa ABC disponibilizou aproximadamente de 53,02 bilhões de reais para investimentos, sendo contratado pelos produtores somente 34,15 bilhões. No conjunto das justificativas para não contratação dos recursos disponibilizados pelo programa, Gasparini et al. (2017) destaca inúmeras dificuldades enfrentadas pelos produtores, tais como: o baixo interesse das instituições financeiras em comercializar esse tipo de financiamento; a falta de preparo técnico dos agentes financeiros; a alta burocracia; a elevada exigência de comprovações de custo; e o planejamento prévio do investimento.

Nessa perspectiva, o crédito concedido pelo Programa ABC apesar de possuir umas das menores taxas do SNCR (Tabela 4), exige do produtor um detalhado plano de execução, atrelando ao investimento pelo menos uma das técnicas ABC apoiadas pelo programa. Linhas de crédito como o RenovAgro estabelecem alto grau de conhecimento técnico, seja pela tecnologia empregada ou pelo planejamento especial do projeto. Os produtores que não detêm acesso a esse conhecimento ou não possuem assistência técnica apropriada, defrontam-se com dificuldades na hora de contratar o crédito, restando-lhes opções mais caras e limitadas de financiamento (Lopes et al, 2016).



Tabela 4: Taxa de Juros, Valores Disponibilizado e Contratado do Programa ABC.

| Ano Safra | Valor Disponibilizado<br>(Bilhões de R\$) | Valor Contratado<br>(Bilhões de R\$) | Taxa de<br>Juros (%) | Selic<br>Média (%) |
|-----------|-------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------|
| 2010/11   | 2,00                                      | 0,40                                 | 5,50                 | 11,30              |
| 2011/12   | 3,10                                      | 1,50                                 | 5,50                 | 10,80              |
| 2012/13   | 3,40                                      | 2,80                                 | 5,00                 | 7,50               |
| 2013/14   | 4,50                                      | 2,60                                 | 5,00                 | 9,90               |
| 2014/15   | 4,50                                      | 3,60                                 | 5,00                 | 12,00              |
| 2015/16   | 3,00                                      | 2,00                                 | 8,00                 | 14,20              |
| 2016/17   | 2,90                                      | 1,20                                 | 8,50                 | 13,00              |
| 2017/18   | 2,10                                      | 1,60                                 | 7,50                 | 7,60               |
| 2018/19   | 2,00                                      | 1,60                                 | 5,25 e 6,00          | 6,40               |
| 2019/20   | 2,90                                      | 2,00                                 | 5,25 e 7,00          | 4,50               |
| 2020/21   | 2,50                                      | 2,10                                 | 4,50 e 6,00          | 2,20               |
| 2021/22   | 6,19                                      | 3,30                                 | 7,00 e 8,25          | 8,70               |
| 2022/23   | 7,00                                      | 3,75                                 | 7,00 e 8,50          | 9,25               |
| 2023/24   | 6,93                                      | 5,70                                 | 7,00 e 8,50          | 13,75              |
| Total:    | 53,02                                     | 34,15                                |                      |                    |

Fonte 1: Elaboração própria a partir de dados de MAPA (2024)

Na visão de Lopes et al. (2016), para que a agropecuária sustentável seja promovida efetivamente por meio do crédito rural, é de fundamental importância que os planejadores de políticas levem em consideração: i) as dificuldades enfrentadas pelos produtores no acesso ao crédito; ii) a presença de barreiras institucionais, cultural, tecnológica, financeira e de gestão na hora da adoção das técnicas agrícolas verdes.

Filho (2004) complementa que o baixo nível de coordenação entre os produtores rurais e de algumas cadeias produtivas dificultam a adoção de técnicas mais sustentáveis de manejo, reiterando a necessidade de assistência técnica capacitada e de extensão agrícola. Do mesmo modo, Gianette e Ferreira (2020) acrescenta que assistência qualificada é uma importante ferramenta para propagação de novas técnicas no meio rural, revelando-se um instrumento essencial na implementação de sistemas sustentáveis.

Olhando para as características pessoais dos agricultores, Perosa et al. (2021) salienta que aspectos individuais como: nível de educação; idade; redes de acesso à informação; característica do negócio (tamanho da escala de produção) e demanda da cadeia de suprimentos (exportadora ou não exportadora), são fatores decisivos no momento de o agricultor decidir sobre a adoção ou não de alguma técnica de agricultura de baixa emissão de carbono.

Estudos evidenciam que o fator educação é altamente significativo para a percepção do agricultor na admissão de uma nova tecnologia (GIL et al, 2016). Nesse sentido, além do

aspecto educacional se mostrar importante, verifica-se que jovens agricultores são mais propensos a adotarem técnicas mais sustentáveis em detrimento de produtores mais velhos, tornando o elemento geracional um aspecto importante (Knowler; Bradshaw, 2007; Perosa et al, 2021).

Apesar de todas as dificuldades técnicas e pessoais enfrentadas pelos agricultores, e dos valores contratados abaixo dos disponibilizados, observou-se um expressivo resultado quanto as metas de mitigação de GEEs. Manzatto et al (2019), destaca que o Brasil através das técnicas ABC foi capaz de atingir ainda em 2018 cerca de 73% das metas assumidas na COP15 ocorrida em Copenhague no ano de 2009. Podemos observar que até o ano de 2018 o Brasil já tinha ultrapassado seu potencial de mitigação para o período de 2010 a 2020 (Tabela 5). Com todas as técnicas ABC extrapolando suas metas, sendo o sistema de Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) a única exceção.

Tabela 5: Área e Potencial de Mitigação / Estimativa de Mitigação

| Tecnologia ABC | Aumento da área prevista para adoção (em milhões de ha.) | Aumento da área adotada (em milhões de ha.) | Potencial de mitigação (milhões Mg $CO_2$ eq.) | Mitigação Estimada (milhões Mg $CO_2$ eq.) |
|----------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| RPD            | 15                                                       | 3,3                                         | 104                                            | 18                                         |
| iLPF           | 4                                                        | 5,8                                         | 22                                             | 36,4                                       |
| SPD            | 8                                                        | 12,7                                        | 20                                             | 23,2                                       |
| FBN            | 5,5                                                      | 10,6                                        | 10                                             | 19,5                                       |
| FP             | 3                                                        | 10                                          |                                                | 89,1                                       |
| TDA            |                                                          |                                             | 6,9                                            |                                            |
| TOTAL          |                                                          |                                             | 162,9                                          | 186,2                                      |

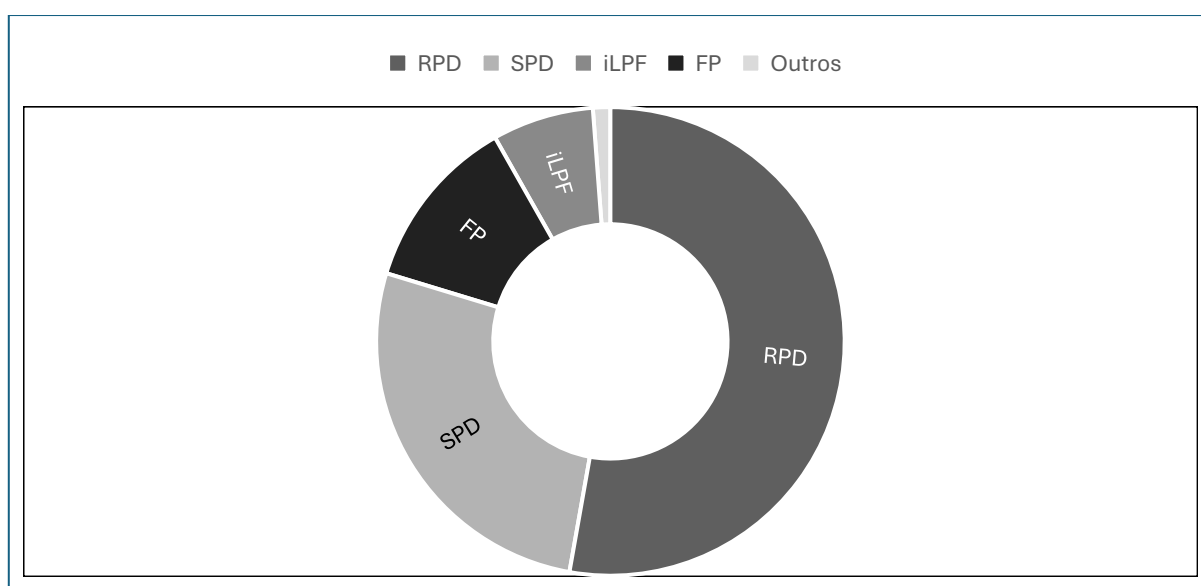
Fonte 2: Elaboração própria a partir de dados de Manzatto et al. (2019)

Nesse sentido, apesar do potencial mitigativo do sistema de Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) não se concretizar, o sistema de Florestas Plantadas (FP) por outro lado foi responsável por cerca de 47% de toda mitigação do carbono. Mesmo não recebendo nenhuma meta no início do Plano ABC. Olhando para o Tratamento de Dejetos Animais (TDA), foi o único sistema no qual não se estimou o nível de mitigação de  $CO_2e$ , expressando um grande problema de monitoramento enfrentado pelo Plano ABC. A avaliação quanto a efetividade dos trabalhos implementados é de elevada importância no que toca ao monitoramento e constatação das emissões amortizadas pelo programa. Portanto, o avanço metodológico em relação a mecanismos de Monitoramento, Reporte e Verificação (MRV), é de primordial relevância para

comprovar a eficiência das ferramentas e o cumprimento dos compromissos assumidos (MAPA, 2012).

Entrando na análise de como o crédito do Programa ABC foi distribuído entre 2013 e 2017, Gianetti e Ferreira (2020) verificou que cerca de 98,8% dos recursos são destinados para quatro subsistemas (Gráfico 7): Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD), Plantio Direto (SPD), Integração Lavoura Pecuária Floresta (iLPF) e Floresta Plantada (FP). A Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) destaca-se levando cerca de 52,8% de todo o montante contratado, enquanto Plantio Direto (SPD) e Floresta Plantada (FP) levam 26,9% e 12,1% respectivamente. Outros subprogramas como a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e Tratamento de Dejetos de Animais (TDA) representam uma parcela quase insignificante do total.

Gráfico 7 – Crédito Concedido por Subprogramas:



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Gianetti; Ferreira (2020)

Examinando a distribuição dos recursos e a mitigação estimada de cada subprograma, verificamos que a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) embora levasse mais da metade dos recursos do Programa ABC, contribuiu com apenas 9,6% da mitigação total de GEEs entre os anos de 2010 e 2018. Nesse mesmo período, o sistema de Florestas Plantadas (FP) apesar de captar somente 12,1% dos recursos totais, foi responsável por cerca de 47,8% de toda mitigação.

Olhando para o aumento da área adotada, observamos que a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) foi capaz de incrementar somente 3,3 milhões de hectares, 78% abaixo da meta prevista em 2010. Enquanto Florestas Plantadas foi responsável por 10 milhões de

hectares de incremento, volume 300% maior que o previsto em 2010. Segundo Andrade Guerra et al. (2015), o crescimento das florestas plantadas no Brasil se deve em especial ao avanço da fronteira florestal de silvicultura e ao aumento da demanda por produtos como celulose, papel e biomassa para produção de energia. Uma das justificativas para o baixo desempenho da RPD é a complexidade de seu monitoramento e contabilização, visto que muitos produtores adotam a tecnologia através de recursos próprios ou outras fontes de financiamento (Manzatto et al, 2019)

Nessa mesma perspectiva, os Sistemas de Plantio Direto (SPD) e Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) obtiveram os maiores incrementos na adoção de novas áreas, com 12,7 e 10,6 milhões de hectares respectivamente. Um acréscimo de área bem acima da previsão inicial. No mesmo período, os dois subprogramas conjuntamente ficaram com menos de 30% de todo o recurso destinado ao Programa ABC, sinalizando que o fator creditício não foi o único responsável pelo bom desempenho desses programas ao longo do intervalo investigado.

É importante ressaltar que técnicas de agricultura de baixa emissão de carbono além de mitigar e reduzir as emissões de GEEs, conciliam ainda para significativos ganhos de produtividade. Nesse sentido, muitos dos métodos presentes no Plano ABC são adotados por produtores visando somente o ganho de produtividade ou redução dos custos de produção. Como no caso da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e do Sistema de Plantio Direto (SPD) (Hungria et al, 2013).

Deste modo, como verificamos através do crédito concedido por subprogramas, as técnicas ligadas a silvicultura (iLPF e FP) são responsáveis pela maior parte da mitigação de GEEs no Brasil (67,4%), apesar de receberem uma parcela menor dos recursos disponibilizados pelo Programa ABC (19,1%). Entretanto, é importante mencionar que as técnicas associadas a agricultura e a pecuária (SPD, FBN e RPD) necessitam de um financiamento mais recorrente, haja vista que suas atividades possuem um ciclo de negócio mais curto que as atividades ligadas a silvicultura. Outro fator também relevante é a maior capacidade de mitigação de GEEs provenientes das técnicas associadas a silvicultura, o que permite um melhor resultado em comparação as técnicas ligadas a agricultura e pecuária.

Portanto, podemos observar que o crédito detém um papel fundamental para o fomento da sustentabilidade na agropecuária, tanto na silvicultura como na agricultura e pecuária. Todavia, o financiamento das técnicas ABC não é isoladamente a o único instrumento capaz de cumprir esse papel. Nessa direção, a assistência técnica capacitada e a difusão de informação

entre os produtores rurais se mostram tão importante quanto o acesso adequado ao financiamento rural.

## 5 METODOLOGIA:

De forma a complementar a revisão da literatura dos capítulos anteriores, o trabalho irá utilizar de metodologia quantitativa para atingir os objetivos gerais e específicos mencionados na introdução. Sampaio (2022) define pesquisa quantitativa como uma metodologia que se utiliza de recursos estatísticos para obter explicações e estabelecer comparações junto as variáveis estudadas, sendo uma ferramenta amplamente utilizada na mensuração entre observação empírica e fontes de expressão matemática dos dados.

Na visão de Richardson (2007), a pesquisa quantitativa é baseada na coleta e análise de dados numéricos, buscando identificar padrões, relações e impactos de variáveis de maneira objetiva. A metodologia pode ser utilizada para testar hipóteses, medir relações de causalidade e até mesmo a prevalência de fenômenos em uma população.

Para mensurar os efeitos exercidos pelas estruturas produtivas em relação ao volume de crédito para recuperação de pastagens tomado por cada mesorregião mineira dentro do Programa ABC, será empregado uma análise estatística de caráter inferencial, utilizado para verificar relações entre variáveis e o estabelecimento de associações.

Para Creswell (2014), a análise estatística se baseia na interpretação e extração de informações significativas a partir de elementos quantitativos, esse processo permite descrever as características de uma população e fazer inferências sobre os dados de uma amostra em análise.

Segundo Hair et al. (2010), o caráter inferencial da análise estatística é amplamente utilizado em diversas áreas de pesquisas, como ciências sociais, saúde e economia. Este tipo de estudo permite generalizar resultados a partir de uma amostra medindo médias, testando hipóteses e construindo intervalos de confiança.

A seguir serão explicadas as principais metodologias estatísticas utilizadas no trabalho.

## 5.1 TESTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E SPEARMAN

A investigação conjunta do comportamento de duas variáveis costuma ser feita por meio da análise de sua correlação. Entretanto, para verificar se essa correlação é estatisticamente significativa é necessário utilizar testes estatísticos, não bastando calcular o coeficiente de correlação entre elas.

Segundo Gerardi e Silva (1981), o coeficiente de correlação é baseado na distribuição normal bivariada. Quando se trabalha com distribuições não normais, a interpretação pode ser menos precisa e exigir uma maior cautela. Além disso, a suposição de normalidade é indispensável quando se pretende realizar inferências estatísticas baseadas nesse tipo de coeficiente.

Rogerson (2012) salienta que a suposição de variáveis com distribuições normais é fundamental para realização do teste de correlação de Pearson. O autor também destaca que as observações de cada variável devem ser independentes, em que um valor de X não deve influenciar nem ser influenciado por outros valores de X, e o mesmo se aplica a Y. Essa exigência é importante quando X e Y são derivados de dados espaciais, uma vez que nesse contexto a premissa de independência é violada, já que informações espaciais tendem a apresentar algum grau de dependência.

Rogerson (2012) também menciona o Teste de Correlação por Postos de Spearman, recomendando seu uso em situações em que somente as informações de ordem estão disponíveis ou quando a suposição de normalidade necessária ao teste de correlação de Pearson não é atendida.

### 5.1.1 Teste de Correlação Momento Produto de Pearson

Para duas variáveis quantitativas X e Y, o coeficiente de correlação constitui uma medida apropriada do nível de associação linear entre elas. O verdadeiro e desconhecido coeficiente de correlação populacional é definido pela equação  $\rho = \rho(X, Y) = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma(X)\sigma(Y)}$ . Apesar disso, esse parâmetro  $\rho$  pode ser aproximado por meio do coeficiente amostral  $r$ , obtido a partir de uma amostra extraída de uma população com distribuição normal bivariada (Bussab; Morettin, 2002).

Para verificar se a correlação populacional é diferente de zero, é estabelecido as hipóteses nula ( $H_0$ ) e alternativa ( $H_1$ ). Dessa forma, as hipóteses são definidas e organizadas da seguinte maneira:  $\begin{cases} H_0: \rho = 0 \\ H_1: \rho \neq 0 \end{cases}$ .

Na hipótese nula é assumido que as variáveis são independentes, implicando correlação igual a zero. Já a hipótese alternativa considera algum grau de dependência entre as variáveis, resultando em uma correlação diferente de zero. O Teste de Correlação Momento Produto de Pearson ou Teste de Correlação de Pearson, é o procedimento indicado para avaliar essas hipóteses. Esse teste utiliza a estatística  $r$  (Equação 1), cujo valor pode variar entre  $-1$  e  $1$ .

$$r = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{Var(X)}\sqrt{Var(Y)}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

Quando  $r < 0$  concluímos que a correlação entre as duas variáveis é negativa, e quando  $r > 0$  a correlação entre  $X$  e  $Y$  é positiva. Valores iguais a  $-1$  ou  $1$  representam correlação perfeita, seja negativa ou positiva. E valores de  $r = 0$  indica ausência completa de correlação. Além disso, a estatística  $r$  pode ser aproximada pela distribuição  $t$  de Student com  $n - 2$  graus de liberdade (Equação 2).

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2)$$

Vale ressaltar que o par de variáveis  $X$  e  $Y$  deve seguir uma distribuição normal bivariada. Existem testes que permitem a verificação desta suposição, e quando ela é atendida o Teste de Correlação de Pearson é o mais indicado. Se a normalidade não for confirmada, podem ser utilizados testes não paramétricos que não dependem da condição de normalidade e que também servem para situações em que  $X$  e  $Y$  não estão em escalas intervalares ou em razões ordinais. Entre esses métodos o mais utilizado é o Teste de Correlação de Spearman.

### 5.1.2 Teste de Correlação de Spearman

O Teste de Correlação de Spearman é um método não paramétrico criado por Spearman (1904), se tratando de um teste bilateral onde as hipóteses nula ( $H_0$ ) e alternativa ( $H_1$ ) são as mesmas já mencionadas. Nesse caso, a estatística é calculada usando as posições ocupadas pelos valores de cada variável quando ordenados. Assim,  $R(X_i)$  indica o posto de  $X_i$  na lista de  $X$  organizada em ordem crescente, no qual o menor valor recebe o posto 1 e o maior o posto  $n$ .



O mesmo processo é realizado para a variável  $Y$ , resultando em  $R(Y_i)$ . Na ausência de empates, a estatística do teste é dada por (Equação 3):

$$r = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n [R(X_i) - R(Y_i)]^2}{n(n^2 - 1)} \quad (3)$$

Em situações de empates nos valores de  $X_i$ , é substituído os postos individuais pela média dos postos das observações empatadas, no qual o mesmo critério deve ser adotado para os valores de  $Y_i$ . Dessa forma, para obter a estatística de Spearman na presença de empates, basta converter os dados originais em seus respectivos postos e aplicar o coeficiente de Pearson conforme apresentado pela equação 1.

Vale destacar que o coeficiente de correlação de Spearman não se limita a avaliar relações lineares entre  $X$  e  $Y$ , identificando também associações monotônicas não lineares. Quando verificada correlação e a hipótese  $H_0$  é rejeitada em favor de  $H_1$ , pode-se concluir uma das seguintes situações: 1) Valores elevados de  $X$  tendem a estar associados a valores também elevados de  $Y$ , indicando correção positiva entre as variáveis; 2) Valores pequenos de  $X$  tendem a estar associados a valores elevados de  $Y$ , indicando correção negativa entre as variáveis. O sinal dessa correlação é determinado diretamente pelo valor da estatística  $r$  apresentado na equação 3.

### 5.1.3 Testes de Normalidade

A utilização do Teste de Correlação de Pearson pressupõe que as variáveis  $X$  e  $Y$  apresentem distribuição normal, tanto de forma individual (normalidade univariada) quanto conjunta (normalidade bivariada). Para verificar se um conjunto de dados segue uma distribuição normal, aplicamos testes estatísticos específicos para essa finalidade. Entre os testes univariados destacam-se os testes de Jarque–Bera e Shapiro–Wilk, já para os multivariados podem ser empregados o Teste de Shapiro–Wilk Multivariado e o Teste de Normalidade Multivariada Baseado na Distância de Mahalanobis (Bussab; Morettin, 2002).

No procedimento destinado a verificação de normalidade, é estabelecido como hipótese nula ( $H_0$ ) o conjunto de dados que possui distribuição normal, enquanto a hipótese alternativa ( $H_a$ ) indica que os dados não seguem uma distribuição normal. Nesse sentido, quando os dados apresentam normalidade a hipótese nula não deve ser rejeitada.

Todos os testes de correlação e de normalidade presentes nesse trabalho foram realizados através do software estatístico R em sua versão 4.4.1.

## 5.2 MINAS GERAIS

A escolha de Minas Gerais como objeto de análise deste trabalho se justifica por sua relevância na tomada de crédito para recuperação de pastagens, uma vez que a unidade federativa figura como o segundo maior tomador desse tipo de financiamento no período analisado. O estado também se caracteriza por sua heterogeneidade territorial, apresentando mesorregiões com distintos perfis agropecuários e diferentes níveis de infraestrutura produtiva, o que permite uma análise comparativa mais rica das relações entre o crédito e as variáveis representativas das estruturas produtivas.

A opção pelo recorte em nível mesorregional, passa sobretudo pelas limitações dos dados associadas à escala municipal. Foi verificado anualmente uma baixa recorrência na tomada de crédito para recuperação de pastagens para a maioria dos municípios do estado, resultando em séries descontinuadas ao longo do período analisado. Também se registrou dificuldades na obtenção de dados sobre as estruturas produtivas em nível municipal, com a agregação das informações em nível mesorregional se mostrando uma alternativa metodologicamente mais adequada para mitigar problemas de ausência de dados e descontinuidade temporal, preservando a coerência da análise e garantindo maior consistência dos resultados.

O estado de Minas Gerais se localiza na região Sudeste do Brasil, reconhecido por sua expressiva extensão territorial e diversidade econômica. Com forte tradição na agropecuária, o estado é destaque nacional nas atividades de bovinocultura de corte e de leite, apresentando diferentes sistemas produtivos e níveis de desenvolvimento regional. Essa diversidade é refletida em suas mesorregiões, que agrupam municípios com características socioeconômicas e produtivas relativamente parecidas.

De modo geral, mesorregiões como o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Sul/Sudoeste de Minas se caracterizam por maior dinamismo agropecuário, maior nível de tecnificação e elevada produtividade, enquanto mesorregiões como Norte de Minas e Vale do Jequitinhonha apresentam estruturas produtivas mais extensivas e maiores restrições socioeconômicas. Outras mesorregiões como Zona da Mata e Campo das Vertentes ocupam posições intermediárias, com sistemas produtivos diversificados. A Figura 8 apresenta a divisão mesorregional do estado de Minas Gerais, permitindo melhor visualização da distribuição espacial entre as mesorregiões consideradas na análise.

Figura 8: Mesorregiões de Minas Gerais



Fonte: Bases cartográficas do IBGE.

### 5.3 FONTES DE DADOS

Os dados de crédito para recuperação de pastagens originários do Programa ABC e utilizados na fase quantitativa do estudo são provenientes do Banco Central do Brasil através do Sistema de Operações de Crédito Rural e Proagro (SICOR) e da Matriz de Dados de Crédito Rural (MDCR). Os dados abrangem informações de recursos concedidos para cada cidade mineira entre os anos de 2015 e 2022, e foram posteriormente corrigidos para valores de 2022 seguindo o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) e agrupados de acordo com cada mesorregião do estado.

Em relação as características intrínsecas de cada mesorregião mineira tais como número de estabelecimentos agropecuários, área em hectares dos estabelecimentos, número de cabeças bovinas entre outros fatores, foram obtidas através do Censo Agropecuário de 2017

disponibilizados pela plataforma SIDRA do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Sobre o número de pontos de acesso ao sistema financeiro em cada mesorregião mineira, representado pelo índice de acesso bancário, todos os dados são provenientes do II Relatório De Inclusão Financeira disponibilizado pelo Banco Central do Brasil em 2011.

No que toca ao número de cooperativas agrícolas presentes em cada mesorregião de Minas Gerais, os dados foram obtidos através do Anuário de Informações Econômicas e Sociais do Cooperativismo Mineiro de 2025, disponibilizados pelo Sistema Ocemig.

Quanto ao número de revendas agropecuárias presente em cada mesorregião mineira, os dados foram obtidos através do registro de estabelecimentos comerciais de agrotóxicos disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) em 2013.

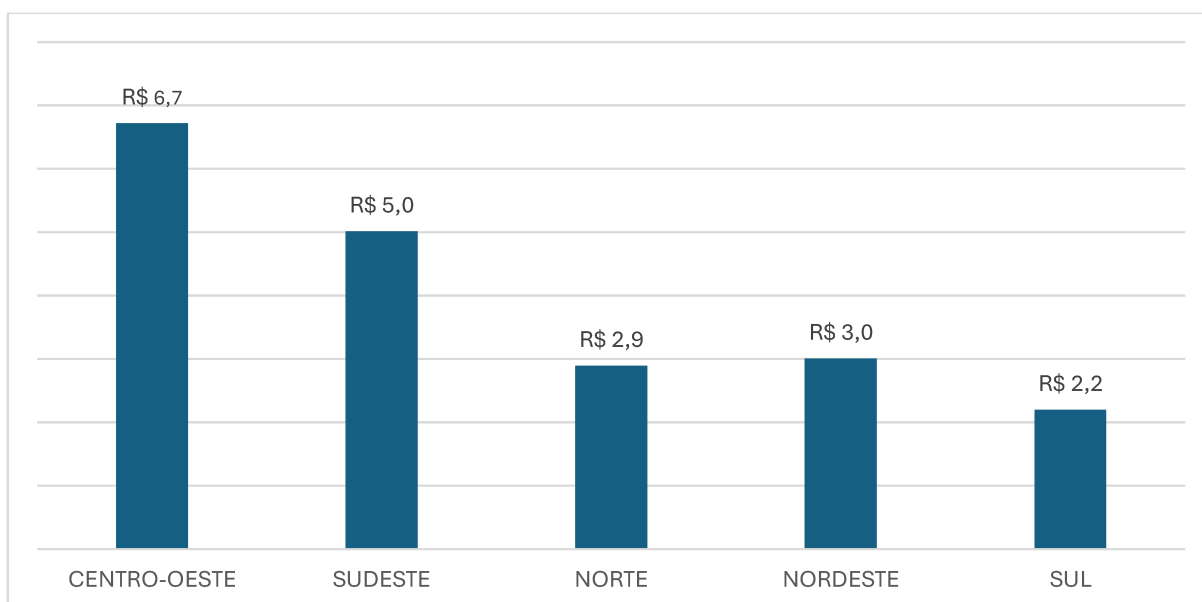
Em relação a quantidade de técnicos disponibilizados pelo estado para assistência técnica e extensão rural para cada mesorregião mineira, os dados foram fornecidos pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (Emater).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE CRÉDITO ABC PARA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS

Entre os anos de 2013 e 2023<sup>12</sup>, o Centro-Oeste foi a região brasileira que mais tomou crédito ABC, com aproximadamente R\$ 6,7 Bilhões em recursos (Gráfico 8). Na sequência vieram Sudeste, Nordeste e Norte com R\$ 5,0 Bilhões, R\$ 3,0 Bilhões e R\$ 2,9 Bilhões respectivamente. A região Sul se mostrou a que menos tomou crédito durante o período, com aproximadamente R\$ 2,2 Bilhões. É importante ressaltar que esses valores se referem exclusivamente a recursos destinados as técnicas ABC, contemplados tanto pelo Plano ABC, ABC+ e RenovAgro. Essa observação se faz necessária haja vista que no início do programa havia diferentes linhas de crédito destinadas a outros objetivos, tais como: ABC Ambiental; ABC Bioinsumos; ABC Dendê; ABC Orgânico; além de outras linhas de financiamento.

Gráfico 8 – Crédito oriundos do Programa ABC em Bilhões de R\$ tomados por cada região entre 2013 e 2023.

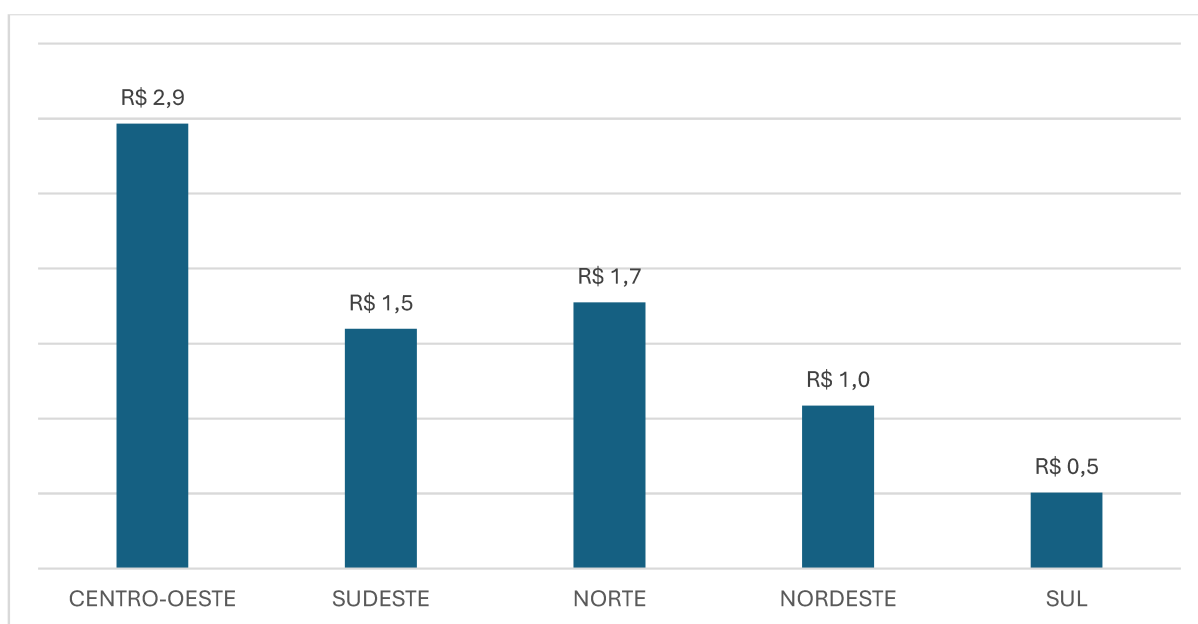


Fonte: Matriz De Dados Do Crédito Rural (MDCR) (2025)

<sup>12</sup> Apesar do Programa ABC ter se iniciado no começo da década de 2010, os dados provenientes do Sistema de Operações do Crédito Rural e Proagro – SICOR são datados a partir de 2013.

Como mencionado na quarta sessão do trabalho, a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) foi uma das técnicas beneficiadas pelo Programa ABC que mais recebeu recursos. No que toca a distribuição dos financiamentos, o Centro-Oeste também foi a região que mais tomou crédito RPD, com cerca de R\$ 2,9 Bilhões (Gráfico 9). Na sequência a região Norte toma a segunda colocação com R\$ 1,7 Bilhões seguidos de Sudeste, Nordeste e Sul com R\$ 1,5 Bilhões, R\$ 1,0 Bilhões e R\$ 0,5 Bilhões respectivamente.

Gráfico 9 – Crédito oriundos do Programa ABC destinados a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) em Bilhões de R\$ tomados por cada região entre 2013 e 2023.



Fonte: Matriz De Dados Do Crédito Rural (MDCR) (2025)

O protagonismo do Centro-Oeste na tomada de crédito para recuperação de pastagens pode ser explicado por se tratar do principal polo da pecuária brasileira, concentrando grande parte do rebanho bovino nacional e das áreas de pastagens do país. Segundo dados do IBGE (2022), a Região Centro-Oeste detinha cerca de 77,2 milhões de cabeças de gado, sendo a principal região produtora no país.

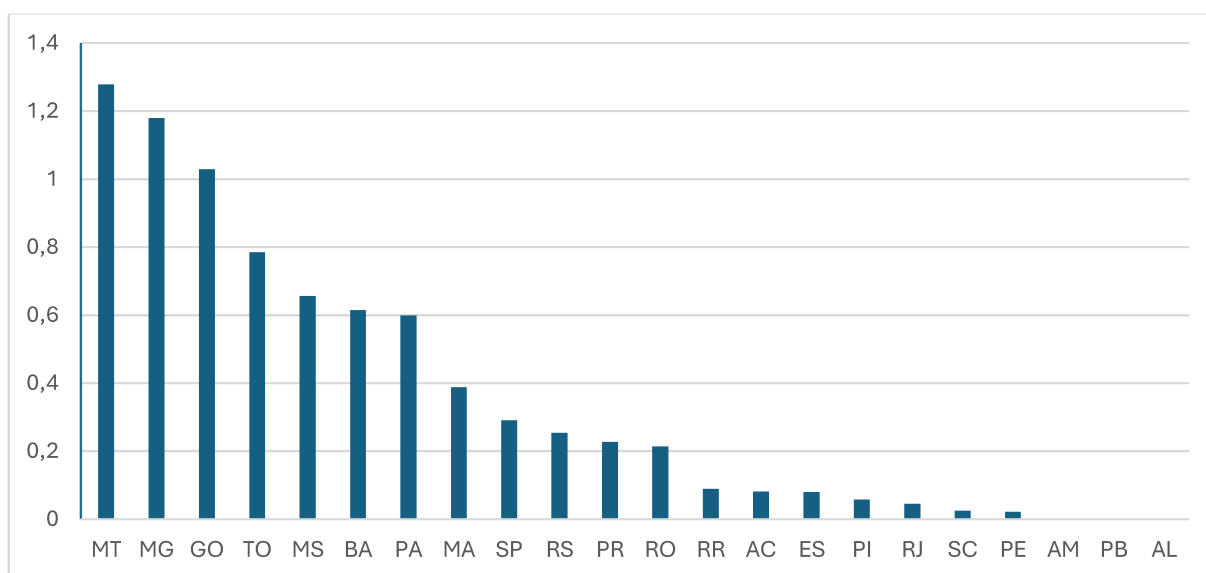
A região Norte do Brasil também tem se consolidado com a pecuária extensiva<sup>13</sup>, registrando expressivos ganhos no número de animais e tornando-se uma área estratégica para a cadeia de gado de corte, o que pode explicar o aumento da procura por crédito RPD nessa região. Segundo IBGE (2022), a região Norte alcançou um maior ritmo de crescimento do

<sup>13</sup> A pecuária extensiva utiliza grandes áreas de pastagem para criar animais soltos, com menor investimento e mão de obra menos especializada.

rebanho bovino impulsionada principalmente pelos estados do Rondônia, Pará, Tocantins e Acre. Juntos esses estados somam cerca de 52,4 milhões de cabeças, 2,7 milhões a mais que em 2019.

Quando olhamos o recorte da distribuição do crédito RPD em nível estadual, três estados despontam como os que mais tomaram recursos: Mato Grosso, Minas Gerais e Goiás, com respectivamente R\$ 1,27 Bilhões, R\$ 1,17 Bilhões e R\$ 1,02 Bilhões (Gráfico 10). Em conjunto esses estados foram responsáveis por cerca de 44% de todo o crédito concedido para recuperação de pastagens degradadas no Brasil.

Gráfico 10 – Crédito ABC destinados a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) em Bilhões de R\$ tomados por cada estado entre 2013 e 2023.



Fonte: Matriz De Dados Do Crédito Rural (MDCR) (2025)

A concentração de recursos também é verificada na esfera regional, quando analisamos o Nordeste brasileiro por exemplo, verifica-se que os estados da Bahia e Maranhão são responsáveis 92% dos recursos tomados. A região Norte também não é diferente, Tocantins e Pará respondem por 79% do crédito concedido, enquanto no Sul do país Paraná e Rio Grande do Sul respondem por 94% dos empréstimos.

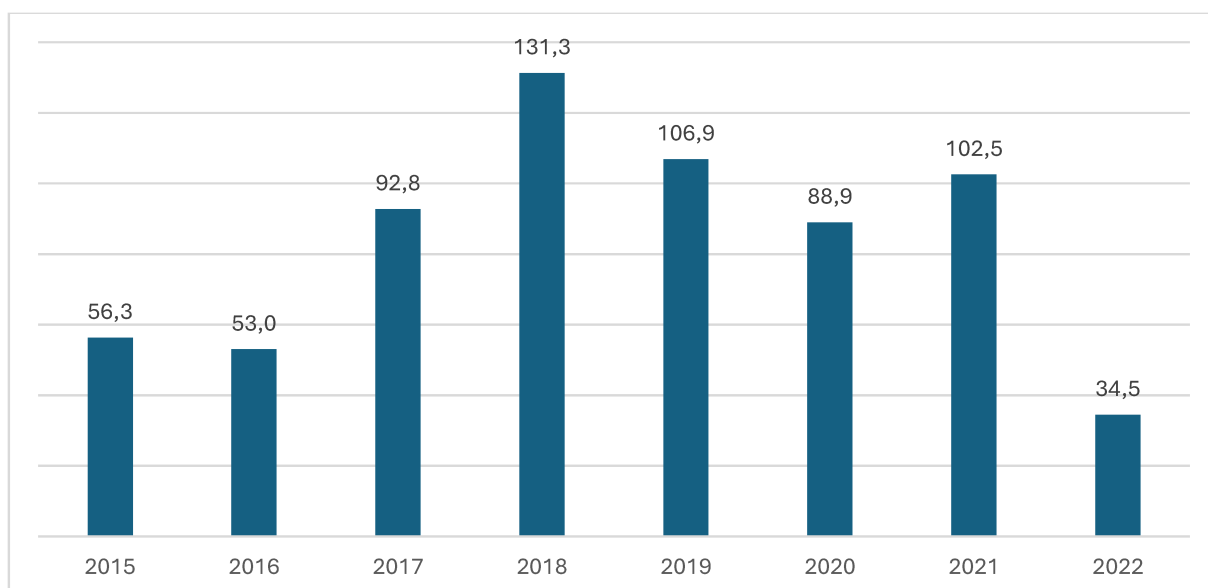
Analisando a última fronteira agrícola brasileira, o Matopiba, formalizada pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, foi concedido um montante na ordem de R\$ 1,6 Bilhões, mesmo sendo uma região onde a agricultura é a principal atividade econômica.

Apesar dos estados de Mato Grosso e Goiás reforçar a força da pecuária da região Centro-Oeste, Minas Gerais aparece em segundo lugar concentrando cerca de 73% de todo o

volume de crédito para recuperação de pastagens da região Sudeste. Segundo dados do Governo de Minas Gerais (2023), o estado possui o quarto maior rebanho bovino do país e é o maior produtor de leite, respondendo por cerca de 27% da produção nacional.

Como Minas Gerais é o objeto de estudo deste trabalho, também se analisou a contratação de crédito RPD pelo estado entre os anos de 2015 e 2022 (Gráfico 11). Foi verificado uma tendência de alta na tomada de recursos até o ano de 2018, em que se estabeleceu a máxima histórica de R\$ 131 Milhões. A partir de 2019 a tendência passa a ser de queda, registrando em 2022 um montante de R\$ 34 Milhões em empréstimos, valor 74% abaixo da máxima histórica.

Gráfico 11 – Crédito oriundos do Programa ABC destinados a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) em Milhões de R\$ tomados pelo estado de Minas Gerais entre 2015 e 2022.



Fonte: Matriz De Dados Do Crédito Rural (MDCR) (2025)

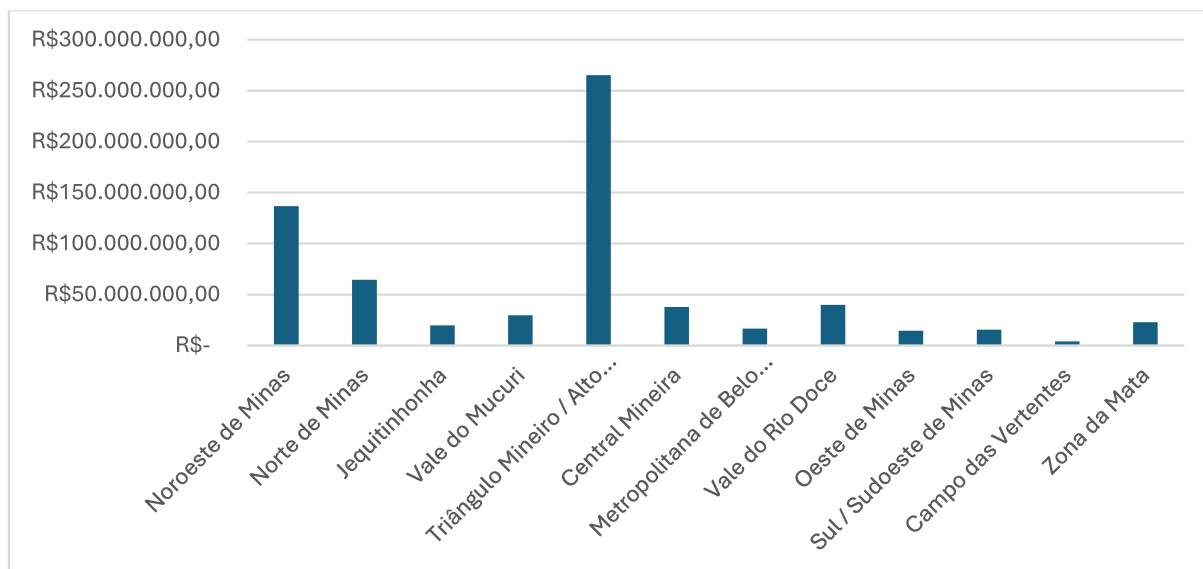
Os motivos para a queda da demanda por crédito para recuperação de pastagens em Minas Gerais são incertos, haja vista que houve um aumento dos recursos disponibilizados a partir de 2019. Nesse mesmo período houve alterações no Plano ABC que passou a ser chamado ABC+, assim como uma diminuição no diferencial de juros do programa para a taxa Selic, o que por motivos burocráticos pode ter desincentivado a contratação de novos financiamentos.

Quando analisamos a esfera mesorregional de Minas Gerais (Gráfico 12), observamos que Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba foi a mesorregião que mais tomou crédito para recuperação de pastagens, com um volume na casa de R\$ 265 Milhões. Na sequência aparecem Noroeste de Minas e Norte de Minas com R\$ 136 Milhões e R\$ 64 Milhões respectivamente.



As demais mesorregiões mineiras ficaram abaixo dos R\$ 50 Milhões em financiamentos, refletindo uma concentração de recursos também na esfera mesorregional.

Gráfico 12 – Crédito oriundos do Programa ABC destinados a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) por mesorregião mineira entre 2015 e 2022.

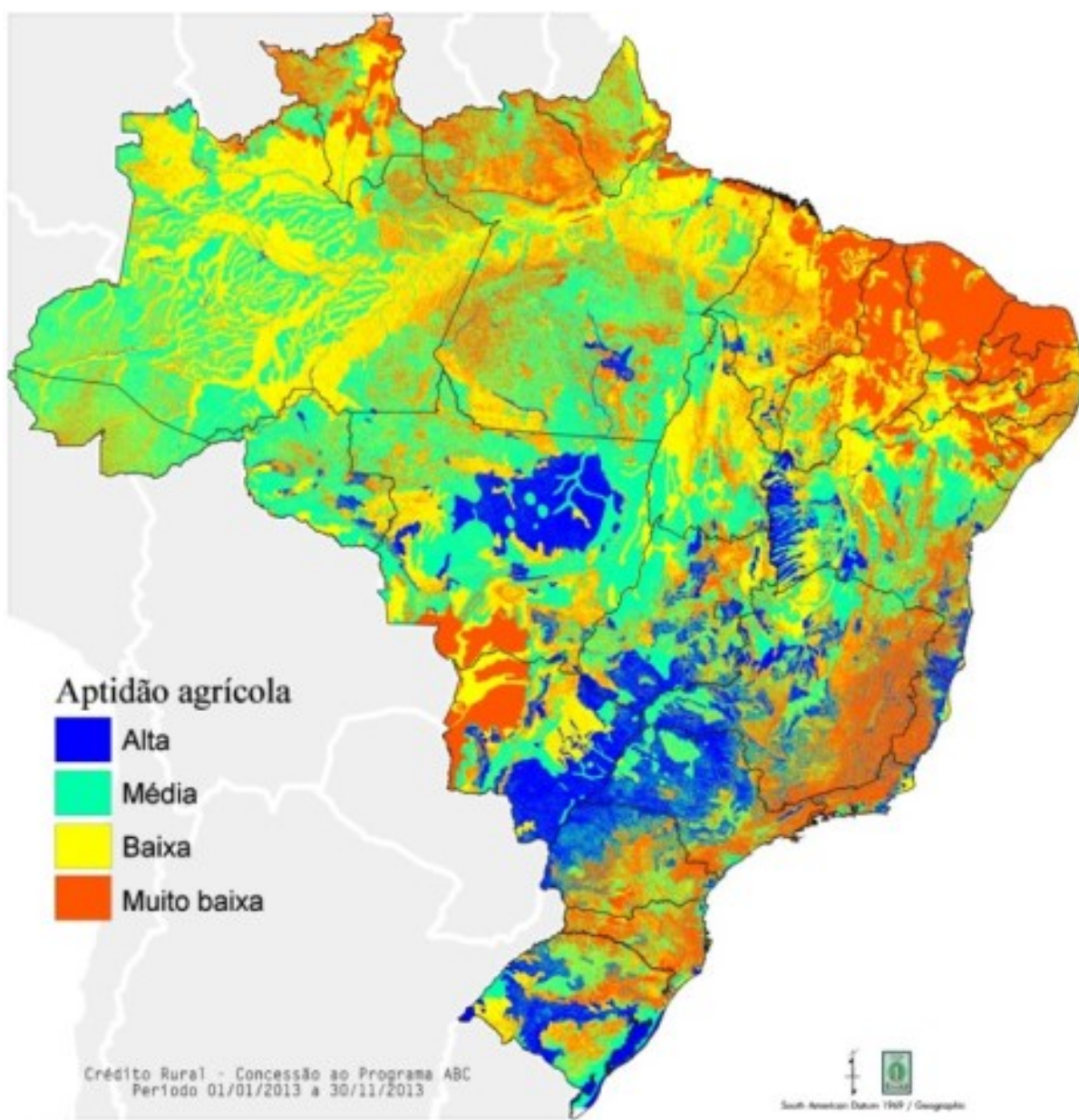


Fonte: Matriz De Dados Do Crédito Rural (MDCR) (2025)

A concentração de crédito por parte de certos estados/regiões não é algo incomum, e antes de qualquer análise a respeito de como se dá a distribuição de crédito ABC, é sempre importante destacar as diferenças territoriais e econômicas entre as regiões do país. Fornazier e Vieira Filho (2012) destacam as desigualdades de clima, qualidade de solos e de arranjos produtivos. Para os autores essas diferenças regionais resultam também em desigualdades na distribuição de recursos, crescimento da produtividade agrícola e desenvolvimento econômico.

Em estudo de Leal (2016), foram encontradas evidências de uma correlação entre recursos oriundos do Programa ABC e produção agropecuária em nível estadual. Os resultados do trabalho indicam que a maior parte do crédito é destinada a estados cuja agropecuária já está consolidada. Gianetti e Ferreira (2020) através da quantificação do potencial agrícola dos municípios brasileiros, desenvolveram uma variável de aptidão agrícola que representa uma *proxy* do potencial de mitigação de GEEs do Programa ABC em cada município (Figura 9).

Figura 9 – Aptidão agrícola dos municípios em que estão sendo aplicados os recursos do Programa ABC.



Fonte: Gianetti; Ferreira (2020)

Para Sparovek, (2015), a aptidão agrícola é definida como uma variável que correlaciona fertilidade do solo, relevo e vocação climática. O autor ainda destaca que a aptidão agrícola reflete as condições existentes em cada região para o cultivo de culturas sem a utilização de irrigação. Barros (2017) enfatiza que as regiões de predominância de baixa aptidão agrícola são também aquelas onde o custo para se recuperar pastagens e exercer a agricultura são mais custosas e difíceis. O autor complementa ressaltando que essas regiões podem

apresentar um cenário de degradação mais acentuado, exigindo maiores volumes de insumos para recuperação e preparação do solo.

Como observado através da Figura 9, tanto o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba quanto as mesorregiões Noroeste e Norte de Minas Gerais estão situados em áreas de alta e média aptidão agrícola. Juntos essas três mesorregiões são responsáveis por cerca de 70% dos recursos tomados pelo estado. O protagonismo destas regiões na aquisição de crédito rural não é em vão, de acordo com o Governo de Minas Gerais (2023) há uma forte presença da pecuária extensiva e bovinocultura nessas localidades, o que gera grande demanda por pastagens e um risco maior de degradação se não forem bem manejadas.

## **6.2 ANÁLISE DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS**

Antes de mensurar as possíveis correlações entre as estruturas produtivas, o crédito para recuperação de pastagens e os níveis de produtividade no âmbito mesorregional, será realizada uma análise descritiva das variáveis. A interpretação dos dados previamente a realização dos testes de correlação através de análise descritiva nos ajuda a melhor compreender a atuação de cada variável. Esse diagnóstico é importante para o auxílio da interpretação dos resultados da metodologia de Pearson e Spearman que será realizada na sequência, ajudando a identificar as relações entre as variáveis de maneira mais objetiva.

A Tabela 6 ilustra as variáveis selecionadas para realização dos testes de correlação, no qual em negrito se encontram os resultados que estão acima da média do estado. As colunas de 2 a 4 representam as variáveis ligadas as características da agropecuária das mesorregiões, enquanto as colunas de 6 a 9 retratam as variáveis ligadas as estruturas produtivas. As colunas 1 e 5 representam respectivamente a média de crédito para recuperação de pastagens tomado por propriedade e o número médio de animais por hectare de cada mesorregião.

Tabela 6: Variáveis representativas das características agropecuárias e das estruturas produtivas de cada mesorregião mineira.

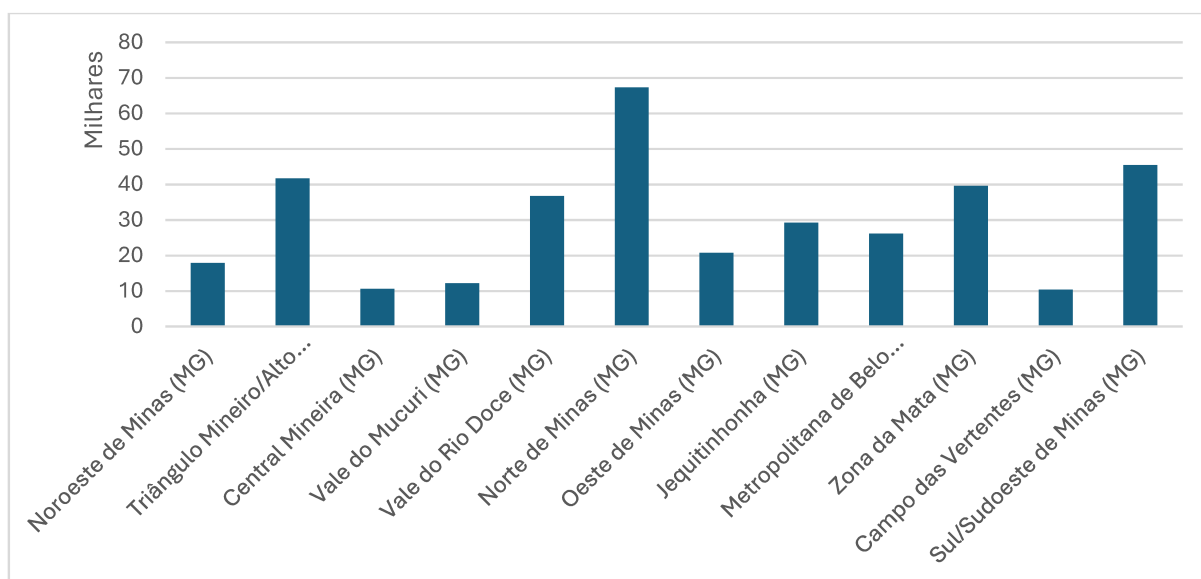
|       | 1<br>Méd.<br>Crédito<br>RPD / nº<br>Est. | 2<br>Part.<br>Est.<br>Pecuária | 3<br>Tam.<br>Méd.<br>dos Est.<br>Pecuária | 4<br>Part.<br>PIB<br>Agro | 5<br>nº<br>Animais /<br>Hectare | 6<br>Índ.<br>Ace.<br>Bancário | 7<br>nº<br>Rev.<br>p/100<br>0 Est. | 8<br>nº<br>Téc.<br>p/100<br>0 Est. | 9<br>nº<br>Coop.<br>p/100<br>0 Est. |
|-------|------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| NO    | <b>R\$ 953,64</b>                        | <b>81%</b>                     | <b>141</b>                                | <b>31%</b>                | 0,6                             | 0,75                          | <b>3,6</b>                         | 1,5                                | 0,6                                 |
| TMAP  | <b>R\$ 795,58</b>                        | <b>75%</b>                     | <b>97</b>                                 | <b>15%</b>                | <b>1,2</b>                      | <b>1,05</b>                   | <b>9,1</b>                         | 2,1                                | <b>0,9</b>                          |
| CM    | <b>R\$ 444,52</b>                        | <b>80%</b>                     | <b>135</b>                                | <b>18%</b>                | 0,8                             | <b>0,94</b>                   | 2,2                                | <b>3,0</b>                         | <b>1,6</b>                          |
| VM    | <b>R\$ 303,96</b>                        | 62%                            | <b>119</b>                                | 12%                       | 0,6                             | 0,76                          | 0,9                                | 2,5                                | 0,2                                 |
| VRD   | R\$ 135,67                               | 62%                            | 67                                        | 6%                        | 0,7                             | 0,86                          | 1,4                                | 2,7                                | 0,2                                 |
| N     | R\$119,33                                | <b>67%</b>                     | 74                                        | <b>14%</b>                | 0,4                             | 0,58                          | 1,2                                | 2,4                                | 0,1                                 |
| O     | R\$ 86,50                                | <b>69%</b>                     | 52                                        | 11%                       | <b>1,1</b>                      | <b>0,98</b>                   | 3,1                                | 2,0                                | <b>0,8</b>                          |
| JQT   | R\$ 83,86                                | 56%                            | 67                                        | <b>16%</b>                | 0,5                             | 0,55                          | 0,9                                | 2,1                                | 0,0                                 |
| MBH   | R\$ 78,83                                | <b>65%</b>                     | 50                                        | 1%                        | 0,8                             | <b>1,17</b>                   | <b>3,9</b>                         | <b>4,5</b>                         | <b>1,1</b>                          |
| ZM    | R\$ 72,64                                | 44%                            | 42                                        | 8%                        | 0,9                             | <b>1,04</b>                   | 2,5                                | <b>4,1</b>                         | 0,6                                 |
| CV    | R\$ 49,62                                | 64%                            | 43                                        | 10%                       | <b>1,0</b>                      | <b>1,03</b>                   | <b>3,4</b>                         | <b>3,6</b>                         | 0,1                                 |
| SSD   | R\$ 41,93                                | 43%                            | 33                                        | 12%                       | <b>1,6</b>                      | <b>1,05</b>                   | <b>7,0</b>                         | <b>3,0</b>                         | <b>1,0</b>                          |
| MÉDIA | R\$ 263,84                               | 64%                            | 77                                        | 13%                       | 0,9                             | 0,90                          | 3,2                                | 2,8                                | 0,6                                 |

Fonte: Elaboração própria. Noroeste de Minas (NO); Triângulo Mineiro/Alto Parnaíba (TMAP); Central Mineira (CM); Vale do Mucuri (VM); Vale do Rio Doce (VRD); Norte de Minas (N); Oeste de Minas (O); Jequitinhonha (JQT); Metropolitana de Belo Horizonte (MBH); Zona da Mata (ZM); Campo das Vertentes (CV); Sul/Sudoeste de Minas (SSD).

A primeira variável representa a média de crédito para recuperação de pastagens tomado por cada mesorregião entre os anos de 2015 e 2022, e está ponderada pelo número de estabelecimentos rurais que exercem a atividade pecuarista (Coluna 1). Nesse caso, esta variável representa o volume médio de crédito RPD por propriedade. A ponderação pelo número de estabelecimentos rurais visa equilibrar o montante de crédito com a quantidade de propriedades, uma vez que mesorregiões de maior extensão territorial e maior número de pecuaristas tende a tomar também uma maior quantidade de recursos.

Ao contrário do total de recursos tomado por cada mesorregião (Gráfico 13), quando analisamos a média ponderada pelo número de propriedades, observamos que o Noroeste de Minas (NO) foi quem mais tomou financiamentos. Enquanto Triângulo Mineiro/Alto Parnaíba (TMAP) e Norte de Minas (N) perdem posições, pois nessas localidades o número de estabelecimentos ligados a atividade pecuarista é mais elevado (Gráfico 13).

Gráfico 13 – Número de estabelecimentos ligados a atividade pecuarista por mesorregião mineira.



Fonte: Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE) (2017).

Observa-se também que a média de crédito RPD por propriedade no estado foi de R\$ 263,84, onde quatro mesorregiões ficaram acima deste montante, sendo Noroeste de Minas (NO), Triângulo Mineiro/Alto Parnaíba (TMAP), Central Mineira (CM) e Vale do Mucuri (CM). Cabe destacar que a mesorregião Sul/Sudoeste de Minas (SSD) foi a que menos tomou crédito em média, ao mesmo tempo em que detém o segundo maior número de estabelecimentos pecuaristas.

A segunda variável retrata a representatividade da pecuária frente a agricultura na composição das propriedades rurais (Coluna 2). Nesse caso, verifica-se que em média 64% dos estabelecimentos rurais do estado é composto por propriedades voltadas a pecuária. A maior representação da pecuária em relação a agricultura pode ser explicada pelo fato de as propriedades voltadas a criação de animais ser menores e em maior número, assim como fatores históricos do estado como tradição na produção de leite e confecção de queijos.

Pode-se observar que as mesorregiões com maior representatividade da atividade pecuarista foram as que mais tomaram crédito para recuperar pastagens. O Noroeste de Minas (NO) aparece novamente com 81% de suas propriedades voltadas a pecuária, seguidos de Triângulo Mineiro/Alto Parnaíba (TMAP) e Central Mineira (CM) com uma representatividade de 75% e 80% respectivamente.

Essa possível correlação positiva nos indica que mesorregiões com predominância da pecuária tende a tomar mais crédito RPD. Nesse sentido, seis mesorregiões registraram uma representatividade da pecuária acima da média do estado, onde somente Sul/Sudoeste de Minas (SSD) e Zona da Mata (ZM) obtiveram mais propriedades ligadas a agricultura.

A terceira variável é representada pelo tamanho médio dos estabelecimentos ligados a pecuária (Coluna 3). Aqui observamos o tamanho médio em hectares das propriedades de cada mesorregião, na qual a média do estado ficou na casa de 77 hectares por propriedade rural. Observa-se que as mesorregiões com maior média de área foram também as que mais tomaram recursos para recuperação de pastagens, evidenciando novamente uma possível correlação positiva entre a escala produtiva e o acesso aos recursos.

O Noroeste de Minas (NO), além de ser a mesorregião que mais tomou crédito em média, é também a localidade com maior média em área, com cerca de 141 hectares por propriedade. Na ponta oposta, o Sul/Sudoeste de Minas (SSD) aparece com uma média de 33 hectares por propriedade, que além de ser a menor média de área entre todas as regiões, também foi a que menos tomou recursos para recuperação de pastagens.

A quarta variável se trata da participação do PIB agrícola na composição do PIB total de cada mesorregião (Coluna 4), no qual é possível observar que as mesorregiões de maior participação do PIB agropecuário foram também as que mais tomaram crédito RPD. Em média o estado ficou com uma participação do PIB Agrícola na casa dos 13%, no qual cinco mesorregiões obtiveram resultados acima da média, com o Noroeste de Minas (NO) liderando novamente nesse quesito.

A análise descritiva até o momento nos sugere que as características da agropecuária de cada mesorregião como a participação da pecuária, tamanho médio em hectares e participação do PIB agrícola estejam positivamente correlacionadas com o volume de crédito para recuperação de pastagens. Esses resultados indicam que mesorregiões com uma característica agrária mais voltada a atividade pecuarista tenham tomado ao longo do tempo mais crédito RPD em média.

A quinta variável se trata de uma *proxy* de produtividade, em que se observa o número médio de cabeças bovinas por hectare em cada mesorregião (Coluna 5). A quantidade de animais por área nos mostra o diferencial de produtividade e a tecnologia utilizada entre as

mesorregiões. Localidades onde há um maior número de cabeças por hectare demonstram uma maior capacidade de manejo de pastagens ou a presença de uma pecuária mais intensiva<sup>14</sup>.

Nesse caso, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2018), a média de unidades de animais por hectare (UA/ha) para uma pastagem padrão varia em torno de 0,4 UA/ha (medida padrão que corresponde a um animal de 450 kg), enquanto uma pastagem recuperada este índice pode chegar além de 1,0 UA/há.

Assim sendo, observa-se que a mesorregião mais produtiva do estado foi aquela que menos tomou crédito para recuperação de pastagens. O Sul/Sudoeste de Minas (SSD) lidera no quesito produtividade com 1,6 cabeças por hectare, seguidos do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (TMAP) com 1,2 cabeças e Oeste de Minas (O) com 1,1 cabeças. O Sul/Sudoeste de Minas (SSD) apesar de possuir o menor tamanho médio entre as propriedades ligadas a atividade pecuarista, apresentou o segundo maior rebanho do estado e mais que o dobro de produtividade que o Noroeste de Minas (NO).

As variáveis a serem analisadas na sequência estão mais atreladas a estrutura produtiva de cada mesorregião, em que se verifica se o acesso a bancos, revendas, cooperativas agrícolas e assistência técnica estadual (Emater) possuem alguma correlação com o volume de crédito tomado para recuperar pastagens.

A sexta variável se refere ao índice de acesso bancário, um indicador que reflete o alcance ao sistema financeiro em cada mesorregião (Coluna 6). Quando o índice é maior que 1, significa que o número de pontos de acesso bancário existentes em determinada mesorregião é maior que em Minas Gerais considerando sua população, ou seja, o número de pontos de acesso por habitante é maior que a média do estado.

Nesse quesito, 0,90 foi a média do índice de acesso bancário registrada para o estado de Minas Gerais, onde a mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte (MBH) obteve 1,17 de índice, o maior entre todo o estado. Entretanto, podemos tratar a MBH como outlier nesta análise, haja vista que possui a maior população entre todas as mesorregiões. Sul/Sudoeste de Minas (S/SD) e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (TM/AP) aparecem na segunda colocação com 1,05 de índice, enquanto Jequitinhonha (JQT) e Norte de Minas (N) registram os piores resultados, marcando 0,55 e 0,58 respectivamente.

---

<sup>14</sup> A pecuária intensiva é um sistema de criação de animais que utiliza alta tecnologia, manejo controlado e grande investimento em insumos e infraestrutura. Os animais recebem rações industrializadas, silagem e suplementos, em vez de depender apenas do pasto natural.

Uma observação interessante a se fazer, é que exceto o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (TMAP), todas as mesorregiões que obtiveram um índice acima de 1 foram também as que menos tomaram crédito para recuperar pastagens. A princípio, uma das nossas hipóteses iniciais era de que o maior acesso a instituições financeiras estaria positivamente correlacionado com a maior tomada de recursos, o que não foi observado.

A sétima variável diz respeito ao número de revendas agrícolas para cada mil estabelecimentos voltados a atividade pecuarista (Coluna 7). Assim, verificou-se que em média o estado possui cerca de 3,2 revendas para cada mil propriedades rurais. O destaque em especial vai para as mesorregiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (TMAP) e Sul/Sudoeste de Minas (SSD) que registraram um número de revendas muito acima da média, com 9,1 para a primeira e 7 revendas para a segunda.

É importante ressaltar que o número de revendas agrícolas nos indica a presença de financiamento e assistência técnica privada, no qual a compra de insumos em muitas das vezes é acompanhada por assessoramento de um profissional especializado, seja médico veterinário ou engenheiro agrônomo. Nesse sentido, as mesorregiões do Vale do Mucuri (VM) e Jequitinhonha (JQT) são as que menos possuem revendas, somando conjuntamente um número de 0,9 para cada mil propriedades rurais.

A oitava variável nos indica o número de técnicos da Emater para cada mil estabelecimentos voltados a atividade pecuarista (Coluna 8). Neste caso, o estado obteve uma média de 2,8 técnicos para cada mil propriedades rurais, sem muitas disparidades entre as mesorregiões. Observa-se também que quatro das cinco mesorregiões que registraram números acima da média foram igualmente as que menos tomaram crédito para recuperação de pastagens.

A quantidade de técnicos da Emater presente em cada mesorregião estaria associada a existência de assistência técnica e extensão rural disponibilizados pelo estado, onde os técnicos atuariam em conjunto aos produtores rurais, orientando-os em boas práticas agrícolas e na utilização correta dos insumos. Entretanto, nos últimos anos as agências de extensão rural, como a EMATER, vêm passando por um processo de sucateamento, seja pela redução do quadro de profissionais ou pela falta de investimentos em infraestrutura e recursos operacionais. Esse cenário tem comprometido a capacidade de atendimento da Emater e limitado o acesso dos agricultores às orientações técnicas e aos programas de extensão. O Noroeste de Minas (NO) apesar de ser quem mais tomou crédito por propriedade, contabilizou apenas 1,5 técnicos, sendo



a mesorregião com menor presença da Emater e a única com um número abaixo de dois técnicos.

A nona variável nos indica a quantidade de cooperativas agrícolas presentes em cada mesorregião para cada mil estabelecimentos voltados a atividade pecuarista (Coluna 9). Nesse quesito, registra-se uma média de 0,6 cooperativas agrícolas para cada mil propriedades rurais do estado. Cinco mesorregiões apresentaram um número acima da média do estado, com Central Mineira (CM) e Metropolitana de Belo Horizonte (MBH) liderando com 1,6 e 1,1 cooperativas respectivamente.

O número de cooperativas agrícolas estaria associado a existência de organização coletiva entre os produtores rurais. A presença de cooperativas pode diminuir o custo do acesso a crédito e insumos, além de possibilitar a comercialização conjunta da produção e a aquisição de tecnologia. Por meio das cooperativas os produtores adquirem maior poder de negociação e redução dos custos de produção. Além disso, as grandes cooperativas também promovem capacitações técnicas e práticas sustentáveis, contribuindo para o desenvolvimento da mesorregião e o fortalecimento da atividade agropecuária.

Quando analisamos a estrutura produtiva das mesorregiões, observamos a priori que fatores como acesso bancário, revendas agrícolas e técnicos da Emater não estão correlacionados com tomada de crédito para recuperação de pastagens. Ao contrário do que assumimos como hipótese inicial, observa-se que as mesorregiões que registraram números acima da média nesses quesitos não foram as que mais tomaram recursos.

### **6.3 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E SPEARMAN**

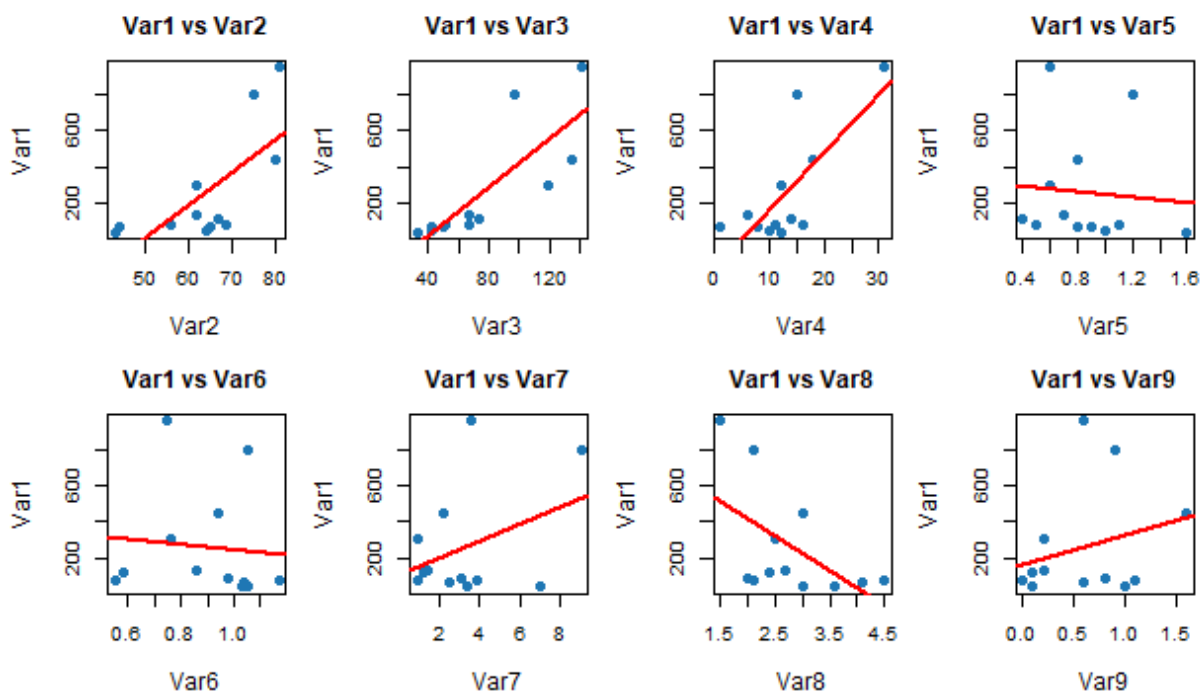
Para os testes de correlação, foi analisado o conjunto das variáveis presentes na Tabela 6, totalizando 9 variáveis e 12 observações. Como o objetivo do trabalho é tentar compreender de forma exploratória o grau de correlação entre as estruturas produtivas e a contratação de crédito, assim como o perfil das propriedades que acessaram esses recursos e seus níveis de produtividade, e não propriamente as relações de causa e efeito, a utilização de correlação é metodologicamente mais prudente, apesar de que amostras muito pequenas tende a deixar as correlações instáveis.

É importante esclarecer que a metodologia de correlação não garante que o comportamento de uma variável seja explicado pela outra, nem exclui a possibilidade de uma terceira variável externa exercer maior influência sobre a relação analisada. Reconhecer essas limitações é essencial para compreender o estudo, que complementa através revisão teórica e análise econômica as justificativas para os resultados encontrados.

Considerando as características da base de dados utilizada, houve a opção pela não aplicação de procedimentos formais de identificação e tratamento de *outliers*. A amostra é composta por apenas 12 observações, cada uma representando uma mesorregião do estado de Minas Gerais, de modo que cada unidade possui alta relevância para a análise. Nesse contexto, a exclusão ou ajuste de observações classificadas como outliers implicaria na retirada de uma mesorregião inteira da análise, comprometendo a representatividade territorial e os resultados do estudo. Assim, valores extremos não foram interpretados como erros de mensuração, mas como reflexo das diferenças estruturais entre as mesorregiões, constituindo justamente um dos principais objetivos da investigação.

Inicialmente, se verificou a correlação entre o crédito para recuperação de pastagens (Variável 1), com todas as demais variáveis através de gráficos de dispersão (Gráfico 14). Os gráficos ao representar cada par de valores em um sistema de coordenadas, auxiliam a análise permitindo a visualização da relação entre as variáveis e a identificação de padrões e tendências. Além disso, a localização dos pontos sugere também a direção e a intensidade da correlação, seja ela positiva, negativa ou inexistente.

Gráfico 14 – Gráfico de dispersão entre o crédito para recuperação de pastagens (Variável 1) e as demais variáveis.



Fonte: Elaboração própria através do software R.

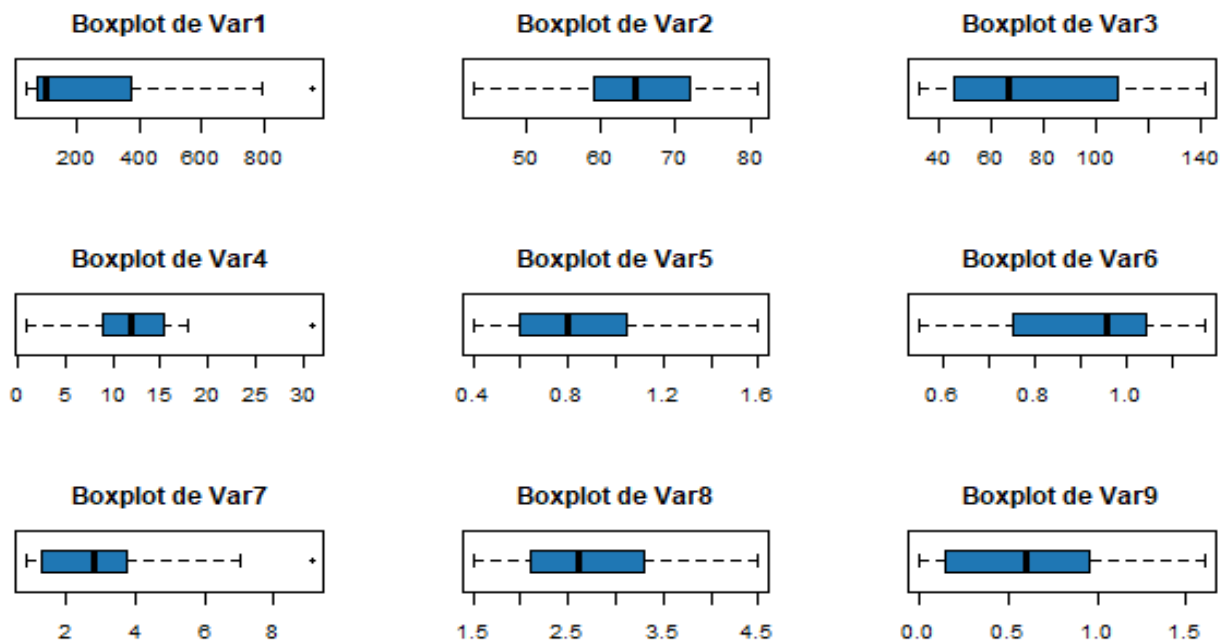
Em um primeiro momento, observando os gráficos no qual as variáveis apresentaram um melhor alinhamento, notamos que o crédito (Variável 1) aparenta estar positivamente correlacionado com a representatividade da pecuária (Variável 2), tamanho médio das propriedades (Variável 3), participação do PIB agropecuário (Variável 4) e número de vendas (Variável 7). Notamos também uma possível correlação negativa com a quantidade de técnicos da Emater (Variável 8), enquanto as demais variáveis não apresentaram um alinhamento tão robusto entre os pares.

Os resultados encontrados nos gráficos de dispersão vão de encontro com o observado na análise descritiva, onde as mesorregiões com característica agrária mais voltada a atividade pecuarista foram também as que tomaram um maior volume de recursos. Entretanto, para verificar se as correlações apresentam significância estatística é preciso realizar testes de correlação. Antes de rodar os testes, é importante avaliar se cada variável atende ao critério de normalidade em sua distribuição.

Para analisar a normalidade das variáveis verificamos inicialmente os gráficos de Boxplot (Gráfico 15), permitindo a visualização da distribuição dos dados e a identificação de características de simetria ou assimetria. Embora esta abordagem forneça uma primeira

indicação visual sobre a simetria e a concentração dos dados, o boxplot não permite confirmar a normalidade, uma vez que não apresenta o formato completo da distribuição nem as características detalhadas das caudas.

Gráfico 15 – Gráficos de Boxplot.



Fonte: Elaboração própria através do software R.

Analisando os gráficos de Boxplot, verifica-se que nenhuma das variáveis apresenta uma simetria perfeita em sua distribuição, onde as caixas apresentaram proporções internas desiguais quando comparadas as suas linhas centrais (mediana). Podemos observar que as variáveis 1, 4 e 7 apresentaram presenças de outliers, enquanto as variáveis 2, 5 e 8 foram as que apresentaram medianas mais ao centro. Nesse caso, a análise visual não permite auferir normalidade para nenhuma variável, para garantir a verificação será empregado o Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk (Tabela 7).

Tabela 7: Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk, considerando 5% de significância.

| Variável    | W             | p_valor       | Normalidade |
|-------------|---------------|---------------|-------------|
| <b>Var1</b> | <b>0,7239</b> | <b>0,0014</b> | <b>NÃO</b>  |
| Var2        | 0,9344        | 0,4299        | SIM         |
| Var3        | 0,8887        | 0,1134        | SIM         |
| Var4        | 0,9162        | 0,2564        | SIM         |
| Var5        | 0,9487        | 0,6191        | SIM         |
| Var6        | 0,9138        | 0,2388        | SIM         |
| <b>Var7</b> | <b>0,8411</b> | <b>0,0285</b> | <b>NÃO</b>  |
| Var8        | 0,9462        | 0,5834        | SIM         |
| Var9        | 0,9250        | 0,3303        | SIM         |

Fonte: Elaboração própria através do software R.

Analisando os resultados do Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk e considerando um nível de significância de 5%, observamos que o crédito para recuperação de pastagens (Variável 1) e o número de revendas agrícolas (Variável 7) não apresentaram normalidade em sua distribuição, enquanto as demais variáveis apresentaram normalidade. Como duas variáveis não apresentaram normalidade, não é indicado a aplicação do Teste de Correlação de Pearson, que se utiliza de tal pressuposto em sua composição. Nesse caso, na falta de normalidade entre as variáveis, aplicaremos o Teste de Correlação de Spearman apresentado na sessão 5.1.2 da metodologia.

A escolha do coeficiente de correlação de Spearman em detrimento de Pearson, também é fundamentado nas características da base de dados e nas limitações impostas pela amostragem do trabalho. Como a amostra é composta por apenas 12 observações, o poder estatístico dos testes e a robustez dos procedimentos paramétricos é reduzido. Na mesma linha, a análise por gráficos de *boxplots* indicou distribuições assimétricas, enquanto os testes de normalidade evidenciaram que ao menos duas das variáveis analisadas não seguem distribuição normal, violando pressupostos para aplicação do Teste de Correlação de Pearson. Nesse contexto, o coeficiente de Spearman é mais adequado por se tratar de uma medida não paramétrica, baseada na ordenação dos dados e menos sensível a assimetrias e a valores extremos. Além disso, pelos dados se tratar de mesorregiões distribuídas geograficamente, existe uma certa dependência espacial entre as observações, o que pode comprometer a hipótese de independência exigida por testes como o de Pearson. Embora o coeficiente de Spearman não elimine os efeitos da dependência espacial, sua aplicação é mais compatível com a análise exploratória do estudo e com as restrições impostas pelo baixo número de observações, devendo os resultados ser interpretados como associações e não como relações causais.

Vale lembrar que o Teste de Correlação de Spearman substitui os dados originais por postos, ordenados de forma crescente quando calculado a estatística  $r$  da equação 1 na sessão 5.1.1 da metodologia. Os resultados dos Testes de Correlação de Spearman estão estruturados de acordo com a Tabela 8, no qual a segunda coluna retrata a correlação estimada pelo teste, enquanto a terceira coluna indica o p-valor do teste. Os valores em negrito representam as correlações estatisticamente significativas ao nível de 5%, com os valores em vermelho indicando correlação negativa, enquanto os valores em verde indicam correlação positiva.

Tabela 8: Teste de Correlação de Spearman entre o crédito para recuperação de pastagens (Variável 1) e as demais variáveis, considerando 5% de significância.

| Variável    | Correlação    | p_valor       | Significativa |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Var2</b> | <b>0,739</b>  | <b>0,0060</b> | <b>SIM</b>    |
| <b>Var3</b> | <b>0,9492</b> | <b>0,0000</b> | <b>SIM</b>    |
| <b>Var4</b> | <b>0,5884</b> | <b>0,0441</b> | <b>SIM</b>    |
| Var5        | -0,3543       | 0,2583        | NÃO           |
| Var6        | -0,3993       | 0,1984        | NÃO           |
| Var7        | -0,112        | 0,7287        | NÃO           |
| <b>Var8</b> | <b>-0,614</b> | <b>0,0336</b> | <b>SIM</b>    |
| Var9        | 0,1089        | 0,7360        | NÃO           |

Fonte: Elaboração própria através do software R.

Assim como observado nos gráficos de dispersão, a representatividade da pecuária (Variável 2), o tamanho médio das propriedades (Variável 3) e a participação do PIB agropecuário (Variável 4) apresentaram correlação positiva e estatisticamente significativa com o crédito para recuperação de pastagens (Variável 1). As duas primeiras registraram índices de correlação acima de 70%, evidenciando que as mesorregiões que tomaram mais crédito, foram também aquelas no qual a atividade agrícola é mais voltada a pecuária, ou seja, localidades com predominância de pecuaristas, propriedades maiores e de maior participação do PIB agropecuário.

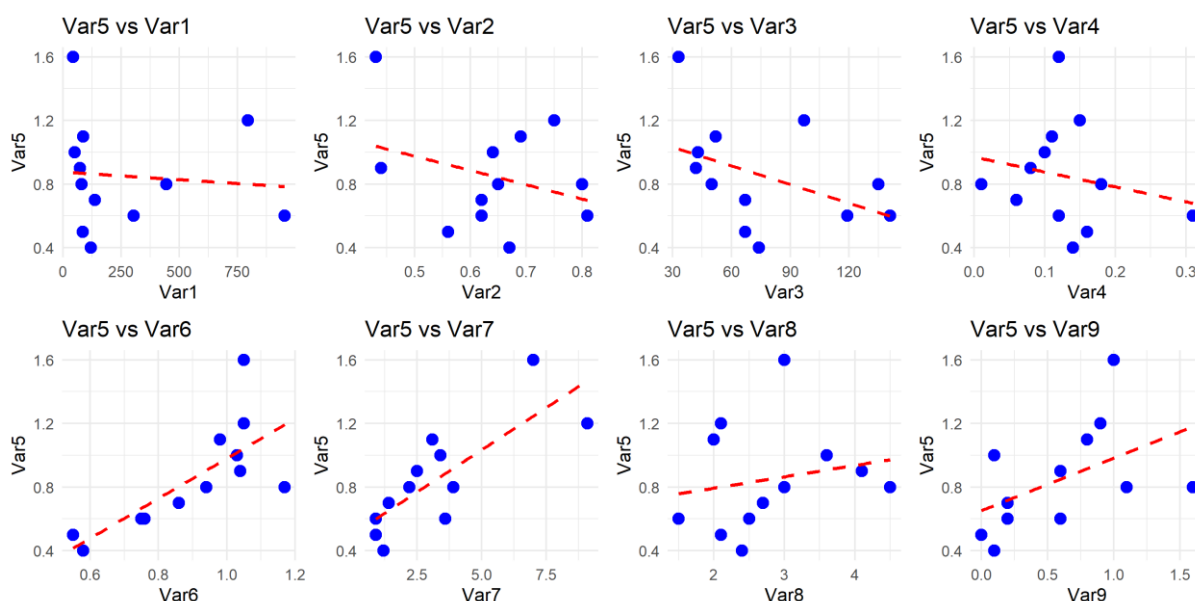
Apresentando também uma alta correlação e significância estatística, porém na direção oposta, a quantidade de técnicos da Emater (Variável 8) se mostrou negativamente correlacionado com o crédito (Variável 1), obtendo um índice de correlação de - 61%. Nesse caso, as mesorregiões com maior presença da Emater foram em média as que menos tomaram recursos para recuperar pastagens. Olhando para o acesso bancário (Variável 6) e o número de vendas (Variável 7), apesar não apresentarem significância, o conjunto também demonstrou estar negativamente correlacionado com o crédito, reforçando uma não associação entre

mesorregiões com estrutura produtiva mais consolidadas e a tomada de financiamentos para recuperar pastagens.

O número de cooperativas agrícolas (Variável 9) também demonstrou baixa correlação com o crédito, registrando um coeficiente positivo, porém insignificante. Já o nível de produtividade (Variável 5), apesar de registrar um coeficiente baixo e negativo, do mesmo modo não apresentou significância estatística, demonstrando igualmente não haver correlação com os recursos para recuperação de pastagens.

Apesar dos resultados não colaborar com a primeira hipótese de pesquisa, onde mesorregiões estruturalmente mais consolidadas teriam acessado mais crédito, vamos testar a correlação destas mesmas estruturas com os níveis de produtividade observados em cada mesorregião. Para isso, verificou-se novamente através de gráficos de dispersão a correlação entre a produtividade (Variável 5) e as demais variáveis (Gráfico 16), permitindo a visualização da relação entre os pares e a identificação de padrões e tendências.

Gráfico 16 – Gráfico de dispersão entre a produtividade (Variável 5) e as demais variáveis.



Fonte: Elaboração própria através do software R.

Observando os gráficos em que as variáveis apresentaram um melhor alinhamento, notamos que a produtividade (Variável 5) está positivamente correlacionado com o acesso bancário (Variável 6), número de revendas (Variável 7) e quantidade de cooperativas (Variável 9). Assim como apresentado no primeiro gráfico de dispersão (Gráfico 14), não se verifica nenhum alinhamento entre produtividade e o crédito (Variável 1). Notamos também que a

representatividade da pecuária (Variável 2), tamanho médio das propriedades (Variável 3) e participação do PIB agropecuário (Variável 4) se mostraram negativamente correlacionado com a produtividade.

Os resultados encontrados nos gráficos de dispersão sugerem que as mesorregiões com maior nível de produtividade, são também aquelas em que as estruturas produtivas são mais consolidadas, ou seja, localidades onde o acesso a bancos, revendas e cooperativas agrícolas é mais abundante. Observa-se também que as mesorregiões com predominância de pecuaristas, propriedades maiores e de maior participação do PIB agropecuário não foram as mais produtivas. Contudo, para verificar se as correlações apresentam significância estatística será empregado o Teste de Correlação de Spearman (Tabela 9).

Tabela 9: Teste de Correlação de Spearman entre a produtividade (Variável 5) e as demais variáveis, considerando 5% de significância<sup>15</sup>.

| Variável    | Correlação    | p_valor       | Significativa |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Var1        | -0,3543       | 0,2583        | NÃO           |
| Var2        | -0,096        | 0,7650        | NÃO           |
| Var3        | -0,5272       | 0,0781*       | NÃO           |
| Var4        | -0,2759       | 0,3853        | NÃO           |
| <b>Var6</b> | <b>0,8365</b> | <b>0,0006</b> | <b>SIM</b>    |
| <b>Var7</b> | <b>0,7539</b> | <b>0,0046</b> | <b>SIM</b>    |
| Var8        | 0,2552        | 0,4232        | NÃO           |
| Var9        | 0,5749        | 0,0505*       | NÃO           |

Fonte: Elaboração própria através do software R.

Como assinalado no teste de correlação de Spearman, o acesso bancário (Variável 6) e o número de revendas (Variável 7) apresentaram correlação positiva e estatisticamente significativa com a produtividade (Variável 5). O número de técnicos da Emater (Variável 8) e a quantidade de cooperativas (Variável 9) também apresentaram correlação positiva, com a última demonstrando significância estatística ao nível de 10%. O conjunto dessas variáveis corrobora para uma associação entre estruturas produtivas e os níveis de produtividade, assim como assumido na segunda hipótese da pesquisa.

Nesse caso, mesorregiões com maior acesso a bancos, revendas e cooperativas agrícolas registraram um maior número de animais por área, demonstrando melhor capacidade de manejo. A quantidade de cabeças de gado por hectare demonstra o diferencial de tecnologia

<sup>15</sup> O símbolo asterisco (\*) representa resultados estatisticamente significativos ao nível de 10%.



utilizada entre as mesorregiões, uma vez que para elevar o número de animais é necessário melhores condições de pastagens ou sistemas mais intensivos.

O tamanho médio das propriedades (Variável 3) se mostrou negativamente correlacionada com a produtividade ao nível de significância de 10%, onde em média as propriedades maiores registraram menores índices de produtividade. Na mesma linha, o crédito (Variável 1), a participação da pecuária (Variável 2) e participação do PIB agropecuário (Variável 4) apesar de também apresentaram correlação negativa, não demonstraram significância estatística.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme referencial apresentado na segunda sessão do trabalho, apesar do processo de modernização ter trazido grandes ganhos de produtividade para o setor agropecuário, foi conjuntamente responsável por um amplo impulsionamento das emissões de GEEs no meio rural. Observou-se aumento nas emissões de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ) e o óxido nitroso ( $N_2O$ ), oriundos especialmente do manejo inadequado de solos, fermentação entérica de ruminantes e degradação de áreas de pastagens.

Nesse contexto, a agricultura de baixa emissão de carbono se insere como um componente estratégico e indispensável para contornar essas adversidades, trazendo técnicas com capacidade de sequestrar carbono do solo, elevar os ganhos de produtividade e contribuir com os esforços nacionais para redução das emissões de GEEs.

Assim, em 2010 foi publicado o Plano ABC, tratativa que consistia em cinco planos de ação e controle, cujo objetivo era ampliar a utilização de técnicas de agricultura de baixa emissão de carbono e reduzir as emissões de GEEs entre 36,1% e 38,9% até 2020. Para isso foi criado o Programa ABC, que consistia em linhas de crédito dentro do SNCR com o objetivo de financiar e incentivar a adoção de técnicas ABC e o cumprimento das metas estabelecidas.

Focando especialmente na RPD, a presente pesquisa buscou compreender se as estruturas produtivas das mesorregiões de Minas Gerais estão correlacionadas com contratação de recursos para recuperação de pastagens e com o nível de produtividade das propriedades, procurando mensurar o grau de correlação entre essas estruturas e entender melhor o perfil das propriedades que acessaram esse tipo de crédito.

Com o objetivo de responder à pergunta de pesquisa posta na primeira sessão do trabalho, foram realizados testes de correlação empregando variáveis representativas das estruturas produtivas, do crédito para recuperação de pastagens contratado, dos níveis de produtividade, e das características das propriedades daquelas mesorregiões que acessaram esses recursos. Para isso, foi utilizado como amostra o estado de Minas Gerais, ente federativo com mesorregiões de características diversificadas e o segundo estado que mais tomou crédito ABC.

Nesse sentido, os resultados indicam que as estruturas produtivas não apresentaram correlação com o crédito para recuperação de pastagens, indo na direção contrária do assumido

na primeira hipótese do trabalho. Em geral as estruturas demonstraram estar negativamente correlacionadas com o crédito, com as mesorregiões mais estruturadas tendo tomado menos recursos em média. Por outro lado, os resultados apontaram uma correlação positiva entre estruturas produtivas e produtividade, desta vez indo de encontro com o assumido na segunda hipótese da pesquisa, com mesorregiões mais estruturadas registrando um maior número de animais por hectare.

Em um primeiro momento, esperava-se que mesorregiões com maior acesso a bancos, revendas e cooperativas agrícolas teriam tomado mais financiamentos. Presumia-se que essas localidades por serem mais estruturadas e por possuírem maior disponibilidade de assistência técnica e suporte privado, teriam acessado esse tipo de recurso em maior quantidade. Na prática, os resultados revelam que esses territórios foram os que menos tomaram recursos, mesmo apresentando os melhores níveis de produtividade, o que sugere que as propriedades ligadas a essas mesorregiões recuperam pastagens sem a necessidade de crédito RPD.

Algumas explicações para esses resultados podem ser encontradas na literatura. Silva e Lapo (2012), destacam que mesorregiões mais estruturadas detém opções de financiamento privado menos burocráticas, seja via revendas, tradings, agroindústrias, cooperativas ou bancos privados. Dados do ministério de agricultura junto ao Banco Central também demonstram que a maior parte da agricultura brasileira é financiada através de recursos privados (MAPA, 2024b).

Outro fator a se considerar é o custo para recuperar pastagens. Pesquisas (Kamoi et al, 2024; Carlos et al, 2022; Reis et al, 2019) indicam que a despesa com o processo de recuperação não é tão significativo para produtores que detenham pastagens em estágios iniciais de degradação. O baixo custo do procedimento para pecuaristas que adotam boas práticas de manejo podem levá-los a não demandar recursos externos ou crédito RPD, realizando a implementação da técnica com recursos próprios.

Outros estudos também revelam que historicamente a recuperação de pastagens já era uma técnica utilizada por pecuaristas mais profissionalizados. Produtores rurais cuja atividade pecuária é sua principal fonte de renda, já tinham o cultivo e a recuperação de pastagem como algo natural e cultural de sua atividade (Kamoi et al, 2024; Borghi, 2018; Carvalho et al, 2017). Por outro lado, produtores que não tem a pecuária como principal fonte de renda tendem a cuidar menos da pastagem, seja colocando um número reduzido de animais por hectare e criando-os por um período mais prolongado, seja comprando os animais no período chuvoso com a pastagem em boas condições e comercializando-os posteriormente após a degradação da

forragem e a chegada do período de estiagem. Esse tipo de manejo apesar de ser menos eficiente e elevar a degradação, é também mais barato do ponto de vista dos custos de produção (Cordeiro, 2022).

A literatura também nos mostra que a presença de revendas e cooperativas, seja no financiamento ou na assistência técnica privada, pode incentivar o aumento da produtividade através da disseminação do conhecimento técnico (Filho, 2025; Fanho; Ouro-Salim, 2024; Braga; Futemma, 2016; Khan; Silva, 1997). O que nos leva a acreditar que mesorregiões que se estruturaram mais cedo, e que já tenham implementado a recuperação de pastagens antes mesmo do Programa ABC oferecer linhas de crédito para esse fim, se tornaram mais produtivas e menos dependente desse tipo de recurso.

Os testes de correlação também revelaram que as mesorregiões que tomaram mais crédito detinham características em comum, tais como: maior tamanho médio de hectares por propriedade; predominância de propriedades ligadas a pecuária; e maior representatividade do PIB agrícola. Os dados sugerem que mesorregiões com esse perfil, além de tomar mais crédito em média, possuem uma pecuária mais extensiva, com propriedades maiores e menos produtivas. Ao passo que as mesorregiões que tomaram menos crédito apresentam sinais de uma pecuária mais intensiva, com propriedades menores e mais produtivas.

Os resultados de modo geral, indicam que mesorregiões mais estruturadas tendem a apresentar níveis mais elevados de produtividade. Por outro lado, essas mesmas mesorregiões registram menor volume de contratação de crédito público para recuperação de pastagens quando comparadas às mesorregiões menos estruturadas. O que sugere que o acesso ao financiamento atua, no contexto das mesorregiões menos estruturadas, como um instrumento compensatório frente às limitações estruturais daquelas localidades. Esses achados reforçam a interpretação de que a presença de infraestrutura produtiva e serviços de apoio podem reduzir a necessidade relativa de crédito público, favorecendo ganhos de produtividade e maior capacidade de autofinanciamento.

Nesse sentido, o papel do Estado pode ir além da oferta de crédito rural, passando também por sua função estratégica como indutor da formação e fortalecimento de estruturas produtivas e institucionais, bem como da provisão de assistência técnica e extensão rural, sobretudo nas mesorregiões menos estruturadas, onde tais investimentos podem ampliar a efetividade das políticas de recuperação de pastagens e promover práticas mais sustentáveis na agropecuária.

Por fim, vale mencionar algumas limitações da presente pesquisa. Entre elas destaca-se a restrição no tamanho da amostra; dados de crédito RPD não contínuos na esfera municipal; indisponibilidade de informação para certos municípios, e; defasagem temporal entre os dados coletados. Com informações em nível municipal seria possível aumentar o número de observações, permitindo que o modelo se tornasse mais robusto e confiável. Assim, seria possível aprofundar a análise ao utilizar métodos de correlação ou regressão econométrica para analisar a associação entre o número de vendas e o volume de crédito ABC tomados na esfera municipal. Também seria possível verificar com mais precisão se a quantidade de técnicos da Emater presente em cada município exerce influência sobre o acesso a esses recursos.

Apesar do trabalho avançar na compreensão de como as estruturas produtivas podem estar correlacionadas com a tomada de crédito e os níveis de produtividade, a necessidade de estudos mais aprofundados e que mensurem de forma mais concisa a influência dessas estruturas e os distintos manejos de produção entre as diferentes regiões brasileiras se mostra indispensável. Reconhecer esses fatores é essencial para redesenhar o futuro do Plano e do Programa ABC, com o objetivo de ampliar o acesso dos produtores a técnicas mais produtivas e garantir que os recursos públicos destinados a este objetivo sejam empregados da maneira mais eficiente possível.

## 8 REFERENCIAS

- ABATE, G. T., RASHID, S., BORZAGA, C., & GETNET, K. **Rural Finance and Agricultural Technology Adoption in Ethiopia: Does the Institutional Design of Lending Organizations Matter?** World Development, 84, 235-253. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.03.003>
- ABDALLAH, A. H. **Does credit market inefficiency affect technology adoption? Evidence from Sub-Saharan Africa.** Agricultural Finance Review, 76(4), 494-511. 2016. <https://doi.org/10.1108/AFR-05-2016-0052>
- ABRAMOVAY, R. **Muito além da economia verde.** São Paulo: Ed. Abril, 2012.
- ALI, D. A., DEININGER, K., & DUPONCHEL, M. **Credit constraints and agricultural productivity: Evidence from rural Rwanda.** Journal of Development Studies, 649-665. 2014. <https://doi.org/10.1080/00220388.2014.887687>
- ALMEIDA, GUSTAVO CALIXTO SCORALICK DE; LAMOUNIER, WAGNER MOURA. **Os alimentos transgênicos na agricultura brasileira: evolução e perspectivas.** Organizações Rurais e Agroindustriais/Rural and Agro-Industrial Organizations, v. 7, n. 3, p. 345-355, 2005.
- ALMEIDA, L.F. e ZYLBERSZTAJN, D. **Crédito Agrícola no Brasil: uma perspectiva institucional sobre a evolução dos contratos.** Internext (São Paulo), v. 3, p. 267-287, 2008. <https://doi.org/10.18568/1980-4865.32267-287>
- ALMEIDA, L.F., ZYLBERSZTAJN, D. e KLEIN, P.G. **Determinants of contractual arrangements in agricultural credit transactions.** Revista de Administração (FEA/USP), v. 45, n. 3, p. 209-220, 2010. [https://doi.org/10.1016/S0080-2107\(16\)30476-9](https://doi.org/10.1016/S0080-2107(16)30476-9)
- ALMEIDA, PRISCYLLA. **O consumo de combustíveis fósseis e o alarmante efeito nos biomas brasileiros: Avanços da matriz energética brasileira e os desafios no cenário atual das mudanças climáticas.** Ciência e Cultura, 2023, 75.4: 01-04. <https://doi.org/10.5935/2317-6660.20230061>
- ALVES, Eliseu; CONTINI, Elisio; HAINZELIN, Étienne. **Transformações da agricultura brasileira e pesquisa agropecuária.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 22, n. 1, p. 37-51, jan./abr. 2005
- AMEEN, A.; RAZA, S. **Green Revolution: a review.** International Journal of Advances in Scientific Research, v.3, p.129-137, 2017. DOI: <https://doi.org/10.7439/ijasr.v3i12.4410>
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J. **Impacts of global warnin in the Brazilian agroclimatic risk zoning.** A contribution to understanding the regional impacts of global change in South America. São Paulo: University of São Paulo, 2007. p. 175-182.
- AZEVEDO, C.M. e SHIKIDA, F.A. **Assimetria de informação e o crédito agropecuário: o caso dos cooperados da Coamo-Toledo (PR).** Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 42, n. 2, p. 267-292, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032004000200005>
- BÄCKMAN, S., ISLAM, K. Z., & SUMELIUS, J. **Determinants of technical efficiency of rice farms in North-Central and North-Western regions in Bangladesh.** The Journal of Developing Areas, 45(1), 73- 94. 2011. <https://doi.org/10.1353/jda.2011.0001>

- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Resolução CMN nº 3.979 de 31/5/2011**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidade financeira/exibenormativo?tipo=RESOLU%C3%87%C3%83O&numero=3979> . Acesso em: 07 de fevereiro de 2025.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura – Programa ABC**. 2013. Disponível em: <  
[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Apoio\\_Financeiro/Programas\\_e\\_Fundos/abc.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/abc.html) >. Acesso em: 07 de fevereiro de 2025.
- BARON, R.A. **Behavioral and cognitive factors in entrepreneurship: entrepreneurs as the active element in new venture creation**. *Strat. Entrepreneurship J.*, n. 1, p. 167–182, 2007. <https://doi.org/10.1002/sej.12>
- BARROS, B. **Há 40 anos, DDT precipitou restrições**. *Valor Econômico*, São Paulo, 22 nov. 2010. *Agronegócios*, p. B12.
- BARSLUND, M. e TARP, F. **Formal and informal rural credit in four provinces of Vietnam**. *Journal of Development Studies*, v. 44, n. 4, p. 485-503, 2008. <https://doi.org/10.1080/00220380801980798>
- BESLEY, T. **How do market failures justify interventions in rural credit markets?** *The World Bank Research Observer*, v. 9, n. 1, p. 27-47, 1994. <https://doi.org/10.1093/wbro/9.1.27>
- BEZERRA, M. C. L.; VEIGA, J. E. **Agricultura sustentável**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais, Consórcio Museu Emílio Goeldi, 2000.
- BORGHI, E., NETO, M. M. G., RESENDE, R. M. S., ZIMMER, A. H., DE ALMEIDA, R. G., MACEDO, M. C. M. **Recuperação de pastagens degradadas**. *Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação*. Brasília, DF: Embrapa. 2018
- BOUCHER, S. R., GUIRKINGER, C., & TRIVELLI, C. **Direct elicitation of credit constraints: Conceptual and practical issues with an application to Peruvian agriculture**. *Economic Development and Cultural Change*, 57(4), 609-640. 2009. <https://doi.org/10.1086/598763>
- BRAGA, Ana Claudia Rocha; FUTEMMA, Célia. **Pluralidade de assistência técnica e extensão rural: pública, privada e de organizações da sociedade civil**. Campinas, SP. 2016. <https://doi.org/10.53000/rr.v9i2.2300>
- BRAGAGNOLO, CASSIANO; TATEISHI, HENRIQUE RYOSUKE. **Produtividade total dos fatores e emissões de dióxido de carbono na agricultura brasileira: uma medida de PTF ambientalmente sensível**. *Economia Agrícola e do Meio Ambiente*, 2022.
- BUAINAIN, A. M. e SOUZA, H. M. **A política agrícola no Brasil: evolução e principais instrumentos; 2001; Capítulo; Gestão Agroindustrial**; Mário Otávio Batalha; Atlas; São Paulo.
- BUAINAIN, A.M., GONZÁLES; M.G., SOUZA FILHO, H.M. e VIEIRA, A.C.P. **Alternativas de financiamento agropecuário: experiências no Brasil e na América Latina**. Brasília: IICA, 2007.
- BUAINAIN, ANTÔNIO MÁRCIO ET AL. **O mundo rural no Brasil do século 21. A formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Embrapa, 2014.
- BÚRIGO, FÁBIO LUIZ. **Sistema Nacional de Crédito Rural: uma trajetória de privilégios, crises e oportunidades**. *Ensaio sobre o cooperativismo solidário*, p. 426-458, 2010.

- BURTON, M., YOUNG, T., SOUZA FILHO, H.M. e RIGBY, D. **The Adoption of Sustainable Agricultural Technologies in Paraná, Brazil**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 36, n. 4, p. 199-222, 1998.
- BUSSAB, W. de O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 2002. 526 p.
- CAMPAGNOLLA, CLAYTON; MACÊDO, MANOEL MOACIR COSTA. **Revolução Verde: passado e desafios atuais**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 39, n. 1, p. 26952, 2022. <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2022.v39.26952>
- CARLOS, S. D. M., ASSAD, E. D., ESTEVAM, C. G., DE LIMA, C. Z., PAVÃO, E. D. M., & PINTO, T. P. **Custos da recuperação de pastagens degradadas nos estados e biomas brasileiros**. Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia, Fundação Getúlio Vargas-FGV-EESP, São Paulo. 2022
- CARRER, MARCELO JOSÉ, MAIA, ALEXANDRE GORI, VINHOLIS, Marcela de Mello Brandão., DE SOUZA FILHO, Hildo Meirelles. **Efeito do acesso ao crédito rural sobre a adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária**. 56º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 2018
- CARRER, MARCELO JOSÉ; SOUZA FILHO, HILDO MEIRELLES DE; VINHOLIS, MARCELA DE MELLO Brandão. **Determinantes da demanda de crédito rural por pecuaristas de corte no estado de São Paulo**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 51, p. 455-478, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032013000300003>
- CARVALHO, WELLINGTON TADEU VILELA ET AL. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2017.
- CLARK, VICKI L. PLANO; CRESWELL, JOHN W. **The mixed methods reader**.
- CLIMATE WATCH. **World Resources Institute Data Lab**. Climate Watch. 2023. <https://www.climatewatchdata.org/?ap3c=IGeP-JoN6ma7taMCAGeP-Jo9dRs1THFW5BrgwRYo6j0CE65Ihg> . Acesso em 21 de janeiro de 2025.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Série Histórica dos Grãos. Portal de Informações Agropecuárias. 2026. <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-graos.html>
- CORDEIRO, L., VILELA, L., MACEDO, M., ZIMMER, A., RAMOS, A., BRAGA, G., DE ALMEIDA, R. G. **Estratégias para recuperação e renovação de pastagens degradadas no Cerrado**. 2022.
- CORTESÃO CASIMIRO, PEDRO. **Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas**. 2025.
- CRESWELL, J. W. (2014). **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. 4th ed. SAGE Publications.
- CRESWELL, JOHN W. **Educational research: planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research**. 4. ed. Boston: Pearson, 2012.
- DA PAIXÃO, MICHEL AUGUSTO SANTANA; BACHA, CARLOS JOSÉ CAETANO. **A agropecuária brasileira e a sua inserção na Economia Verde: uma análise do Plano e do Programa ABC**. Pesquisa & Debate Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política, v. 26, n. 1 (47), 2015.
- DA VEIGA, JOSÉ ELI. **O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica**. edusp, 2012.
- DE FREITAS, SILENE MARIA ET AL. **Contribuições Do Setor Agropecuário Para As Emissões De Gases De Efeito Estufa No Brasil, 2010-2014**. Informações Econômicas, SP, v. 46, n. 6. 2016



- DELGADO, GUILHERME C. **Capital financeiro e agricultura no Brasil, 1965-1985**. SP/Campinas: Ícone/Edunicamp, 1985.
- DENARDIN, L. G. D. O.; CARMONA, F. D. C.; VELOSO, M. G.; MARTINS, A. P.; DE FREITAS, T. F. S.; CARLOS, F. S.; MARCOLIN, E.; CAMARGO, F. A. O.; ANGHINONI, I. **No-tillage increases irrigated rice yield through soil quality improvement along time**. Soil and Tillage Research, v. 186, p. 64-69, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.10.006>
- DENZIN, N.; LINCOLN, Y. **Handbook of qualitative research**. Londres: Sage, 1994. p. 105-117
- DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T. **Global overview of conservation agriculture adoption**. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, 4., 2009, New Delhi, India.
- DIAGNE, A., ZELLER, M. e SHARMA, M. **Empirical measurement of households' access to credit and credit constraints in developing countries: Methodological issues and evidence**. Food Consumption and Nutrition Division (FCND). Discussion Paper 90, IFPRI, Washington-USA, 2000.
- DJANKOV, S., MCLIESH, C. e SHLEIFER, A. **Private Credit in 129 Countries**. National Bureau of Economic Research Working Paper Series, 39 p., 2005. Disponível em <http://www.nber.org/papers/w11078>
- DJURFELDT, G. **Green Revolution**. Encyclopedia of Food Security and Sustainability. v. 3. p. 147-151, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22181-1>
- DOS SANTOSA, DIEGO JATOBÁ, ET AL. **Mudanças futuras de precipitação e temperatura no Brasil a partir dos níveis de aquecimento global de 1, 5°C, 2°C e 4°C**. 2020.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Agricultura de Baixo Carbono Tecnologias e Estratégias de Implantação**. Brasília – DF, 2018.
- FANHO, AYAWOVI DJIDJOGBE; OURO-SALIM, OMAR. **As Cooperativas Agrícolas: Atores Chave da Sustentabilidade e Eficiência Alimentar**. Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. 2024.
- FAO **¿Se Justifica el Replanteamiento de las Finanzas Agrícolas? Serie Replanteamiento de Las Finanzas Agrícolas (AFR)**. no. 1. FAO – GTZ. Rome. 1998.
- FEDER, G., JUST, R. E., & ZILBERMAN, D. **Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey**. Economic Development and Cultural Change, 33(2), 255-298. 1985. <https://doi.org/10.1086/451461>
- FILHO, EUCLIDES, K. **Supply chain approach to sustainable beef production from a Brazilian perspective**. 2004
- FILHO, GERALDO J. C. **A Importância da Assistência Técnica na Revenda de Insumos: Relato de Experiência**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano Campus Rio Verde. 2025.
- FONSECA, MARIA TEREZA LOUSA DA. **A extensão rural no Brasil: um projeto educativo para o capital**. São Paulo: Edições Loyola, 1985.
- FOSSÁ, J. L., COMERLATTO, D., MATTEI, L. F. (2018). **O programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar (PRONAF) na percepção de agricultores familiares**. R. Bras. Planej. Desenv., Curitiba, v. 7, n. 5, Edição Especial Desenvolvimento Sustentável Brasil/Cuba, out. 2018. <https://doi.org/10.3895/rbpd.v7n5.8717>
- FOSTER, A. D., & ROSENZWEIG, M. R. **Microeconomics of technology adoption**. Annu. Rev. Econ., 2(1), 395-424. 2010. <https://doi.org/10.1146/annurev.economics.102308.124433>
- FRERET, VICTOR DO AMARAL CRUZ; CHAVES, HERNANI AQUINI FERNANDES; JONES, CLEVELAND MAXIMINO. **Evolução do Consumo e Produção de Petróleo no**

**Período de 1965 a 2015.** Anuário do Instituto de Geociências–UFRJ, 2019, 42.1: 642-655.  
[https://doi.org/10.11137/2019\\_1\\_642\\_655](https://doi.org/10.11137/2019_1_642_655)

GASPARINI, LIZ VANESSA LUPI ET AL. **Sistemas integrados de produção agropecuária e inovação em gestão: Estudos de casos no Mato Grosso.** 2017.

GEBREMARIAM, G., & TESFAYE, W. **The heterogeneous effect of shocks on agricultural innovations adoption: Microeconometric evidence from rural Ethiopia.** Food Policy, 74, 154-161. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.12.010>

GERARDI, L. H. de O.; Silva, B-C N. **Quantificação em geografia.** São Paulo: DIFEL, 1981. 161p.

GHOSH, P., MOOKHERJEE, D., & RAY, D. **Credit rationing in developing countries: an overview of the theory.** Readings in the theory of economic development, 383-401. 2000.

GODOY, A. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais.** Revista de Administração de Empresas, v. 35, n. 3, p. 20-29, maio/jun. 1995. <https://doi.org/10.1590/S0034-75901995000300004>

GOODMAN, D; SORZ, B; WILKINSON, J. **A apropriação industrial do processo de produção rural.** Da lavoura às biotecnologias. Rio de Janeiro: Campus, 1990. cap.1, p. 5-11.

GOODMAN, DAVID. **A regulação da agricultura orgânica nos Estados Unidos: uma vitória arrasadora.** Meio Ambiente & Agricultura 30 (2000).

GOODMAN, DAVID; SORJ, BERNARDO; WILKINSON, JOHN. **Da lavoura às biotecnologias: Agricultura e indústria no sistema internacional.** Rio de Janeiro: Campus, 1990.

GOVERNO DE MINAS GERAIS. **Balanço do Agronegócio de Minas Gerais.** Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2023.

GRAZIANO DA SILVA, JOSÉ. **A nova dinâmica da agricultura brasileira.** Campinas: Unicamp-Instituto de Economia, 1996.

GRAZIANO DA SILVA, JOSÉ. **Tecnologia e Agricultura Familiar.** 2ª ed. Porto Alegre, 2003.

GREENE, W. H. (2012). **Econometric Analysis.** 7th ed. Pearson Education.

GUEDES, F., E. M. **Financiamento na agricultura brasileira.** Apresentado no Workshop ‘Instrumentos públicos e privados de financiamento e gerenciamento de risco, Piracicaba, 1999.

GURGEL, Angelo Costa; LAURENZANA, Roberto Domenico. **Desafios e oportunidades da agricultura brasileira de baixo carbono.** 2016.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. (2010). **Multivariate Data Analysis: A Global Perspective.** 7th ed. Pearson Education.

HAZELL, P.B.R. **The Asian Green Revolution.** Washington: IFPRI, 2009. (IFPRI Discussion Paper, 00911).

HOFF, K. e STIGLITZ, J. **Imperfect information and rural credit markets: Puzzles and policy perspectives.** Oxford, University Press, Oxford, 1993.

HOUGHTON, J. T.; DING, Y; GRIGGS, J. D.; NOUGER, M.; van der LINDEN, P. J.; DAI, X.; MASKELL, K., JOHNSON, C. A., eds. **IPCC Technical Summary. Climate Change 2001.** The Scientific Basis. Contributions of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press, 2001. 398p.

HUNGRIA, M., MENDES, I. C., & MERCANTE, F. M. (2013). **A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja** (24 p.). Londrina: Embrapa Soja.

- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Agência IBGE Notícias**. 2024. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41296-pam-2023-safra-bate-recorde-mas-valor-da-producao-cai> . Acesso em 27 de janeiro de 2025.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal (PPM)**. 2022 <https://basedosdados.org/dataset/f7df4160-7a6f-4658-a287-3a73d412ed10?table=707b3dee-88a2-424d-a790-7216eb431c78>
- IQBAL, F. **The determinants of moneylender interest rates: evidence from rural India**. *Journal of Development Studies*, v. 24, n. 3, p. 364-378, 1988. <https://doi.org/10.1080/00220388808422074>
- JIMENEZ, G. e SAURINA, J. **Collateral, type of lender and relationship banking as determinants of credit risk**. *Journal of Banking and Finance*, v. 28, n. 9, p. 2191- 2212, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2003.09.002>
- KAMOI, M., MICHETTI, M., CORDEIRO, L., MARIANA YUMI TAKAHASHI KAMOI, A. R. I. **Aspectos econômicos da recuperação de pastagens degradadas no bioma Cerrado**. 2024.
- KHAN. AHMAD SAEED; SILVA. LÚCIA MARIA RAMOS. **Assistência Técnica, Eficiência na Utilização dos Fatores de Produção e da Produtividade Diferencial em Propriedades Rurais**. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. Brasília. 1997.
- KLEIN, H.S.; LUNA, F.V. **Alimentando o mundo: o surgimento da moderna economia agrícola no Brasil**. Rio de Janeiro: FGV; São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2019.
- LACERDA, PATRÍCIA FABIANE DO AMARAL CUNHA. **O papel do método misto na análise de processos de mudança em uma abordagem construcional: reflexões e propostas**. *Revista Linguística*, Rio de Janeiro, v. sp., p. 83-101, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rl/article/view/5440/4032> Acesso em: 25 fevereiro. 2025.
- LAL, R. **DIGGING DEEPER: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems**. *Global Change Biology*, v. 24, p. 3285-3301, 2018. <https://doi.org/10.1111/gcb.14054>
- LEITE, LUCIANA RODRIGUES ET AL. **Abordagem mista em teses de um programa de pós-graduação em educação: análise à luz de Creswell**. *Educação e Pesquisa*, v. 47, p. e243789, 2021. <https://doi.org/10.1590/s1678-4634202147243789>
- LIMA, M. A. de; CABRAL, O. M. R.; GONZALEZ MIGUEZ, J. D. (Ed.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 169-189.
- LOPES, DESIRÉE; SARAH LOWERY, SARAH; AND TIAGO LUIZ CABRAL PEROBA, TIAGO LUIZ CABRAL. **Crédito rural no Brasil: desafios e oportunidades para a promoção da agropecuária sustentável**. (2016).
- LUCENA.R.B, SOUZA, N. J. de. **Políticas agrícolas e desempenho da agricultura brasileira, 1950/2000**, *Indic. Econ. FEE*, v. 29, n. 2, Porto Alegre, 2001.
- MACHADO, V. **A modernização da agricultura e a produção do biocombustível como energia alternativa: uma reflexão**. *Tekhne e Logos*. v. 1, N° 2, p. 2-23, 2010.
- MAGALHÃES, M.M.; BRAGA JÚNIOR, S.S. **Evolução recente e potencial da agricultura de baixo carbono**. In: *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 9, nº 8, 2013, p. 100-118. <https://doi.org/10.17271/19800827982013468>

MANZATTO, C. ; ARAUJO, L. S. ; VICENTE, L. E. ; VINCENTE, A. K. ; PEROSA, BRUNO BENZAQUEN. **Plataforma ABC: Monitoramento Da Mitigação Das Emissões De Carbono Na Agropecuária**. Agroanalysis (FGV), v. 38, p. 26-29, 2018.

MAPA, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Crédito rural: programação e aplicação de recursos**. Brasília, 2014a. Disponível em: <<http://www.gov.br/agricultura>[www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas](http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas)>. Acesso em: 09 dez. 2024.

MAPA, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Crédito rural: programação e aplicação de recursos**. Brasília, 2014a. Disponível em: <<http://www.gov.br/agricultura>[www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas](http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas)>. Acesso em: 09 dez. 2024.

MAPA, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano Setorial Para Adaptação À Mudança Do Clima E Baixa Emissão De Carbono Na Agropecuária Com Vistas Ao Desenvolvimento Sustentável (2020-2030)**. Brasília-DF. 2021

MAPA, 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**. Brasília-DF. 2012

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Boletim de Finanças Privadas do Agro**. 2024b. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/publicado-boletim-de-financas-privadas-do-agro-com-informacoes-de-abril> > Acesso em: 10 dez. 2024.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano Safra 24/25 plantar com responsabilidade, colher oportunidades**. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/plano-safra/2024-2025/>> Acesso em: 09 dez. 2024.

MAPBIOMAS. **Mais de 90% do desmatamento da Amazônia é para abertura de pastagem**. MapBiomias. 3 de outubro de 2024. <https://brasil.mapbiomas.org/2024/10/03/mais-de-90-do-desmatamento-da-amazonia-e-para-abertura-de-pastagem/> . Acesso em 21 de janeiro de 2025.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 159 p. (Biodiversidade, 26).

MARTINS, R. M.; VERÍSSIMO, M. P. **Exportações brasileiras de petróleo e a especialização da economia em bens intensivos em recursos naturais no período 2000-2012**. Perspectiva Econômica, Uberlândia, v. 9, p. 115-130, jul./dez. 2013. <https://doi.org/10.4013/pe.2013.92.04>

MATRIZ DE DADOS DO CRÉDITO RURAL – MDCR. **Quantidade e Valor dos Contratos por Região e UF**. 2025. <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/reportmicrrural?path=conteudo%2FMDCR%2FReports%2FqvcRegiaoUF.rdl>

MEIRELLES, Fábio De Salles. **Acesso ao crédito rural está pressionado pelos custos de produção elevados**. AgroANALYSIS, v. 42, n. 9, p. 49-49, 2022.

METZ, B.; DAVIDSON, O.; CONINCK, H.; LOOS, M.; MEYER, L. (Ed.). **IPCC special report on carbon dioxide capture and storage**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

- MIRANDA, S. H. G. **Agronegócio e Meio Ambiente: Desafios e Oportunidades**. São Paulo, 2011, 30 p. (Apresentação de Trabalho/Seminário).
- MOSIER, A. R.; HALVORSON, A. D.; REULE, C. A.; LIU, X. J. J. **Net global warming potential and greenhouse gas intensity in irrigated cropping systems in northeastern Colorado**. *Journal of environmental quality*, v. 35, n. 4, p. 1584-1598, 2006.  
<https://doi.org/10.2134/jeq2005.0232>
- MOZZER, G.B. **Agropecuária no contexto da economia de baixo carbono**. Brasília: IPEA, 2011, p. 111-125.
- MULLER, GERALDO. **Complexo agroindustrial e modernização agrária**. São Paulo: HUCITEC, 1989.
- NAVARRO, ZANDER. **Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro**. *Estudos Avançados*, v. 15 n. 43, 2001.
- NAVARRO, ZANDER. **Meio século de transformações do mundo rural brasileiro e a ação governamental**. In: *Revista de Política Agrícola*, v.19, n.esp., Jul, Brasília, 2010.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-40142001000300009>
- NEPOMOCENO, TAIANE APARECIDA RIBEIRO ET AL. **Práticas de adaptação e resiliência climática em sistemas agrícolas de produção especializada no Brasil e nos Estados Unidos**. 2024.
- OBSERVATÓRIO ABC. **Agricultura de baixa emissão de carbono: a evolução de um novo paradigma: relatório completo**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas. 2013. 192 p. il. color. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138507/1/abc-novoparadigma-completo.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e Suas Implicações Para as Metas de Clima no Brasil**. SEEG. 2024
- OZAKI, V.A. **Em busca de um novo paradigma para o seguro rural no Brasil**. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 46, n. 1, p. 97-119, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032008000100005>
- PALMEIRA, Moacir. **Modernização, Estado e questão agrária**. *Estudos Avançados*, vol.3, n.7, 1989. <https://doi.org/10.1590/S0103-40141989000300006>
- PEROSA, BRUNO; GURGEL, A. C. ; VICENTE, L. E. ; MANZATTO, C. . **Agricultura De Baixo Carbono No Brasil: Desafios Para O Crédito E Monitoramento De Emissões**. In: 61 Congresso da SOBER, 2023, Piracicaba. *Anais do 61 Congresso da SOBER*, 2023.  
<https://doi.org/10.29327/sober2023.623930>
- PETRICK, M. **Farm investment, credit rationing, and governmentally promoted credit access in Poland: a cross-sectional analysis**. *Food Policy*, 29(3), 275-294. 2004.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2004.05.002>
- PIMENTEL, F. e SOUZA, E. L. L. **Study on Cédula de Produto Rural (CPR) – Farm Product Bond in Brazil**, World Bank, 2005.
- PINGALI, P.L. **Green Revolution: impacts, limits, and the path ahead**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v.109, p.12302-12308, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>
- PINTO, HILTON SIQUEIRA, ET AL. **O aquecimento global e a agricultura**. *Revista Eletrônica do Jornalismo Científico, Comciência*, 2002, 1-6.
- REETZ, HARROLD F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**/ Harold F. Reetz, Jr; tradução: Alfredo Scheid Lopes. – São Paulo: ANDA, 2017. 178 p.: il; PDF. Acesso em: 29 ago 2024.
- REIS, J. D., KAMOI, M. Y. T., PEDREIRA, B. C., MICHETTI, M., GIMENEZ, M. A., MOMBACH, M. A., ANDRADE, C. M. S. **Aspectos econômicos da recuperação de**



- pastagens na Amazônia. *Recuperação de Pastagens Degradadas Na Amazônia*.** Brasília-DF: Embrapa-DF. 2019
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- RICHARDSON, Roberto J. **Pesquisa Social - Métodos e Técnicas.** 4ª edição. São Paulo: Grupo GEN, 2017.
- ROCHETTE, P. **No-till only increases N<sub>2</sub>O emissions in poorly-aerated soils.** Soil & Tillage Research, v. 101, p. 97–100, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.07.011>
- ROGERSON, P. A. **Métodos estadísticos para geografia: um guia para o estudante.** Peter A. Rogerson; tradução: Paulo Fernando Braga Carvalho, José Irineu Rangel Rigotti. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 348p.
- ROMEIRO, A. R. **Agricultura para uma economia verde.** Economia Verde: Desafios e oportunidades, São Paulo, n. 8, p. 123 a 130, junho de 2011 Disponível em: <<http://www.conservation.org.br/publicacoes/files/P%E1ginas%20de%20PoliticaAmbienta108romeiro.pdf>> Acesso em: 17 dez. 2024.
- ROMEIRO, ADEMAR RIBEIRO. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura.** São Paulo: Annablume, FAPESP: 2007.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, O.; VELTHORST, E. J.; PEREIRA, J. A. A. **Effects of fire on soil organic matter in a “Cerrado sensu-stricto” from Southeast Brazil as revealed by changes in  $\delta^{13}\text{C}$ .** Geoderma, v. 95, p. 141-160, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(99\)00089-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(99)00089-0)
- SACHS, I. (2008). **Da armadilha da pobreza ao desenvolvimento incluyente em países menos desenvolvidos.** In: SACHS, I. Desenvolvimento: incluyente, sustentável, sustentado. 1. ed. Rio de Janeiro: Garamond.
- SAMPAIO, TUANE BAZANELLA. **Metodologia da pesquisa.** 2022.
- SANTANA, C. A. M.; NASCIMENTO, J. R. **Public policies and agricultural investment in Brazil: final report.** Brasília: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2012. Disponível em: <[http://www.fao.org/fileadmin/templates/tci/pdf/InvestmentPolicy/Inv\\_in\\_Br\\_agriculture\\_-\\_20\\_08\\_2012.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/tci/pdf/InvestmentPolicy/Inv_in_Br_agriculture_-_20_08_2012.pdf)>. Acesso em: 09 dez. 2024.
- SILVA, C. B. e MORAES, M. A. F. D. **Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão.** Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 48, p. 543-565, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032010000400003>
- SILVA, F. P. **Financiamento da cadeia de grãos no Brasil: o papel das tradings e fornecedores de insumos.** Dissertação (mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.
- SILVA, Felipe Prince; LAPO, Luis Eduardo Rebolo. **Modelos de financiamento da cadeia de grãos no Brasil.** In: 2ª Conferência em Gestão de Risco e Comercialização de Commodities. São Paulo, SP. 2012.
- SILVA, GUSTAVO BIANCHI; BOTELHO, MARIA IZABEL VIEIRA. **O processo histórico da modernização da agricultura no Brasil (1960-1979).** Revista Campo-Território, v. 9, n. 17 Abr., p. 362-387, 2014. <https://doi.org/10.14393/RCT91723084>
- SILVA, NATHIEL DE SOUSA, ET AL. **Ocorrência de Ondas de Calor com Dados de Reanálises em áreas do Nordeste, Amazônia e Centro-Sudeste do Brasil.** Revista Brasileira de Meteorologia, 2023, 37: 441-451. <https://doi.org/10.1590/0102-77863740067>
- SILVA, Patrícia Santos. **Tecnologia e meio ambiente: o processo de modernização da agricultura familiar.** Revista da Fapese, v.3, n. 2, p. 87-100, jul./dez. 2007.

- SPEARMAN, C. The proof and measurement of association between two things. **American Journal of Psychology**, 15, p. 72-101, 1904. <https://doi.org/10.2307/1412159>
- SPIER, Gilberto. **Territorialidades da modernização da Agricultura em Vicente Dutra-RS entre os anos de 1960 e 1980**. Revista IDEAS, v. 5, n. 2, p. 221- 240, 2012.
- STERN, N. **Stern review: the economics of climate change**. London: HM Treasury, 2006. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511817434>
- TASHAKKORI, ABBAS M.; TEDDLIE, CHARLES B. **Mixed methodology: combining qualitative and quantitative approaches**. London: Sage, 1998. (Social research methods series; 46).
- TAVARES, E. D. **Da Agricultura Moderna à Agroecológica: Análise da sustentabilidade de sistemas familiares**. Tese de Doutorado apresentada ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília: Brasília, 2004.
- TELLES, TIAGO SANTOS, ET AL. **Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil**. Texto para Discussão, 2021. <https://doi.org/10.38116/td2638>
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Green Economy Report: Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication**. Disponível em: <<http://www.unep.org/greeneconomy/GreenEconomyReport/tabid/29846/Default.aspx>>. Acesso em: 17 nov. 2024.
- VILLA VERDE, C.M. **O Crédito Rural e a Capacidade de Pagamento do Setor Agrícola**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Texto para Discussão No 696, 2000.
- VINUTO, Juliana. **A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto**. In.: Temáticas, Campinas, v. 22, p.203-220, 2014. <https://doi.org/10.20396/tematicas.v22i44.10977>
- WEHBE, C.C.M. **A obrigação de financiamento na convenção climática**. Brasília: IPEA, 2011, p. 387-400.
- WORLD BANK. **World development indicators: monetary indicators**. Washington: World Bank, 2015. Disponível em: <<http://wdi.worldbank.org/table/4.15>>. Acesso em: 09 dez. 2024.
- ZELLER, M., DIAGNE, A., & MATAYA, C. **Market access by smallholder farmers in Malawi: Implications for technology adoption, agricultural productivity and crop income**. Agricultural Economics, 19(1-2), 219-229. 1998. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.1998.tb00528.x>
- ZHAO, J., & J. BARRY, P. **Effects of credit constraints on rural household technical efficiency: Evidence from a city in northern China**. China Agricultural Economic Review, 6(4), 654-668. 2014. <https://doi.org/10.1108/CAER-10-2012-0115>