

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE ESTUDOS SOCIAIS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E ANÁLISE**

AFONSO ROGERIO MEDEIROS DE ALMEIDA JUNIOR

**EFEITOS ECONÔMICOS-AMBIENTAIS DO CRÉDITO RURAL NA AMAZÔNIA
LEGAL**

**MANAUS
2025**

AFONSO ROGERIO MEDEIROS DE ALMEIDA JUNIOR

**EFEITOS ECONÔMICOS-AMBIENTAIS DO CRÉDITO RURAL NA AMAZÔNIA
LEGAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Estudos Sociais da Universidade Federal do Amazonas como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Ademir Antonio Moreira Rocha

MANAUS

2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

A447e Almeida J unior, Afonso Rogerio Medeiros de
Efeitos econômicos-ambientais do crédito rural na Amazônia
Legal / Afonso Rogerio Medeiros de Almeida J unior. - 2025.
27 f. ; 31 cm.

Orientador(a): Ademir Antonio Moreira Rocha.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade
Federal do Amazonas, Faculdade de Estudos Sociais, Curso de
Ciências Econômicas, Manaus, 2025.

1. Crédito rural. 2. Amazônia Legal. 3. Impactos econômico-
ambientais. 4. Econometria de dados em painel. I. Rocha, Ademir
Antonio Moreira. II. Universidade Federal do Amazonas. Faculdade
de Estudos Sociais. Curso de Ciências Econômicas. III. Título

AFONSO ROGERIO MEDEIROS DE ALMEIDA JUNIOR

**EFEITOS ECONÔMICOS-AMBIENTAIS DO CRÉDITO RURAL NA
AMAZÔNIA LEGAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 04/12/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ademir Antonio Moreira Rocha – UFAM
Orientador

Profa. Dra. Brena do Nascimento Carvalho – UFAM
Avaliadora

Prof. Dr. Yunier Sarmiento Ramírez – UFAM
Avaliador

RESUMO

Este trabalho analisa os efeitos econômicos e ambientais do crédito rural na Amazônia Legal entre 2012 e 2021, com base em modelos de dados em painel aplicados aos municípios da região. A pesquisa busca compreender de que forma o crédito contribui para o desempenho produtivo e territorial da agropecuária amazônica, observando suas implicações sobre o valor adicionado, o emprego e a área utilizada. Os resultados indicam que o crédito rural exerce impacto positivo e estatisticamente significativo sobre o valor adicionado e o emprego agropecuário, reforçando seu papel como instrumento de desenvolvimento econômico regional e de modernização produtiva. Por outro lado, observou-se relação negativa entre o crédito e a expansão da área agropecuária consolidada (medida como uso do solo já estabelecido, sem capturar desmatamento recente ou ilegal), sugerindo que os financiamentos recentes não contribuíram para o desmatamento no período analisado. Dessa forma, conclui-se que o crédito rural pode consolidar-se não apenas como instrumento de expansão econômica, mas também como indutor de práticas agropecuárias sustentáveis e compatíveis com a conservação ambiental.

Palavras-chave: crédito rural; Amazônia Legal; impactos econômico-ambientais; econometria de dados em painel.

ABSTRACT

This study analyzes the economic and environmental effects of rural credit in Brazil's Legal Amazon between 2012 and 2021, based on panel data models applied to the municipalities of the region. The research seeks to understand how credit contributes to the productive and territorial performance of Amazonian agriculture, observing its implications on value added, employment, and land use. The results indicate that rural credit has a positive and statistically significant impact on agricultural value added and employment, reinforcing its role as an instrument for regional economic development and productive modernization. On the other hand, a negative relationship was observed between credit and the expansion of consolidated agricultural land (measured as established land use, without capturing recent or illegal deforestation), suggesting that recent financing did not contribute to deforestation during the analyzed period. Therefore, it is concluded that rural credit can consolidate itself not only as an instrument for economic expansion, but also as an inducer of sustainable agricultural practices compatible with environmental conservation.

Keywords: rural credit; Legal Amazon; economic-environmental impacts; panel-data econometrics.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 O Papel do Crédito Rural.....	4
2.2 A Expansão da Fronteira Agrícola.....	5
2.3 Avaliação econômica-ambiental do crédito rural	7
3. METODOLOGIA	9
3.1 Área de Estudo e Fonte de Dados.....	9
3.2 Modelo Econométrico	10
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	11
4.1 Análises Descritivas	11
4.1.1 Crédito Rural	11
4.1.2 Valor Adicionado Agropecuário	13
4.1.3 Empregos Formais no Setor Agropecuário	14
4.1.4 Área Agropecuária.....	16
4.2 Análises Econométricas.....	18
4.2.1 Efeitos Econômicos do Crédito Rural	18
4.2.2 Efeitos Sociais do Crédito Rural	19
4.2.3 Efeitos Ambientais do Crédito Rural	20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

A agropecuária é um dos setores mais relevantes da economia brasileira, exercendo papel estratégico na geração de riqueza e no desenvolvimento regional. Em 2024, o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio alcançou aproximadamente R\$ 2,72 trilhões, o que correspondeu a 23,2% do PIB nacional, reafirmando sua contribuição estrutural para o crescimento do país (CNA; CEPEA, 2025a).

Além disso, o setor destaca-se pela dimensão social - a População Ocupada (PO) no agronegócio brasileiro somou 28,2 milhões de pessoas no segundo trimestre de 2025 -, conforme o boletim de acompanhamento trimestral do mercado de trabalho do agronegócio (CNA; CEPEA, 2025b). Esse número representa um crescimento de 2,5% em relação ao trimestre anterior, impulsionado principalmente pela expansão de vagas na agroindústria e em serviços relacionados (CNA; CEPEA, 2025b).

Esse dinamismo nacional também se reflete na escala regional. Em diversos municípios, o setor agropecuário vem ampliando sua relevância, impulsionado pelo aumento da participação do setor primário no valor adicionado e, de forma concomitante, pela expansão das áreas cultivadas e de pastagem (Lobão; Staduto, 2020; Bernardes, 2022; Silva; Costa Silva, 2022). Contudo, esse processo de fortalecimento econômico tem sido acompanhado por significativas transformações ambientais, sobretudo relacionadas às mudanças no uso da terra (Bernardes, 2022; Silva; Costa Silva, 2022; Messias et al., 2021).

O crescimento do setor agropecuário está diretamente associado à ampliação do acesso ao crédito rural, que se consolidou como o principal mecanismo de financiamento da produção no setor (Pintor; Silva; Piacenti, 2015; Stamm; Ferreira; Souza, 2023; Mourão; Stussi; Souza, 2024). Esse instrumento possibilita a aquisição de insumos, a modernização da infraestrutura, a incorporação de tecnologias e o acesso a capital de giro, elementos fundamentais para sustentar a expansão produtiva (Pintor; Silva; Piacenti, 2015; Stamm; Ferreira; Souza, 2023; Mafra et al., 2021).

De acordo com o Banco Central do Brasil (2025), o crédito rural é uma modalidade de financiamento voltada especificamente ao seguimento rural, destinada a atender às necessidades do setor agropecuário. As finalidades do

crédito rural são categorizadas em quatro principais tipos, conforme o Banco Central do Brasil. O crédito de custeio destina-se a cobrir despesas normais dos ciclos produtivos, desde a compra de insumos até a fase de colheita. Já o crédito de investimento aplica-se a bens ou serviços com benefícios estendidos por vários períodos de produção, como a aquisição de tratores ou equipamentos. O crédito de comercialização viabiliza recursos para produtores rurais ou cooperativas comercializarem seus produtos no mercado. Por fim, o crédito de industrialização financia a industrialização de produtos agropecuários, quando realizada por cooperativas ou pelo produtor em sua propriedade rural (BACEN, 2025).

As fontes de recursos para o crédito rural são amplas e diversificadas, englobando depósitos à vista e de poupança rural captados pelas instituições financeiras, emissões de Letras de Crédito do Agronegócio (LCA), aportes fiscais provenientes do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e dos fundos constitucionais regionais, além de recursos próprios das instituições financeiras (BACEN, 2025).

Nas últimas décadas, a ampliação do acesso ao crédito rural impulsionou o desenvolvimento da agropecuária não apenas nas regiões já consolidadas, como também financiou diretamente a expansão da fronteira agrícola para áreas antes pouco exploradas economicamente (Pintor; Silva; Piacenti, 2015; Stamm; Ferreira; Souza, 2023; Mourão; Stussi; Souza, 2024). Esse movimento conferiu à Amazônia posição estratégica no cenário nacional, tanto pela abundância de terras disponíveis quanto pelo interesse estatal e privado em incorporá-la às cadeias produtivas do agronegócio. Assim, a intensificação das políticas de financiamento rural, aliada a incentivos fiscais, tem estimulado a ocupação produtiva do território amazônico e provocado transformações socioambientais de grande magnitude (Mourão; Stussi; Souza, 2024; Bernardes, 2022).

De acordo com o IBGE (2024), a Amazônia Legal é uma região geográfica instituída para fins de planejamento e integração econômica, composta por nove estados brasileiros e 773¹ municípios: Acre (com 22 municípios), Amapá (16), Amazonas (62), Maranhão (181), Mato Grosso (142), Pará (144), Rondônia (52), Roraima (15) e Tocantins (139). Essa região ocupa aproximadamente 60% do território nacional e abriga cerca de 13% da população brasileira. Sua delimitação

¹ Em 2025, a Amazônia Legal possui 773 municípios (IBGE). Esta pesquisa abrange 2012-2021, período em que a região possuía 772 municípios.

corresponde à área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM). A criação da Amazônia Legal teve como principal objetivo promover o desenvolvimento incluyente e sustentável da região, além de viabilizar a integração competitiva de sua base produtiva à economia nacional e internacional.

Nesse contexto, o uso irregular da terra constitui uma das principais externalidades negativas da expansão agropecuária financiada pelo crédito rural. Embora instrumentos regulatórios como o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e a Lista de Áreas Embargadas do Ibama busquem condicionar o acesso ao crédito à regularidade ambiental, evidências empíricas revelam baixa efetividade dessas normas na prática (Mourão; Stussi; Souza, 2024; Bernardes, 2022; Silva; Costa Silva, 2022).

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos econômicos e ambientais do crédito rural na região da Amazônia Legal, analisando de que forma a concessão de crédito rural influencia o desempenho produtivo do setor agropecuário (valor adicionado), a geração de emprego formal e uso da área destinada às atividades agropecuárias (como proxy ambiental para expansão da fronteira, focando em áreas consolidadas, e não em taxas de desmatamento direto). Para tanto, empregam-se modelos econométricos de dados em painel, que permitem identificar e mensurar as relações entre essas variáveis ao longo do tempo e entre diferentes municípios. Essa abordagem possibilita compreender se o crédito rural atua como fator de estímulo ao crescimento econômico e vetor de transformação do uso da terra.

A metodologia deste estudo será fundamentada na análise econométrica de dados em painel, com base em observações anuais de cada município da Amazônia Legal no período de 2012 a 2021.

Além desta introdução, o estudo está organizado da seguinte forma: A Seção 2 apresenta o referencial teórico, abordando o papel do crédito rural como impulsionador da agropecuária e sua influência no avanço da fronteira agrícola na Amazônia. A Seção 3 descreve os aspectos metodológicos, incluindo a hipótese de estudo, a especificação do modelo econométrico e o conjunto de dados utilizado. A Seção 4 apresenta e discute os resultados obtidos, enquanto a Seção 5 traz as conclusões do estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Papel do Crédito Rural

A contribuição do crédito rural para o crescimento agropecuário é amplamente documentada, com Gasques et al. (2023) destacando que cerca de 80% do aumento no produto da agricultura brasileira entre 1975 e 2022 resulta de ganhos de produtividade total dos fatores (PTF), em grande parte impulsionados por investimentos financiados por linhas de crédito. O consumo de fertilizantes saltou de 2 milhões de toneladas para 18 milhões no período, enquanto o parque de máquinas agrícolas expandiu-se de 329 mil para 1,475 milhão de unidades, ilustrando como o crédito facilita a transição para modelos de produção mais eficientes e escaláveis, com uma taxa média de PTF de 3,23% ao ano (Gasques et al., 2023).

No âmbito estadual, Mafra et al. (2021) investigam a dinâmica do crédito para inovação na agropecuária do Amazonas de 2002 a 2018, com base em dados da Matriz Quantidade e Valor dos Contratos de Investimento por Município do BACEN e no Índice Normalizado de Crédito Rural (INCR) de Toledo Neto e Couto Junior (2011). Os resultados revelam uma expansão acentuada dos recursos destinados à agricultura após a crise de 2008, com uma mudança no padrão de especialização do estado, de medianamente agrícola para altamente especializado nessa modalidade, fomentando a aquisição de equipamentos que elevam a eficiência dos ciclos produtivos em municípios isolados (Mafra et al., 2021).

O impacto do crédito no valor bruto da produção (VBP) agropecuária é confirmado por Stamm; Ferreira; Souza (2023), que aplicam um modelo de dados em painel aos estados brasileiros entre 2005 e 2020, identificando efeitos positivos e significativos apenas do crédito para investimento e da área colhida, enquanto custeio e comercialização não apresentam associações robustas.

Inspirado na visão schumpeteriana de crédito, Pintor; Silva; Piacenti (2015) estimam uma equação de painel com efeitos fixos para os estados brasileiros, encontrando um coeficiente positivo e estatisticamente significativo do crédito rural sobre o VBP, o qual se mantém robusto mesmo após o controle por variáveis como preços de commodities internacionais e exportações do agronegócio. Essa análise evidencia que o crédito não apenas financia a expansão extensiva, mas catalisa “novas combinações” produtivas, especialmente em cenários de volatilidade de

mercado, com implicações diretas para o equilíbrio comercial regional (Pintor; Silva; Piacenti, 2015; Stamm; Ferreira; Souza, 2023).

Os efeitos no mercado de trabalho são heterogêneos, conforme Silva; Arruda (2019), que utilizam Panel Vector Autoregression (PVAR) em painel de 2002 a 2015 para as 26 unidades da federação e o Distrito Federal, revelando respostas positivas nos salários reais e no valor adicionado agropecuário a choques de crédito, mas uma redução marginal no emprego formal agregado. Essa ambivalência reflete ganhos salariais no Norte e Nordeste, onde a agropecuária depende de mão de obra intensiva, em oposição a perdas no Centro-Oeste, Sul e Sudeste, impulsionadas pela mecanização financiada pelo crédito, que eliminou 32% dos postos entre 1980 e 2017 (Gasques et al., 2023; Silva; Arruda, 2019).

Em síntese, o crédito rural transcende o financiamento operacional, atuando como vetor estratégico de inovação e crescimento na Amazônia Legal (Mafra et al., 2021; Stamm; Ferreira; Souza, 2023), mas requer adaptações para maximizar inclusão e eficiência, como maior focalização em investimentos sustentáveis e análise de viabilidade regional (Mourão; Stussi; Souza, 2024; Lobão; Staduto, 2020; Stamm; Ferreira; Souza, 2023).

2.2 A Expansão da Fronteira Agrícola

Bernardes (2022) reformula o conceito de fronteira agrícola com base em Martins (2014), Santos (1999) e Ribeiro (2005), conceituando-a como um movimento de acumulação capitalista que reconstrói territórios para favorecer a reprodução do capital, mediado por novas relações Estado-mercado e repercussões sociais. Na Amazônia brasileira, essa expansão centrada em cultivos como soja e pecuária torna o espaço econômico homogêneo e fluido por meio de investimentos em logística e infraestrutura, integrando a região ao fluxo internacional de commodities, mas revelando contradições inerentes, como a tensão entre interesses dominantes e formas de produção pré-existentes (Bernardes, 2022; Silva; Costa Silva, 2022).

A heterogeneidade dessa expansão é mapeada pelo Índice de Modernização Agrícola (IMA) de Lobão; Staduto (2020), derivado de análise fatorial de 18 indicadores do Censo Agropecuário de 2006 para 772 municípios amazônicos, que extrai cinco fatores latentes responsáveis por 74% da variância total, com destaque para despesas agrícolas, uso da terra e intensidade de trabalho. O índice delinea

um padrão dual: municípios do sul e leste (Amazônia Oriental, como Rondônia, Tocantins e sul do Pará) exibem níveis altos de modernização, impulsionados pela fronteira produtiva, enquanto o oeste e norte (Ocidental, incluindo Acre, Amazonas, Amapá e Roraima) registram indicadores baixos, com o Amapá apresentando todos os seus municípios em estágios muito abaixo de IMA (Lobão; Staduto, 2020).

Essa dualidade territorial reflete as transformações induzidas pela industrialização da agricultura pós-Revolução Verde dos anos 1960, que prioriza a maximização da produtividade de fatores como terra, capital e trabalho, tornando a produção flexível e orientada à escala (Lobão; Staduto, 2020; Gasques et al., 2023). Na prática, isso se manifesta na adoção de inovações tecnológicas financiadas por políticas públicas, que elevam o rendimento do trabalho e a eficiência fundiária, mas perpetuam desigualdades ao concentrar ganhos em regiões já integradas ao mercado global (Lobão; Staduto, 2020; Bernardes, 2022).

Os impulsionadores econômicos dessa expansão são evidentes na série histórica do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), com Messias et al. (2021) identificando picos de remoção vegetal em 1995 (29.059 km²) e 2004 (27.772 km²), associados à estabilização macroeconômica do Plano Real e à recuperação pós-crise, que revitalizaram o agronegócio e as commodities. Margulis (2003) e Mourão; Stussi; Souza (2024) corroboram que períodos de expansão econômica e valorização das exportações agrícolas tendem a coincidir com avanços expressivos da fronteira agropecuária. Até 2020, a perda acumulada atingiu 20,62% das florestas originais, com reduções temporárias via Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) até 2012 (queda de 80%), revertidas pós-2013 por conjunturas favoráveis e enfraquecimento regulatório (Messias et al., 2021).

Estados como Pará (43% da perda), Mato Grosso (23%), Maranhão (15%) e Rondônia (10%) concentram os focos de expansão, correlacionados a fatores como migração rural e dinamização do mercado de terras (Messias et al., 2021). Bernardes (2022) ilustra com casos concretos, como Colniza (Mato Grosso), palco de conflitos violentos em 2017, e o Vale do Araguaia (Mato Grosso/Pará), onde a soja expandiu para 206.072 toneladas em 62.446 hectares em 2020, exemplificando o ciclo sequencial de conversão territorial: extração madeireira, pecuária extensiva e cultivos mecanizados (Bernardes, 2022).

Em linhas gerais, a expansão da fronteira agrícola na Amazônia Legal, caracterizada por padrões duais (Lobão; Staduto, 2020) e impulsionada por políticas estatais e mercantis (Bernardes, 2022; Silva; Costa Silva, 2022), representa uma oportunidade para o desenvolvimento regional, mas exige estratégias de governança que promovam inclusão e diversificação produtiva, ancoradas em monitoramento contínuo e planejamento territorial (Silva; Costa Silva, 2022; Mourão; Stussi; Souza, 2024; Bernardes, 2022).

2.3 Avaliação econômica-ambiental do crédito rural

As seções anteriores evidenciaram o papel multifacetado do crédito rural na Amazônia Legal. Trata-se de um instrumento essencial para o desenvolvimento econômico regional, ao viabilizar o aumento da produtividade, a geração de valor adicionado (VA) e a modernização da agricultura (Gasques et al., 2023; Mafra et al., 2021; Stamm; Ferreira; Souza, 2023). Embora parte da literatura associe a expansão da fronteira agrícola ao avanço de atividades agropecuárias financiadas, é importante reconhecer que o crédito rural também pode favorecer o uso mais eficiente e intensivo do solo, reduzindo a pressão sobre novas áreas e contribuindo para uma transição produtiva mais sustentável (Gasques et al., 2023; Bernardes, 2022; Lobão; Staduto, 2020).

A avaliação dos efeitos do crédito rural, portanto, não pode ser dissociada dessa “dialética da expansão econômica e proteção da natureza”, como definem Silva; Costa Silva (2022). O cerne da questão reside na incapacidade estrutural dos mecanismos regulatórios em condicionar efetivamente o acesso ao financiamento à estrita conformidade socioambiental, configurando uma das falhas mais graves e persistentes da política agrícola brasileira na Amazônia (Mourão; Stussi; Souza, 2024; Silva; Costa Silva, 2022; Bernardes, 2022).

Embora o Manual de Crédito Rural vede expressamente a concessão de crédito rural a propriedades embargadas pelo Ibama, com passivo no CAR ou inseridas em áreas de desmatamento ilegal, a aplicação prática desses critérios é extremamente precária. Mourão; Stussi; Souza (2024), ao cruzarem dados do Prodes/Inpe, Sicar/CAR e operações de crédito do Banco Central (2020-2022), constatam que 31% das propriedades que desmataram na Amazônia Legal nesse período acessaram crédito rural subsidiado, captando em média R\$ 14 bilhões por

ano. Essas propriedades são responsáveis por parcela desproporcional da supressão vegetal, sendo a área média das que desmatam e recebem crédito dez vezes maior que a média das que recebem crédito sem desmatar (Mourão; Stussi; Souza, 2024). Essa realidade evidencia não apenas falhas de fiscalização, mas também o uso indireto (e muitas vezes direto) do crédito rural para fins distintos dos declarados: limpeza de novas áreas, formação de pastagens extensivas e expansão da fronteira sobre floresta primária, exatamente o oposto da intensificação produtiva que a política pública diz incentivar (Mourão; Stussi; Souza, 2024; Bernardes, 2022).

Ademais, a quase inexistência de assistência técnica efetiva e contínua na Amazônia Legal constitui outra falha estrutural grave da política de crédito rural, agravando significativamente o seu uso incorreto e predatório. Na maioria dos municípios da região, os produtores acessam volumes expressivos de crédito de custeio e investimento sem qualquer acompanhamento técnico obrigatório ou qualificado que oriente a adoção de práticas de intensificação sustentável, manejo adequado do solo, recuperação de áreas degradadas ou transição para sistemas agroflorestais (Lobão; Staduto, 2020; Mafra et al., 2021).

Portanto, a literatura aponta para um dilema central: o crédito rural impulsiona o VA Agro, mas o faz, em parte, por financiar a expansão da área produtiva, e não apenas o aumento da produtividade em áreas já consolidadas. Enquanto a relação positiva entre crédito e produção (o “efeito econômico”) é bem documentada (Pintor; Silva; Piacenti, 2015; Stamm; Ferreira; Souza, 2023; Gasques et al., 2023), tal como a relação do crédito com o mercado de trabalho (Silva; Arruda, 2019) e o crédito e a utilização da terra (o “efeito ambiental”) são amplamente discutidos (Margulis, 2003; Messias et al., 2021; Silva; Costa Silva, 2022; Mourão; Stussi; Souza, 2024), os estudos que quantificam simultaneamente ambos os efeitos no mesmo modelo econométrico ainda são escassos, especialmente quando realizados em escala municipal para toda a Amazônia Legal. É nessa direção que o presente estudo busca contribuir.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo e Fonte de Dados

O presente estudo utiliza uma base de dados com informações anuais referentes a todos os municípios da região, o que proporciona uma amostra robusta para a realização de estimativas econométricas consistentes. Essa abordagem metodológica está em consonância com o trabalho de Pintor; Silva; Piacenti (2015), que aplicaram modelos de dados em painel aos estados brasileiros e identificaram que o crédito rural exerce impacto positivo e estatisticamente significativo sobre o valor bruto da produção agropecuária, corroborando seu papel como instrumento de fomento ao desenvolvimento econômico.

A análise quantitativa dos impactos do crédito rural requer uma metodologia robusta, e o uso de dados em painel mostra-se adequado a esse propósito. Esse tipo de modelagem permite controlar efeitos não observáveis que influenciam tanto o acesso ao crédito quanto os resultados econômicos-ambientais. Segundo Gujarati; Porter (2011), essa técnica é fundamental para estudos que buscam mensurar relações causais em contextos heterogêneos, nos quais as diferenças individuais podem enviesar estimativas de regressões simples.

A seleção das variáveis garante a validade empírica da análise. Foram considerados os seguintes indicadores: (i) crédito rural total destinado aos municípios da Amazônia Legal para capturar o efeito agregado, conforme dados do Banco Central do Brasil; (ii) valor adicionado agropecuário dos municípios da Amazônia Legal, com base nas informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); (iii) número de empregos formais no setor agropecuário, com base nas informações da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS); e (iv) área destinada às atividades agropecuárias, com base em informações da plataforma MapBiomas.

Essa composição permite examinar de forma abrangente os efeitos econômicos e ambientais do crédito rural, identificando tanto seus impactos diretos sobre a produção quanto suas externalidades territoriais.

3.2 Modelo Econométrico

A especificação do modelo econométrico é dada por:

$$\ln(Y_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{Crédito}_{it}) + \Gamma X_{it} + \alpha_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

onde Y_{it} corresponde às variáveis dependentes (Valor Adicionado Agropecuário, Emprego ou Área Agropecuária em cada município i no tempo t), Crédito_{it} é a variável independente principal, X_{it} representa os controles (que variam, a depender do modelo), α_i captura os efeitos fixos individuais dos municípios, λ_t os efeitos fixos temporais e ε_{it} o termo de erro. Essa especificação permite estimar elasticidades que refletem a responsividade das variáveis dependentes ao crédito rural, ajustando por heterogeneidades não observadas.

Dessa forma, considera-se variável independente o logaritmo do crédito rural (\log_cred), sendo as variáveis explicativas o logaritmo do valor adicionado agropecuário (\log_vaagro), o logaritmo do emprego agropecuário ($\log_empagro$) e o logaritmo da área agropecuária ($\log_areaagro$).

A escolha entre os modelos de Efeitos Fixos (EF) e Efeitos Aleatórios (EA) foi realizada com base no Teste de Hausman, que verifica a existência de correlação entre os efeitos individuais e as variáveis explicativas. A hipótese nula indica ausência de correlação, favorecendo o modelo de efeitos aleatórios, enquanto sua rejeição implica a preferência pelo modelo de efeitos fixos. Os critérios de seleção priorizaram o Teste de Hausman, que rejeitou a hipótese nula em todos os casos ($p < 0,001$), indicando preferência pelo modelo de Efeitos Fixos devido à correlação entre efeitos individuais e variáveis explicativas. Complementarmente, o Critério de Informação de Akaike (AIC) foi utilizado tanto como métrica auxiliar para avaliar a qualidade de ajuste quanto para confirmar o desempenho superior do modelo de Efeitos Fixos, uma vez que menores valores do AIC favoreceram consistentemente esse modelo em relação ao de Efeitos Aleatórios. Toda a análise foi conduzida no software R, que oferece ferramentas específicas para o tratamento de dados em painel e permite a execução de testes de diagnóstico e comparação entre modelos.

De modo geral, a metodologia adotada integra dados estatísticos de fontes oficiais a técnicas econométricas modernas, possibilitando avaliar o crédito rural como vetor de transformação econômica e territorial na Amazônia Legal. O modelo

proposto busca compreender de que forma essa política pública influencia o valor adicionado agropecuário, a geração de empregos e o uso da terra no período de 2012 a 2021, fornecendo subsídios para uma reflexão crítica sobre os desafios do desenvolvimento sustentável na região.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção apresenta a análise descritiva das variáveis centrais do estudo, ilustrando seu comportamento agregado para a Amazônia Legal entre 2012 e 2021.

4.1 Análises Descritivas

4.1.1 Crédito Rural

O crédito rural na Amazônia Legal experimentou um crescimento expressivo ao longo do período analisado, passando de um volume total de aproximadamente R\$ 14,63 bilhões em 2012 para R\$ 62,68 bilhões em 2021, o que representa um aumento de mais de 328% em termos nominais (BACEN, 2025). Essa expansão reflete o fortalecimento das linhas de financiamento subsidiado pelo Banco Central do Brasil, que priorizaram o custeio, investimento e comercialização no setor agropecuário.

A Figura 1 apresenta a evolução temporal do volume total de crédito rural contratado na Amazônia Legal entre 2012 e 2021.



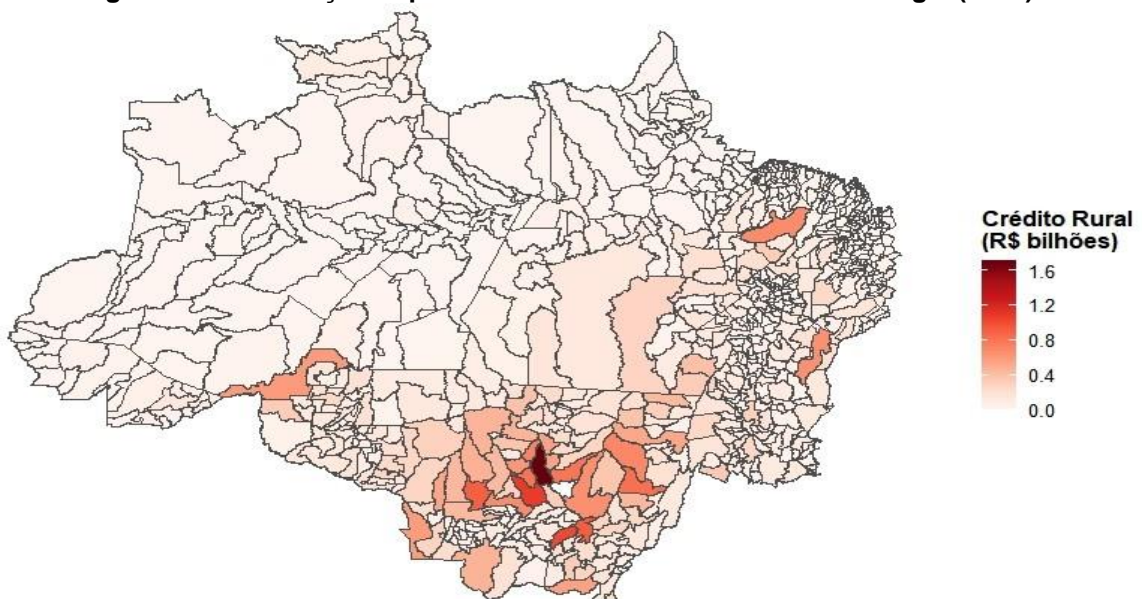
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

O aumento observado no crédito rural entre 2012 e 2021 pode ser atribuído a uma combinação de fatores econômicos e políticos favoráveis ao setor agropecuário

brasileiro, incluindo a expansão dos recursos disponíveis por meio do Plano Safra, com elevação nos limites de financiamento e criação de novas linhas de crédito, visando estimular investimentos em modernização agrícola e expansão produtiva, além da recuperação dos preços agrícolas internacionais e do crescimento da demanda por commodities, que incentivaram maior contratação de empréstimos para custeio e investimento (Servo, 2019). Por outro lado, a queda no crédito rural total entre 2015 e 2016 foi motivada principalmente pela grave recessão econômica que afetou o Brasil nesse período, caracterizada por contração do Produto Interno Bruto (PIB) em cerca de 3,6% em 2016, inflação elevada, instabilidade política, incluindo o processo de impeachment, e retração na oferta de crédito por parte dos bancos privados devido ao aumento das taxas de juros e à maior percepção de risco (Gazeta do Povo, 2015; Globo, 2017).

A distribuição espacial do crédito rural para o ano de 2021 (ver Figura 2) revela forte concentração em municípios centrais do Mato Grosso (Sorriso, Nova Mutum e Campo Verde), Balsas-MA, Paragominas-PA e Porto Velho-RO. Essas áreas são consolidadas na produção agropecuária mecanizada e apresentam maior capacidade de acesso ao sistema financeiro rural. Em contrapartida, municípios periféricos da Amazônia, especialmente os mais localizados ao norte da fronteira, exibem baixos ou nenhum volume de crédito, o que evidencia a persistência de desigualdades regionais no financiamento do setor agropecuário.

Figura 2 – Distribuição Espacial do Crédito Rural na Amazônia Legal (2021)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

4.1.2 Valor Adicionado Agropecuário

O valor adicionado da agropecuária na Amazônia Legal demonstrou uma trajetória de expansão crescente, evoluindo de R\$ 43,76 bilhões em 2012 para R\$ 151,76 bilhões em 2021, equivalente a um crescimento acumulado de 247% (ver Figura 3).

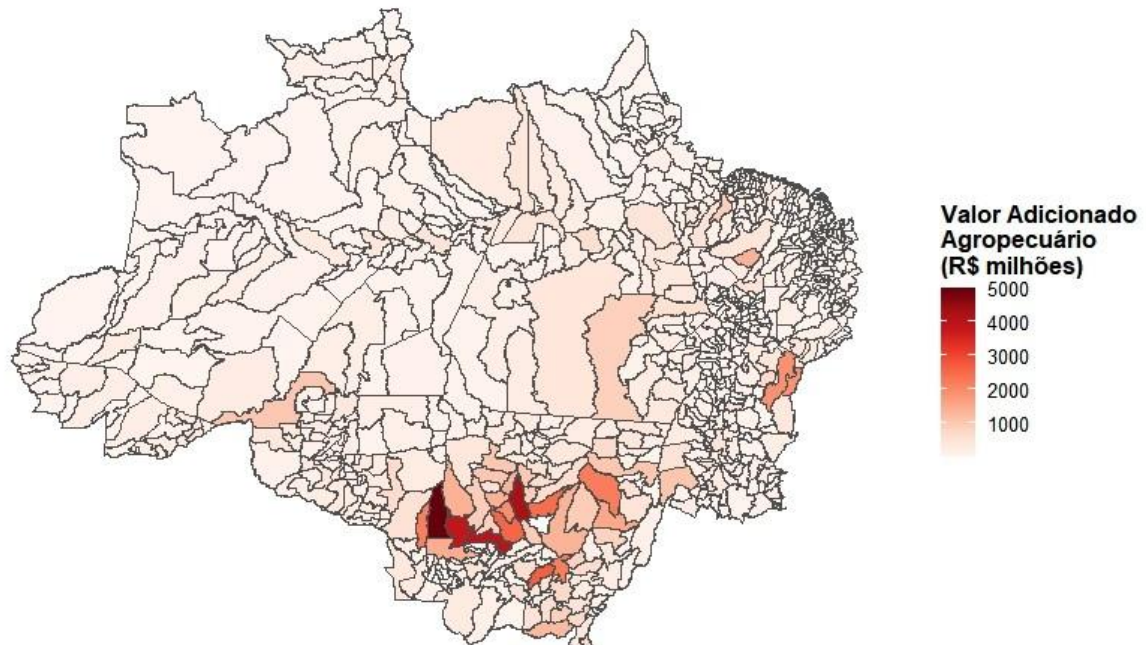


Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

A variação anual do valor adicionado agropecuário apresentou crescimento moderado entre 2012 e 2019, com incrementos médios próximos a 6% ao ano, passando de R\$ 43,7 bilhões em 2012 para R\$ 66,6 bilhões em 2019. A partir de 2020, o setor registrou forte aceleração, com alta de 48,2% em 2020 e 53,7% em 2021. O pico em 2021, com R\$ 151,76 bilhões, consolidou o maior valor histórico da série, representando 18,7% do PIB regional, frente a 12,6% em 2012.

A Figura 4 revela uma concentração marcante das atividades agropecuárias de maior valor econômico no sul e sudeste da Amazônia Legal, especialmente nas regiões limítrofes de Mato Grosso, Tocantins e Maranhão. Os tons mais escuros do mapa, que representam valores acima de R\$ 4 bilhões, indicam polos de produção intensiva de larga escala, revelando setores fortemente capitalizados e com maior acesso ao crédito rural e à infraestrutura logística.

Figura 4 – Distribuição Espacial do Valor Adicionado Agropecuário na Amazônia Legal (2021)



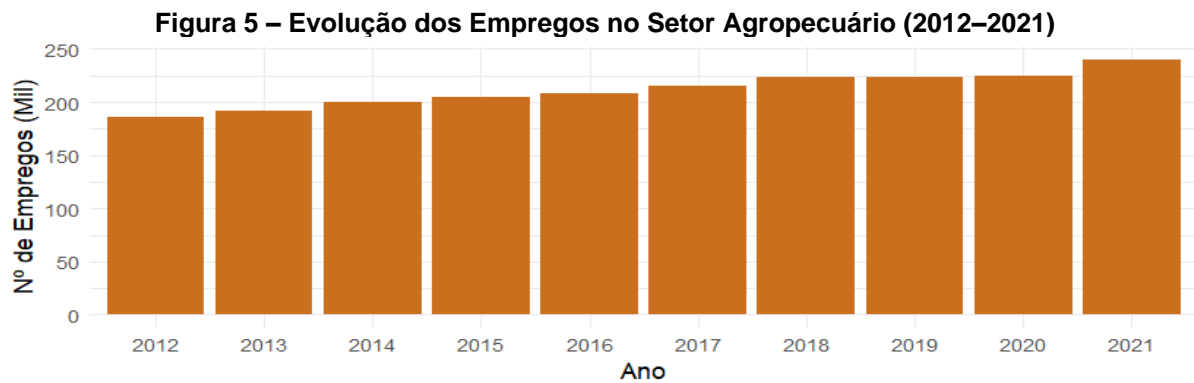
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

Em contraste, a maior parte dos municípios do norte e noroeste amazônico, especialmente no Amazonas, Amapá e norte do Pará, apresentam valores baixos de Valor Adicionado Agropecuário (inferiores a R\$ 1 bilhão), refletindo baixa densidade produtiva, infraestrutura limitada e menor inserção nos mercados nacionais e internacionais.

Assim, verifica-se que o dinamismo econômico da agropecuária amazônica é fortemente espacializado, acompanhando tanto o avanço da fronteira agrícola quanto as condições de acesso ao crédito e à infraestrutura. A interpretação desse padrão reforça a necessidade de políticas diferenciadas, que combinem fomento produtivo com preservação ambiental, evitando a ampliação das desigualdades regionais dentro da própria Amazônia Legal.

4.1.3 Empregos Formais no Setor Agropecuário

Os empregos formais no setor agropecuário da Amazônia Legal registraram um aumento gradual, passando de 185.406 postos em 2012 para 239.494 em 2021, um ganho de 29,2% ou cerca de 54 mil vagas adicionais (ver Figura 5). Esse crescimento moderado contrasta com a expansão mais acelerada do crédito e do valor adicionado agropecuário, sugerindo uma tendência à mecanização e maior produtividade por trabalhador, em detrimento da absorção intensiva de mão de obra.

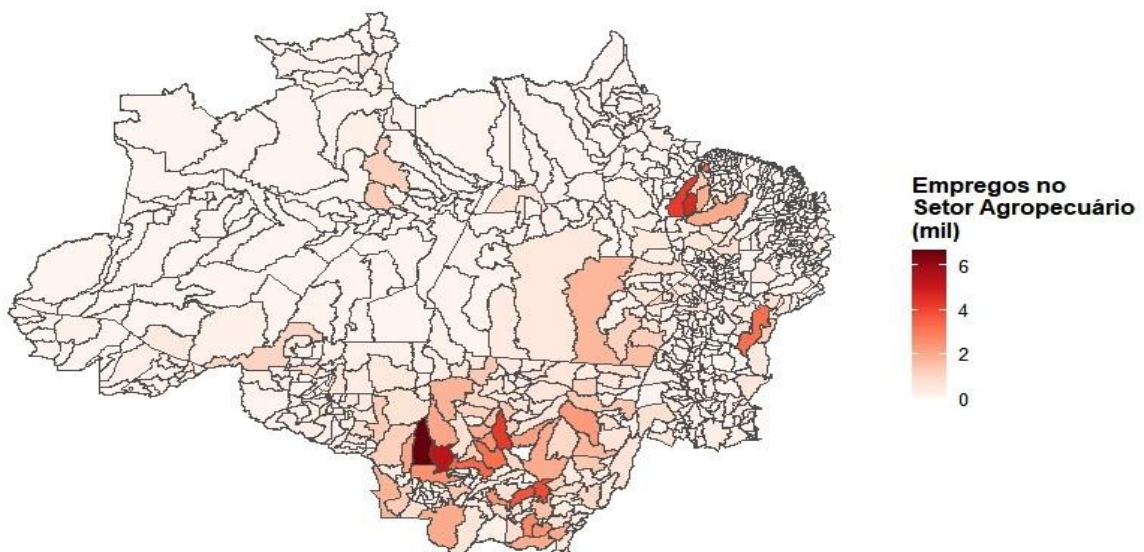


Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

Anualmente, as variações foram suaves, com acréscimos médios de 5 mil empregos por ano até 2020, totalizando cerca de 220 mil vagas. Apesar da pandemia, o setor manteve resiliência, adicionando 658 e 14,8 mil empregos, respectivamente.

A Figura 6 revela uma forte concentração geográfica do emprego formal rural em áreas já consolidadas do agronegócio, particularmente no centro-sul do Mato Grosso, no norte do Tocantins, no sul do Pará e em partes do Maranhão. Os municípios destacados em tons mais escuros, com mais de 6 mil empregos formais, coincidem amplamente com os polos de elevado valor adicionado agropecuário, evidenciando uma sobreposição espacial entre dinamismo econômico e intensidade do emprego.

Figura 6 – Distribuição Espacial dos Empregos no Setor Agropecuário na Amazônia Legal (2021)

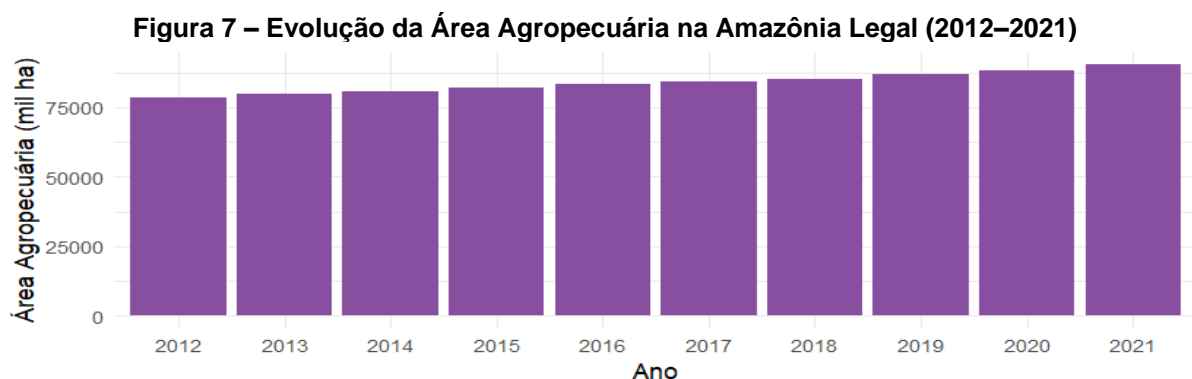


Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

Por outro lado, observa-se que vastas áreas do Amazonas, Amapá e norte do Pará apresentam baixos níveis de ocupação formal no setor, muitas vezes inferiores a mil vínculos empregatícios, o que reflete a prevalência de sistemas produtivos de subsistência, baixa mecanização e reduzido acesso ao crédito rural. Esse padrão reforça a persistência de uma dualidade estrutural no espaço amazônico: enquanto parte da região se integra plenamente às cadeias agroindustriais nacionais e exportadoras, outra parcela permanece marginalizada, com menor capacidade de absorção de mão de obra formal.

4.1.4 Área Agropecuária

A área dedicada à agropecuária na região expandiu-se de 78,63 milhões de hectares em 2012 para 90,29 milhões em 2021. A Figura 7 mostra a evolução anual dessa variável.



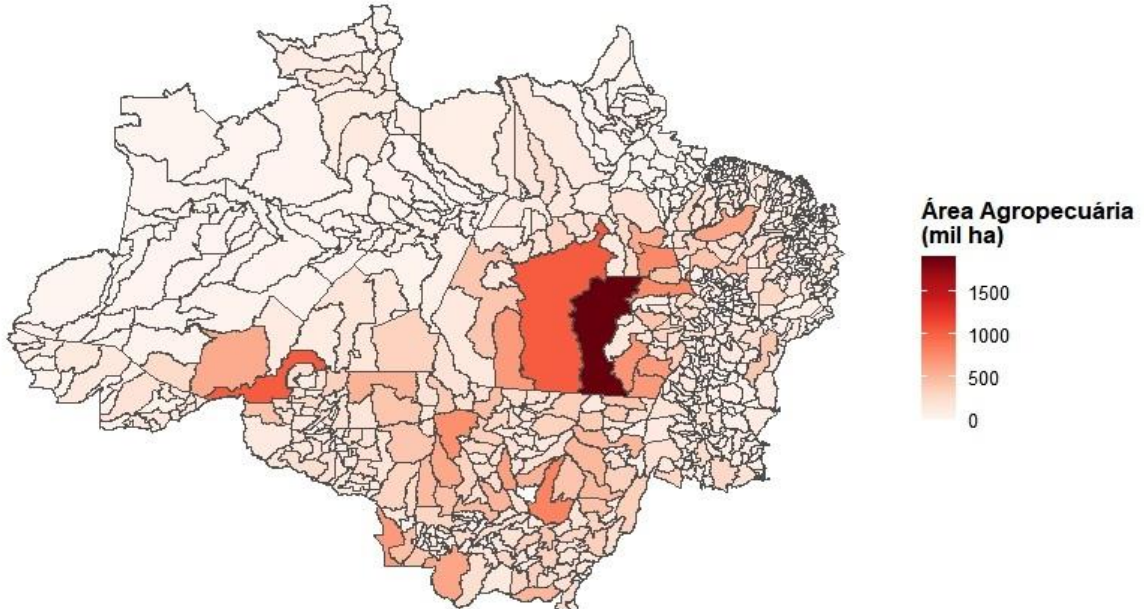
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

Essa ampliação territorial reflete a conversão de áreas de floresta e pastagens nativas para cultivos e pecuária. As variações anuais foram consistentes, com ganhos de 0,8-1,5 milhão de hectares por ano, acelerando em 2016-2018 (média de 1,8 milhão). Em 2020, houve um incremento de 1,2 milhão de hectares, enquanto 2021 consolidou o patamar atual, com 17,96% do território regional dedicado à atividade (contra 15,64% em 2012).

A Figura 8 revela a distribuição espacial da área agropecuária em 2021, com forte concentração nas regiões de fronteira consolidada. Os municípios com coloração mais intensa, que ultrapassam 1,5 milhão de hectares destinados à

agropecuária, correspondem a áreas de ocupação histórica e elevada capacidade produtiva, marcadas por grande presença de pastagens, cultivos de soja, milho e criação bovina em larga escala (Margulis, 2003).

Figura 8 – Distribuição Espacial da Área Agropecuária na Amazônia Legal (2021)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

Em contraste, os municípios do norte do Amazonas, Amapá e oeste do Acre apresentam baixa densidade agropecuária, refletindo tanto as condições ambientais limitantes quanto a menor integração dessas áreas às cadeias produtivas e de escoamento. Essa diferença regional revela um padrão de uso desigual do território, no qual a agropecuária se expande preferencialmente nas zonas com melhor infraestrutura logística e acesso a mercados, reforçando as desigualdades estruturais dentro da Amazônia Legal.

A espacialização apresentada pela figura demonstra, portanto, que a expansão agropecuária amazônica é fortemente condicionada por fatores econômicos e territoriais, mais do que por variáveis ambientais isoladas, evidenciando o papel da infraestrutura e do acesso ao crédito como vetores determinantes da ocupação do solo na região.

4.2 Análises Econométricas

4.2.1 Efeitos Econômicos do Crédito Rural

A Tabela 1 apresenta os resultados dos modelos de efeitos fixos e efeitos aleatórios para o Valor Adicionado Agropecuário (log_vaagro).

Tabela 1 - Resultados da Estimação dos Efeitos Fixos e Aleatórios (VA Agro)

Variável	Estimativa (EF)	Erro padrão (EF)	p-valor (EF)	Estimativa (EA)	Erro padrão (EA)	p-valor (EA)
log_cred	0,030558	0,003344	< 0,001	0,019291	0,003316	< 0,001
log_empagro	0,143558	0,013565	< 0,001	0,141325	0,011668	< 0,001
log_areaagro	1,037279	0,047809	< 0,001	0,361444	0,022307	< 0,001
Hausman	242,4; <0,001	–	–	–	–	–
AIC	11.208,94	–	–	12.315,20	–	–

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Os resultados do modelo de Efeitos Fixos indicam coeficientes positivos e estatisticamente significativos para todas as variáveis. O crédito rural apresentou um coeficiente de 0,0306 ($p < 0,001$), o emprego agropecuário de 0,1436 ($p < 0,001$) e a área agropecuária de 1,0373 ($p < 0,001$). Isso implica que, mantendo-se as demais variáveis constantes (*ceteris paribus*), um aumento de 1% no crédito rural está associado a um aumento médio de 0,03% no VA Agropecuário, enquanto aumentos de 1% no emprego e na área agropecuária elevam o VA em 0,14% e 1,04%, respectivamente.

No modelo de Efeitos Aleatórios, os coeficientes também são positivos e significativos, embora de menor magnitude para o crédito (0,0193) e a área (0,3614). O Teste de Hausman apresentou valor de $\chi^2 = 242,36$ ($p < 0,001$), confirmando que o modelo de Efeitos Fixos é o mais consistente. O AIC reforça essa escolha, sendo 11.208,94 (FE) contra 12.315,20 (RE).

Esses resultados demonstram que o crédito rural desempenha um papel positivo e estatisticamente robusto sobre o desempenho produtivo agropecuário, confirmando sua relevância como instrumento de política pública de fomento ao setor. Essa visão é corroborada por Pintor; Silva; Piacenti (2015), que identificam impactos positivos no valor bruto da produção via análise em painel, e por Stamm; Ferreira; Souza (2023), que evidenciam causalidade unidirecional e efeitos no VBP

de 2005-2020. Gasques et al. (2023) reforçam com crescimento anual de 3,5% na produtividade (1975-2022), atribuído em parte ao crédito.

4.2.2 Efeitos Sociais do Crédito Rural

A Tabela 2 tem como variável dependente $\log_empagro$, sendo explicadas por \log_vaagro , \log_cred e $\log_areaagro$.

Tabela 2 - Resultados da Estimação dos Efeitos Fixos e Aleatórios (Empregos)

Variável	Estimativa (EF)	Erro padrão (EF)	p-valor (EF)	Estimativa (EA)	Erro padrão (EA)	p-valor (EA)
\log_vaagro	0,110467	0,010439	< 0,001	0,116878	0,010232	< 0,001
\log_cred	0,016644	0,002944	< 0,001	0,022042	0,002935	< 0,001
$\log_areaagro$	0,790588	0,042285	< 0,001	0,840618	0,025747	< 0,001
Hausman	191,50; <0,001	–	–	–	–	–
AIC	9.186,11	–	–	10.215,68	–	–

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

No modelo de Efeitos Fixos, todas as variáveis apresentaram coeficientes positivos e significativos: o VA Agropecuário com 0,1105, o Crédito Rural com 0,0166, e a Área Agropecuária com 0,7906, todos com $p < 0,001$. Assim, mantidas constantes as demais variáveis (*ceteris paribus*), um aumento de 1% no crédito rural está associado a um incremento médio de 0,0166% no emprego formal do setor agropecuário.

Já no modelo de Efeitos Aleatórios, os coeficientes permanecem positivos e ligeiramente maiores: 0,1169 (VA Agropecuário), 0,0220 (Crédito) e 0,8406 (Área Agropecuária). O Teste de Hausman apresentou $\chi^2 = 191,5$ ($p < 0,001$), indicando novamente a superioridade do modelo de Efeitos Fixos, o que se confirma pelo AIC: 9.186,11 (FE) contra 10.215,68 (RE).

Os resultados mostram que, embora o crédito rural contribua positivamente para a geração de emprego formal, esse impacto é moderado, sinalizando que o aumento do crédito pode estar mais associado a ganhos de produtividade e mecanização do setor do que à expansão do emprego intensivo (Silva; Arruda, 2019; Stamm; Ferreira; Souza, 2023). Corroborando essa perspectiva, Pintor; Silva; Piacenti (2015) e Gasques et al. (2023) enfatizam o efeito robusto no valor adicionado agropecuário via modernização.

4.2.3 Efeitos Ambientais do Crédito Rural

Na Tabela 3, a variável dependente é $\log_areaagro$, sendo explicada pelo \log_vaagro , \log_cred e $\log_empagro$.

Tabela 3 – Resultados da Estimação dos Efeitos Fixos e Aleatórios (Área Agrícola)

Variável	Estimativa (EF)	Erro padrão (EF)	p-valor (EF)	Estimativa (EA)	Erro padrão (EA)	p-valor (EA)
\log_vaagro	0,061155	0,002819	< 0,001	0,063102	0,003001	< 0,001
\log_cred	-0,005778	0,000814	< 0,001	-0,004238	0,000867	< 0,001
$\log_empagro$	0,060573	0,003240	< 0,001	0,076859	0,003396	< 0,001
Hausman	355,55; <0,001	–	–	–	–	–
AIC	-10.645,97	–	–	-8.820,95	–	–

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

O modelo de Efeitos Fixos revela que tanto o Valor Adicionado Agropecuário (0,0611) quanto o Emprego Agropecuário (0,0606) exercem efeitos positivos e altamente significativos ($p < 0,001$) sobre a expansão da área destinada à agropecuária. Em contrapartida, o Crédito Rural apresentou coeficiente negativo de -0,0058 ($p < 0,001$), sugerindo que, ceteris paribus, maiores volumes de crédito tendem a estar associados à redução relativa da área utilizada, o que pode refletir um movimento de intensificação produtiva em vez de expansão horizontal. Essa evidência faz sentido ao considerar que o crédito rural recente pode estar direcionado a investimentos em produtividade (ex.: tecnologia, insumos), reduzindo a necessidade de expansão territorial consolidada, sem necessariamente capturar desmatamentos ilegais não consolidados. Tal dinâmica alinha-se a tendências de modernização agrícola na região amazônica, onde o avanço produtivo prioriza ganhos de produtividade sem ampliação significativa da fronteira, mitigando riscos de desmatamento (Lobão; Staduto, 2020; Mourão; Stussi; Souza, 2024). No entanto, esse efeito deve ser contextualizado com políticas públicas que incentivem práticas sustentáveis, pois, em cenários de expansão especulativa, o crédito poderia indiretamente fomentar conversões de terra, como observado em estudos sobre causas históricas de desmatamento (Margulis, 2003).

No modelo de Efeitos Aleatórios, a magnitude dos coeficientes é semelhante, mas novamente o Teste de Hausman ($\chi^2 = 355,55$; $p < 0,001$) indica a preferência pelo modelo de Efeitos Fixos, corroborada pelo AIC (-10.645,97 (FE) contra -8.820,95 (RE)).

De modo geral, os resultados gráficos revelam um ciclo de expansão do setor agropecuário, porém com dinâmicas heterogêneas. Observa-se uma elevação acentuada do crédito rural e do Valor Adicionado (VA), indicando forte dinamismo econômico. Em contrapartida, o crescimento do emprego formal ocorre de forma mais lenta enquanto a área agropecuária obtém resultados negativos.

Esse resultado é especialmente relevante no contexto amazônico, sugerindo que, ao longo do período analisado (2012–2021), o crédito rural pode ter contribuído para melhorias de produtividade e uso mais eficiente da terra, em vez de estimular o desmatamento ou a expansão indiscriminada da fronteira agrícola.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitem concluir que o crédito rural exerceu impactos predominantemente positivos no desempenho econômico do setor agropecuário, ao mesmo tempo em que não contribuiu para a expansão da área destinada às atividades agropecuárias, sugerindo um padrão de crescimento mais intensivo do que extensivo no período analisado. Esses achados dialogam com a literatura existente, concordando em parte com estudos que enfatizam os benefícios econômicos do crédito, mas refutando análises que associam diretamente o crédito rural ao aumento do desmatamento.

Especificamente, verificou-se que um aumento de 1% no volume de crédito rural está associado a um incremento médio de aproximadamente 0,0305% no valor adicionado agropecuário (elasticidade estatisticamente significativa a 1%), confirmando o papel do crédito como instrumento efetivo de fomento à produtividade e à modernização produtiva regional. Esse resultado alinha-se aos achados de Pintor; Silva; Piacenti (2015), que identificaram impacto positivo do crédito rural no valor adicionado agropecuário em nível nacional, e de Stamm; Ferreira; Souza (2023), que demonstraram que o crédito rural, especialmente na modalidade de investimento, eleva o valor bruto da produção agropecuária nos estados brasileiros. Da mesma forma, o crédito rural apresentou efeito positivo sobre o emprego formal

no setor, com elasticidade de cerca de 0,0166% (também significativa a 1%), embora de magnitude moderada, o que indica que os ganhos produtivos derivaram mais da adoção de tecnologias e mecanização do que de uma expansão intensiva em mão de obra. Aqui, há concordância parcial com Silva; Arruda (2019), que encontraram impactos positivos do crédito sobre o PIB agropecuário e salários reais, mas observaram redução no emprego em modelos agregados – no entanto, em subamostras regionais como Norte e Nordeste (incluindo a Amazônia Legal), o crédito gerou efeitos positivos no emprego, o que reforça os resultados deste estudo para a região analisada.

No que diz respeito aos impactos ambientais, o achado mais relevante foi a relação negativa entre o crédito rural e a área agropecuária, com coeficiente de aproximadamente -0,006 (significativo a 1%). Isso sugere que, no período estudado, os financiamentos rurais não impulsionaram a expansão da fronteira agrícola nem contribuíram para o aumento do desmatamento associado à conversão de novas áreas, mas sim favoreceram a intensificação do uso do solo em áreas já consolidadas. A relação negativa encontrada aqui pode ser atribuída ao período mais recente (2012-2021), marcado por políticas como o PPCDAm e maior fiscalização, que mitigaram pressões. Ademais, o estudo alinha-se com Gasques et al. (2023), que enfatizam o crescimento agrícola impulsionado por produtividade (não expansão), com redução na mão de obra e intensificação, e com Lobão; Staduto (2020), que destacam heterogeneidade na modernização agrícola na Amazônia, mais avançada no sul e leste, mas sem necessariamente expandir áreas.

Essas conclusões reforçam que o crédito rural pode atuar simultaneamente como vetor de desenvolvimento econômico regional e como indutor de padrões produtivos mais eficientes e menos pressionadores sobre o meio ambiente, desde que inserido em um contexto de políticas públicas que priorizem a intensificação sustentável. Estudos como Mafra et al. (2021) corroboram isso ao mostrar o crédito para inovação no Amazonas impulsionando mudanças para pecuária, mas com potencial para práticas mais sustentáveis se condicionado ambientalmente. Relatórios sobre o PIB agropecuário (CNA; CEPEA, 2025a) destacam o setor como impulsionador do crescimento nacional, reforçando os benefícios econômicos, enquanto Servo (2019) contextualiza a evolução do crédito com redução de subsídios, sugerindo maior eficiência.

Em termos de política pública, os resultados deste trabalho sugerem a necessidade de aperfeiçoamento das condicionalidades socioambientais do crédito rural, de modo que os recursos sejam vinculados ao cumprimento de requisitos como o Cadastro Ambiental Rural (CAR), práticas de manejo sustentável e regularidade fundiária. Além disso, recomenda-se o fortalecimento da capilaridade financeira na região, por meio da ampliação de cooperativas e bancos regionais, a fim de reduzir a exclusão creditícia de pequenos produtores.

Essa exclusão creditícia atinge especialmente os pequenos produtores rurais, que representam a maioria dos estabelecimentos agropecuários na Amazônia Legal, mas captam parcelas mínimas dos recursos disponíveis. A principal barreira não é apenas a distância física das agências bancárias ou a exigência de garantias, mas, sobretudo, a ausência de assistência técnica especializada capaz de auxiliar na estruturação de projetos viáveis, no preenchimento da documentação exigida e na adequação aos critérios socioambientais. Sem esse suporte, muitos produtores familiares permanecem alijados das linhas de crédito subsidiado, impedidos de acessar recursos para custeio, investimento ou modernização, o que os condena à baixa produtividade, à dependência de atividades de subsistência ou à informalidade creditícia com juros elevados. Tal assimetria reforça a concentração do crédito em grandes produtores e agroindústrias já consolidadas, aprofundando as desigualdades regionais e limitando o potencial inclusivo do crédito rural como instrumento de desenvolvimento sustentável.

Embora os modelos de efeitos fixos em painel e os dados municipais ofereçam robustez metodológica, o estudo tem limitações. O período analisado (2012–2021) reflete uma fase de expansão do crédito rural e contenção do desmatamento, limitando a generalização para cenários de maior pressão agrícola ou enfraquecimento regulatório pós-2021, como indicado por Silva; Costa Silva (2022) sobre expansão em áreas protegidas. Além disso, variáveis omitidas tais como a fiscalização ambiental municipal, os choques climáticos ou qualidade da assistência técnica, podem afetar os coeficientes. A agregação dos dados de crédito rural impede a distinção entre modalidades (custeio vs. investimento) ou finalidades específicas, revelando heterogeneidades nos impactos. Por fim, a variável de área agropecuária do MapBiomas mede o uso consolidado do solo, mas não captura desmatamento recente ou ilegal, reduzindo a precisão ambiental, como discutido em Messias et al. (2021). Como a variável ambiental adotada mede uso consolidado do

solo (MapBiomias), os resultados reforçam que o crédito não impulsiona expansão agropecuária estabelecida, o que é coerente com uma transição para práticas sustentáveis; no entanto, estudos futuros poderiam incorporar dados de desmatamento em tempo real (ex.: PRODES) para validar essa inferência.

Futuras pesquisas poderiam estender o período de estudo para anos mais recentes, avaliando se os padrões persistem frente a mudanças na política de crédito rural e regulatório ambiental, como observado em Mourão; Stussi; Souza (2024). Desagregar o crédito por modalidades (custeio, investimento, Pronaf vs. grandes produtores) e fontes identificaria impactos heterogêneos, alinhando-se a Mafra et al. (2021) sobre inovação. Incluir variáveis proxy para fiscalização ambiental (ex.: embargos do Ibama) ou assistência técnica reduziria vieses omitidos e esclareceria canais de influência no uso do solo. Estudos qualitativos ou mistos, com análises de caso em municípios da dualidade amazônica (fronteira consolidada vs. periférica), melhorariam a compreensão de dinâmicas locais e barreiras para pequenos produtores no crédito sustentável, ecoando Silva; Costa Silva (2022) sobre áreas protegidas. Por fim, métodos robustos como variáveis instrumentais ou regressão com descontinuidades fortaleceria inferências sobre crédito rural e desmatamento, testando achados de Bernardes (2022) na expansão do agronegócio.

Dessa forma, conclui-se que o crédito rural é um vetor de transformação econômica e territorial na Amazônia Legal, tendo impulsionado a modernização produtiva e a geração de valor na produção regional. No entanto, para que seus efeitos positivos se consolidem, é indispensável a existência de coordenação interinstitucional e de mecanismos de controle eficazes capazes de mitigar potenciais impactos ambientais adversos. Assim, torna-se fundamental buscar o equilíbrio entre crescimento econômico e sustentabilidade, em uma perspectiva de desenvolvimento monitorado e ambientalmente responsável, capaz de compatibilizar a expansão agrícola com a conservação dos ecossistemas amazônicos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Banco Central do Brasil. Sistema de operações do crédito rural e do Proagro: Sicor. Brasília, DF, [s. d.]. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/micrrural>. Acesso em: 12 jul. 2025.

BRASIL. Banco Central do Brasil. Crédito rural. Brasília, DF, [s. d.]. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/creditorural>. Acesso em: 12 jul. 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Amazônia Legal. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html>. Acesso em: 12 jul. 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Amazônia Legal. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 12 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Coordenação Geral de Estatísticas do Trabalho. Bases de dados. Brasília, DF, [s. d.]. Disponível em: <https://acesso.mte.gov.br/portal-pdet/o-pdet/portifolio-de-produtos/bases-de-dados.htm>. Acesso em: 12 jul. 2025.

BERNARDES, Julia Adão. EXPANSÃO DO AGRONEGÓCIO NA AMAZÔNIA: DINÂMICAS E CONTRADIÇÕES. **Revista Tamoios**, São Gonçalo, v. 18, n. 1, p. 60-73, 2022. DOI: 10.12957/tamoios.2022.63233. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/tamoios/article/view/63233>. Acesso em: 12 jul. 2025.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL; CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Mercado de trabalho do agronegócio. Piracicaba, SP, [s. d.]. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/mercado-de-trabalho-do-agronegocio.aspx>. Acesso em: 31 out. 2025.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL; CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Desempenho do quarto trimestre reverte a tendência de queda anual, e PIB do agronegócio avança 1,81% em 2024. Brasília, DF, 9 abr. 2025. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/publicacoes/desempenho-do-quarto-trimestre-reverte-a-tendencia-de-queda-anual-e-pib-do-agronegocio-avanca-1-81-em-2024>. Acesso em: 12 jul. 2025.

GASQUES, José G.; FILHO, José Eustáquio R. Vieira; BASTOS, Eliana T.; BACCHI, Mirian R. P. Produtividade da agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, [S. l.], v. 32, n. 3, p. 133, 2023. Disponível em: <https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/1935>. Acesso em: 12 jul. 2025.

GAZETA DO POVO. Dificuldade de acesso ao crédito rural mobiliza governo em Brasília. Curitiba, PR, 24 ago. 2015. Seção Políticas Agrícolas. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/agricultura/dificuldade-de-acesso-ao-credito-rural-mobiliza-governo-em-brasilia-c5u6n8091hqn9krm9it7470w5/>. Acesso em: 13 jul. 2025.

GUJARATI, D. N.; PORTER, Dawn C. Econometria básica. 5. ed. Porto Alegre: **AMGH**, 2011.

G1. PIB recua 3,6% em 2016, e Brasil tem pior recessão da história. Rio de Janeiro, 7 mar. 2017. Economia. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/pib->

[brasileiro-recua-36-em-2016-e-tem-pior-recessao-da-historia.ghtml](#). Acesso em: 13 jul. 2025.

LOBÃO, M. S. P.; STADUTO, J. A. R. Modernização agrícola na Amazônia brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 58(2), e188276. 2020. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.182276>. Acesso em: 12 jul. 2025.

MAFRA, R. Z.; SANTOS, A. B.; SOUSA, L. V. de C.; BRASIL, M. C.; FERREIRA, M. C. Crédito rural para a inovação da agropecuária do estado do Amazonas no período de 2002 a 2018. **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 7, n. 17, p. 73-91, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.36882/2525-4812.2021v7i17.p73-91>. Acesso em: 13 jul. 2025.

MAPBIOMAS. Estatísticas - Uso e Cobertura da Terra, Coleção 10. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/estatisticas/>. Acesso em: 12 jul. 2025.

MARGULIS, S. Causas do desmatamento da Amazônia brasileira. Brasília: **Banco Mundial**, 2003. 100 p. ISBN 85-88192-10-1.

MESSIAS, Cassiano Gustavo; SILVA, Daniel e; DA SILVA, Murilo Brasil; DE LIMA, Thiago Carvalho; DE ALMEIDA, Claudio Aparecido. ANÁLISE DAS TAXAS DE DESMATAMENTO E SEUS FATORES ASSOCIADOS NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA NAS ÚLTIMAS TRÊS DÉCADAS. **Ra'e Ga: o Espaço Geográfico em Análise**, [S. l.], v. 52, p. 18–41, 2021. DOI: 10.5380/raega.v52i0.74087. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/74087>. Acesso em: 12 jul. 2025.

MOURÃO, J.; STUSSI, M.; SOUZA, P. CAR a CAR: a relação entre o crédito rural subsidiado e o desmatamento. Rio de Janeiro: **Climate Policy Initiative**, 2024. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/pt-br/publication/car-a-car-a-relacao-entre-o-credito-rural-subsidiado-e-o-desmatamento/>. Acesso em: 12 jul. 2025.

PINTOR, Eduardo de; SILVA, Geisiane Michelle da; PIACENTI, Carlos Alberto. Crédito rural e crescimento econômico no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 5–19, 2015. Disponível em: <https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/962>. Acesso em: 12 jul. 2025.

SERVO, Fábio. Evolução do crédito rural nos últimos anos-safra. Brasília, DF: **Ipea**, 2019. (Carta de Conjuntura, n. 43). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2019/05/evolucao-do-credito-rural-nos-ultimos-anos-safra/>. Acesso em: 13 jul. 2025.

SILVA, J. P. R. e; ARRUDA, E. F. Impactos do crédito rural no mercado de trabalho da agropecuária dos estados brasileiros. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 340–356, 2020. Disponível em: <https://revistaaber.org.br/rberu/article/view/510>. Acesso em: 12 jul. 2025.

SILVA, V. V.; COSTA SILVA, R. G. Amazônia, fronteira e áreas protegidas: dialética da expansão econômica e proteção da natureza. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 25, p. 1-21, out. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/ZYHyCdFRLgZcDFnjDBPsrMN/?lang=pt>. Acesso em: 12 jul. 2025.

STAMM, Cristiano; FERREIRA, Raiane Benevides; SOUZA, Kennedy Jamestony de Carvalho e. Crédito Rural e Valor Bruto da Produção Agropecuária: uma análise dos estados brasileiros. **Redes**, [S. l.], v. 28, n. 1, 2023. DOI: 10.17058/redes.v28i1.17486. Disponível em: <https://seer.unisc.br/index.php/redes/article/view/17486>. Acesso em: 10 jul. 2025.