

Efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola na Amazônia Legal: uma análise para a agricultura familiar

Jefferson Douglas da Silva **PEREIRA**¹

jefferson.pereira@estudante.ufjf.br |  ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9144-4675>

Lucas **LEÃO**¹

lucas.leao@estudante.ufjf.br |  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9836-7673>

Jamaika **PRADO**¹

jamaika.prado@estudante.ufjf.br |  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5305-0592>

Caio Henrique Mota Silva **BAPTISTA**¹

caiohbaptista100@gmail.com |  <https://orcid.org/0000-0002-1999-2068>

Weslem Rodrigues **FARIA**¹

weslem.faria@ufjf.br |  <https://orcid.org/0000-0002-4398-3321>

Resumo

O objetivo deste estudo é mensurar os efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola dos estabelecimentos agropecuários da agricultura familiar nos municípios da Amazônia Legal brasileira, nos anos de 2006 e de 2017. Além disso, foi estimado o efeito do desmatamento sobre a produtividade total dos fatores. Para realizar esta análise, foi proposta uma função de produção do tipo Cobb-Douglas em uma versão ampliada. As elasticidades estimadas mostram que um aumento na proporção de área desmatada acumulada em relação à área total dos municípios da Amazônia Legal resultou em um aumento de 0,0288 na produtividade agrícola por hectare em 2006, e de 0,0229 em 2017. Em relação à Produtividade Total dos Fatores (PTF), as elasticidades foram de -0,0165, em 2006, e 0,0079, em 2017. De modo geral, os resultados sugerem que o desmatamento geraria ganhos de produtividade para a agricultura familiar da Amazônia Legal no curto prazo, o que poderia intensificá-lo no longo prazo.

Palavras-chaves

Desmatamento, Agricultura familiar, Função de produção agrícola, PTF agrícola.

¹ Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Faculdade de Economia, Juiz de Fora, MG, Brasil.

* Os autores agradecem à CAPES 001, ao CNPq processo 309195/2022-5 e 141026/2020-0, à FAPEMIG e à UFJF pelo apoio financeiro.

Recebido: 19/09/2023.

Revisado: 11/03/2025.

Aceito: 21/04/2025.

DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-53575532jljcw>



This Article is Distributed Under the Terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Effects of deforestation on agricultural productivity in the Brazilian legal amazon: evidence from family farming

Abstract

The objective of this study is to measure the effects of deforestation on the agricultural productivity of family farming establishments in the municipalities of the Brazilian Legal Amazon in the years 2006 and 2017. In addition, the effect of deforestation on total factor productivity was estimated. To perform this analysis, an extended Cobb-Douglas production function was assumed. The estimated elasticities show that an increase in the proportion of accumulated deforested area relative to the total area of municipalities in the Legal Amazon resulted in an increase of 0.0288 in agricultural productivity per hectare in 2006 and 0.0229 in 2017. Regarding Total Factor Productivity (TFP), the elasticities were -0.0165 in 2006 and 0.0079 in 2017. Overall, the estimated results suggest that deforestation would generate productivity gains for family farming in the Legal Amazon in the short term, which could intensify it in the long term.

Keywords

Deforestation, Family farming, Agricultural production function, Agricultural TFP

JEL Classification

Q12; Q15; Q18.

1. Introdução

O combate às mudanças climáticas e, sobretudo, ao aquecimento global é tema central na política ambiental internacional. No Brasil, o combate ao desmatamento ilegal da Floresta Amazônica é tido como prioritário nesta luta, em especial, por ele ter aumentado consideravelmente nos últimos anos e pelo compromisso assumido pelo país de zerar o desmatamento ilegal até 2028 (UNFCCC 2023). Segundo dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite¹ (PRODES), em 2022, o total acumulado de área desmatada representava 16,6% (838.996,5 km² de 5.068.433 km²) da área total da Amazônia Legal², ante 11,6% em 2001 (587.430,8 km² de 5.068.433 km²), um crescimento de 42,8% (PRODES 2023).

¹ O Prodes é o sistema de monitoramento anual da supressão de vegetação nativa por sensoriamento remoto do INPE que produz o mapeamento e dados oficiais sobre as perdas de vegetação nativa de todos os biomas brasileiros.

² A Amazônia Legal corresponde à área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM delimitada em consonância ao Art. 2o da Lei Complementar n. 124, de 03.01.2007. A Amazônia Legal é composta por 772 municípios, pertencentes aos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, na região Norte, do Mato Grosso, na Região Centro-Oeste, e do Maranhão, na região Nordeste, situados ao oeste do meridiano 44° (IBGE 2025a).

O desmatamento na Amazônia Legal é consequência do processo de ocupação do território brasileiro e se intensificou com a construção de estradas ligando o Centro-Sul ao Norte do país, em 1960, e com a implementação de políticas governamentais de integração territorial, entre 1970 e 1980 (Alencar et al. 2004; Diniz *et al.* 2009; Rossoni e Moraes 2020). Segundo Margulis (2003), os subsídios fiscais e financeiros predominantes na década de 1970 foram propulsores do processo de desmatamento na Amazônia Legal. A partir da década de 1980, o desflorestamento ganha um caráter espontâneo movido pela lógica da valorização econômica e pela maximização dos resultados privados da exploração dos recursos naturais do território ocupado (Diniz *et al.* 2009).

A perda da cobertura vegetal na Amazônia Legal está ligada, principalmente, à expansão da fronteira agropecuária (Alencar et al. 2004; Almeida *et al.* 2022; Andersen e Reis 2015; Bispo e Pimentel 2017; Diniz *et al.* 2009; Lameira e Pena 2017; Margulis 2003; Estudo, Morales, e Bragagnolo 2023; Reis e Margulis 1991; Rivero *et al.* 2009). A sistemática consiste em eliminar a floresta primária e, em seguida, no solo descoberto, implantar sistemas agrícolas ou pecuários (Santos, Braga, e Homma 2009). Apesar de destacar que os grandes e médios fazendeiros respondem por parte significativa do desmatamento na Amazônia Legal, Fearnside (2017) aponta que os pequenos agricultores também podem atuar como atores importantes no processo de desflorestamento nos lugares onde estão concentrados.

Há, na literatura, evidências de que o pequeno produtor pode desmatar uma proporção maior de sua área, quando comparado aos estabelecimentos agropecuários maiores, ainda que, em termos absolutos, a contribuição destes seja maior (Ferreira e Féres 2020; Hurtienne 2005; Brondízio et al. 2009). De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, 26% da área da Amazônia Legal (1.310.676,72 km² de 5.068.433,00 km²) era ocupada por estabelecimentos agropecuários e, desse percentual, 21% (283.260 km²) era área de estabelecimentos da agricultura familiar³ (IBGE 2017). Ainda de acordo com os dados do censo, 81% dos estabelecimentos agropecuários (700.610 de 865.852) da região eram classificados como agricultura familiar.

³ A Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, define uma série de critérios para que um agricultor seja considerado como da agricultura familiar, entre eles, não deter área maior que 4 módulos fiscais, cujo tamanho varia entre municípios.

A agricultura familiar é um dos principais usos da terra na Amazônia Legal, sendo praticada por milhares de agricultores em pequena escala, através do sistema de corte e queima da floresta primária ou secundária para fins agrícolas (Alencar et al. 2004; Freitas et al. 2013; Margulis 2003; Karyne, Rego, e Kato 2018; Silva *et al.* 2021). O princípio básico desse sistema é utilizar a biomassa queimada e incorporada no solo como fonte de nutrientes para as atividades agropecuárias (Santos, Braga, e Homma 2009). A maioria dos pequenos agricultores na região utilizam o corte e a queima devido, entre outros fatores, à falta de recursos financeiros para recuperar a fertilidade do solo (Castro 2014).

O desmatamento praticado nos estabelecimentos de agricultura familiar ocorre em resposta à baixa produtividade das lavouras, que gera renda insuficiente e incentiva mais desmatamento para aumento de escala ou de produção (Stabile *et al.* 2020). Essa baixa produtividade está relacionada à falta de infraestrutura básica e de apoio institucional, além de acesso deficiente à assistência técnica, à tecnologia agrícola e aos mercados (Alencar *et al.* 2016).

A conversão de florestas em áreas agricultáveis por meio do processo de corte e queima contribui positivamente para a produtividade agrícola no curto prazo (Ehui e Hertel 1992; Mullan *et al.* 2018). No longo prazo, contudo, os efeitos dessa conversão são dúbios. Por um lado, essa produtividade declina devido à remoção de matéria orgânica da área desmatada, à sua erosão e ao movimento da atividade agrícola para terras marginais (Ehui e Hertel 1992; Karyne, Rego, e Kato 2018). Por outro lado, o aumento da renda no curto prazo pode aumentar os investimentos em ativos físicos, ampliando a capacidade de geração de renda e de acumulação futura de ativos (Mullan *et al.* 2018).

Os estudos empíricos divergem sobre os efeitos que o desmatamento tem na produtividade agrícola. Ao empregar um modelo de correção de erros (MCE) durante o período de 1962 a 2010, Ehuitché (2015) encontrou um efeito negativo para a Costa do Marfim: um aumento de 1% na área desmatada reduz a produtividade agrícola em 5,37% no longo prazo; no curto prazo, o resultado também foi negativo, contudo, não significativo. Os resultados encontrados por Ibrahim *et al.* (2016) para a Nigéria, no período de 1975 a 2010, usando um MCE, corroboram com esse resultado. Os autores encontraram que 1% de aumento no desflorestamento resulta em uma queda de 1,7% na produtividade agrícola no longo prazo e de 0,7% no curto prazo. Por outro lado, Chopra *et al.* (2022), usando

técnicas econométricas de painel⁴, encontraram um efeito positivo na ordem de 1,54%, no longo prazo, para perda de cobertura florestal sobre a produtividade agrícola dos países que fazem parte da Associação das Nações do Sudeste Asiático.

Para o Brasil, há poucos estudos que analisam os efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola. Carvalho *et al.* (2016) do ponto de vista econômico, a contribuição da floresta desmatada para a economia da Amazônia Legal entre 2006 e 2011, assim como os efeitos de uma política de controle do desmatamento entre 2012 e 2020. Para isso, utilizou-se um modelo de equilíbrio geral computável (EGC, apesar de não investigarem esses efeitos diretamente, encontram evidências de que a perda de cobertura florestal na Amazônia Legal tem efeito positivo sobre o Produto Interno Bruto (PIB). Por meio de um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) inter-regional, os autores identificaram, para o período de 2006 a 2011, uma contribuição positiva do desmatamento na Amazônia Legal para o PIB do Brasil e da região, da ordem de 0,14% e 0,32%, respectivamente. Além disso, os autores estimaram o efeito de uma política de controle do desmatamento entre 2012 e 2020, que resultaria em perdas de PIB de 0,06% para o país e 0,07% para a Amazônia Legal, reforçando o efeito positivo do desmatamento sobre a produção agregada.

Ferreira Filho *et al.* (2015), por sua vez, apresentam resultados não só para o produto agregado, mas também para o PIB do setor agropecuário. Os autores utilizaram um modelo dinâmico de EGC multirregional para o Brasil, considerando o período de 2005 a 2030, e identificaram que uma política de desmatamento zero a partir de 2015 reduziria o PIB nacional em 0,09%, entre 2005 e 2025. Na direção contrária a esses resultados, França (2021) encontrou que uma política de desmatamento zero, no período de 2019 a 2030, resulta em uma elevação acumulada de 1,13% na renda do setor agropecuário brasileiro.

Com enfoque na região amazônica, Oliveira *et al.* (2013) por meio de modelos simplificados de clima e de uso da terra, simularam os efeitos do desmatamento sobre a produtividade da soja e das pastagens na Amazônia Legal para o período de 2041 a 2060. Em um cenário em que a área desmatada alcance 47% em 2050, os autores projetaram uma perda de produtividade de 30% para as pastagens e de 24% para a soja. Esses resultados mostram evidências de perda de produtividade, assim como o

⁴ Para mais detalhes da metodologia utilizada, consultar Chopra et al. (2022).

estudo de Leite-Filho *et al.* (2021) que, usando uma abordagem multiescalar, projetaram perdas anuais de US\$ 1 bilhão para a agropecuária da parte sudeste da Amazônia brasileira no período de 2015 a 2050, considerando um cenário em que a perda florestal nessa região chega a 56% em 2050.

Na mesma linha de investigação Tateishi, Bragagnolo e Almeida (2021) analisaram a interdependência entre a conversão de terras florestais – desmatamento – e o uso econômico da terra. Ao estimarem uma função estocástica de produção, os autores encontraram elasticidade positiva na produção econômica (0,073 em 2017 e 0,066 em 2006) e evidências de heterogeneidade espacial. Tateishi, Bragagnolo e Almeida (2021) identificaram que os municípios com maiores áreas de pasto por estabelecimento foram associados a níveis mais elevados de conversão de terras, reforçando a relação entre expansão pecuária e desmatamento.

De modo mais específico, com vistas a identificar os impactos do desflorestamento sobre a produtividade agrícola dos estabelecimentos familiares da Amazônia Legal, Mullan *et al.* (2018) acompanharam 106 famílias do município de Ouro Preto do Oeste, no estado de Rondônia, entre os anos de 1996 e 2009. A partir de uma versão dinâmica do modelo de produção das famílias, os autores estimaram em 1,1% o efeito positivo do desmatamento sobre a produtividade agrícola dessas famílias.

O desmatamento ocorre como resposta à baixa produtividade agrícola e representa um aumento na disponibilidade de terras agricultáveis. Nesse sentido, a perda de cobertura florestal pode afetar a produção agrícola por dois canais: i) ampliação do fator terra na função de produção; e ii) variações na Produtividade Total dos Fatores (PTF). A PTF neste estudo refere-se à parcela da produção que não é explicada pelo uso de insumos, isto é, é o resíduo da função de produção agrícola, que compreende, entre outras coisas, o progresso tecnológico e a eficiência técnica empregados na produção agrícola (Chen e Gong 2021; Ruttan 2002).

Gomes (2007) encontra efeitos positivos do desmatamento sobre a PTF do setor agropecuário na Amazônia Legal. Nas estimativas obtidas no modelo de efeitos fixos, via métodos dos momentos generalizados, o autor encontrou que o aumento de 1% na taxa de desflorestamento da Amazônia Legal eleva a PTF em 0,032%. Segundo o autor, isso ocorre porque várias cadeias produtivas passam a ser contempladas com o desmatamento.

A literatura mostra que os efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola, aqui referida como o valor monetário da produção agrícola por hectare, podem ser positivos ou negativos, a depender do escopo espacial analisado. No Brasil, independentemente do sinal desses efeitos, a perda de cobertura vegetal para dar lugar, sobretudo, às atividades do setor agropecuário é um fato. Só em 2022, na Amazônia Legal foram desflorestados 11.568 km², o que equivale a duas vezes a área do Distrito Federal (IBGE 2025b; PRODES 2023). Esse número pode aumentar, tendo em conta que as tendências populacionais e o consequente aumento do consumo de alimentos requerem o aumento da produção agrícola (Stevanović *et al.* 2016).

O desflorestamento praticado pelos pequenos produtores na Amazônia Legal parece estar relacionado, principalmente, à busca por ganhos de produtividade no setor agrícola. Nesse sentido, se o desmatamento afeta positivamente a produtividade, a perda de cobertura florestal pode ser intensificada na Amazônia Legal por duas vias. A primeira, como forma de recuperar a produtividade da agricultura, que tende a diminuir em decorrência da perda de fertilidade do solo com o passar do tempo. A segunda, como maneira de elevar a renda oriunda dessas atividades. Destarte, este estudo apresenta a seguinte problemática: qual o efeito do desmatamento na Amazônia Legal sobre a produtividade agrícola dos estabelecimentos agropecuários classificados como sendo da agricultura familiar?

Com base nesse questionamento, adotam-se duas hipóteses sobre os impactos do desmatamento sobre a produtividade agrícola na Amazônia Legal. Na primeira delas, assume-se que o desflorestamento afeta positivamente a produtividade da agricultura. Isto porque, ao aumentar a disponibilidade de terra agricultável, a produção agrícola pode ser expandida e aumentar sua produção e, consequentemente, seus retornos. A segunda hipótese assume que os efeitos do desmatamento na produtividade total dos fatores agrícola são também positivos, já que o aumento da disponibilidade do fator terra pode melhorar a combinação de fatores de produção e elevar a produção mais que proporcionalmente.

Assim, este estudo tem por objetivo mensurar os efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola dos estabelecimentos agropecuários da agricultura familiar da Amazônia Legal brasileira nos anos de 2006 e de 2017. Ademais, busca-se investigar os efeitos da perda de cobertura florestal sobre a PTF desses estabelecimentos. Isto, pois, diante

das diversificações nas carteiras de insumos agrícolas dos últimos anos, torna-se relevante considerar na análise, além da produtividade agrícola pura (pautada no fator terra, apenas), um conceito mais abrangente que abarque todos os insumos, inclusive o progresso tecnológico e a eficiência técnica empregados na produção agrícola, também conhecido como PTF (Chen e Gong 2021; Ruttan 2002).

Esse entendimento é fundamental para o planejamento e aprimoramento de políticas públicas ambientais, industriais e agrícolas que visem conter o avanço do desmatamento na Amazônia Legal e manter ou elevar a produtividade agrícola dos agricultores familiares dessa localidade. Para realizar a análise de produtividade, faz-se uso de uma função de produção do tipo *Cobb-Douglas* considerando retornos constantes de escala, porém em uma versão ampliada que abrange mais aspectos da produção agrícola (Chopra *et al.* 2022).

Dois motivos principais justificam a investigação de como o desmatamento afeta a produtividade agrícola da agricultura familiar na Amazônia Legal. O primeiro diz respeito ao papel que a produção advinda dos agricultores familiares tem na segurança alimentar do país: colaborar com o consumo interno e suprir as cadeias locais e regionais de produção e distribuição de alimentos e derivados (IBGE 2020). O segundo refere-se ao fato de a área ser uma das mais afetadas pelo desmatamento no Brasil, o que pode alterar o balanço ambiental do país e do mundo (Fearnside 2017).

Este estudo pode contribuir para o debate sobre problemas ambientais e produtividade agropecuária na Amazônia Legal. Até onde se sabe, esta investigação é pioneira ao considerar em seu escopo de análise apenas os estabelecimentos classificados como agricultura familiar, em especial, quando se leva em conta a participação dessa modalidade na produção de produtos agrícolas e no desmatamento. Em relação aos controles climáticos utilizados nas estimações, os dados apresentam maior precisão, por serem extraídos de imagens de satélite e georreferenciados para cada município. Assim, dispensam a necessidade de imputação de dados, que ocorre quando são usadas informações de estações meteorológicas. Em termos de estratégias de desenvolvimento sustentável, os resultados podem auxiliar no planejamento de políticas públicas que visem conter o desmatamento e ampliar a produtividade da agricultura familiar.

Além desta introdução, o estudo se divide em cinco seções. A segunda apresenta uma caracterização socioeconômica e ambiental da Amazônia Legal brasileira. A terceira traz as informações relacionadas à metodologia e à base de dados utilizadas. Na quarta, são apresentados os resultados das estimações e, por fim, a quinta seção tece algumas considerações finais.

2. Eficiência agrícola e desmatamento na Amazônia legal

A Amazônia Legal define a extensão geográfica de jurisdições que estão sob a atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), delimitada a partir dos preceitos redigidos na Lei Complementar nº124 de 2007 (IBGE 2025a). Sua área territorial é de 5,01 milhões de km², correspondendo a cerca de 58,93% do território brasileiro e abrangendo os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Roraima, Rondônia, Tocantins e parte do Maranhão (municípios situados a oeste do Meridiano 44°), com um total de 772 municípios (Figura 1).



Figura 1 – Distribuição geográfica dos municípios da Amazônia Legal

Fonte: Elaborado pelos autores.

Além de abrigar todo o bioma amazônico, a área contém 20% do bioma cerrado e parte do pantanal mato-grossense (Campos, Faria, e Lírio 2022). Em termos demográficos, a Amazônia Legal possui, de acordo com o Censo Demográfico de 2022 (IBGE 2025c), cerca de 26,65 milhões de habitantes, equivalendo a 13,12% da população do Brasil. Ainda de acordo com dados do censo, a composição da população na região era de 78% em áreas urbanas e 22% em área rural. Economicamente, a região representou, no ano de 2020, aproximadamente 9,9% do PIB brasileiro e 10,2% do Valor Adicionado Bruto (VAB) (IBGE 2020). Na composição do VAB, o setor agropecuário responde por 14,7% do VAB da Amazônia Legal, e por 22,7% do VAB do setor no Brasil. Esses números (Tabela 1) mostram a importância do setor agropecuário da Amazônia Legal para o Brasil.

Tabela 1 – Dados geográficos, econômicos e demográficos da Amazônia Legal

Variável	Amazônia Legal	% do Brasil
Área (em km²)	5,0 milhões	59,1%
Nº de municípios	772	13,9%
População total (hab) – 2022	26,6 milhões	13,1%
População urbana (hab) – 2015	19,9 milhões (72,0%)	-
População rural (hab) – 2015	7,8 milhões (28,0%)	-
PIB da Amazônia Legal – 2020	752,93 bilhões	9,9%
Valor Adicionado Bruto (VAB)	670,5 bilhões	10,2%
VAB Serviços	241,9 bilhões (36,1%)	6,9%
VAB Adm., Saúde e Educ. Pública	147,8 bilhões (22,0%)	12,9%
VAB Indústria	182,0 bilhões (27,1%)	12,3%
VAB Agropecuária	98,8 bilhões (14,7%)	22,7%

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023) e Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (2020).

No que se refere aos indicadores de desenvolvimento socioeconômico da Amazônia Legal, nota-se, na Tabela 2, que a região apresenta níveis menores que os do Brasil. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) médio para a região é de 0,70 (Atlas Brasil 2024). No comparativo por áreas sociais, tem-se, em ordem decrescente, os valores médios de 0,75, 0,70 e 0,66 para o IDHM Longevidade, o IDHM Educação e o IDHM Renda, respectivamente. De acordo com a classificação do Atlas do Desenvolvimento Humano, o IDHM é considerado alto quando varia de 0,70 a 0,79 e é considerado médio quando

gravita entre 0,60 e 0,69 (PNUD 2025). Portanto, o IDHM Renda para a Amazônia Legal é médio e os IDHM Longevidade e Educação são considerados altos.

Tabela 2 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)

Variável	Amazônia Legal*	Brasil
IDHM 2021	0,70*	0,77
IDHM Renda	0,66*	0,72
IDHM Longevidade	0,75*	0,82
IDHM Educação	0,70*	0,76

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano (2024).

*O IDHM é a média dos IDHMs dos nove estados que compõem da Amazônia Legal.

Até 2020, cerca de 63% da Amazônia Legal era coberta por florestas, 19% por vegetação nativa não florestal, 2% pela rede hidrográfica e 16% por áreas desmatadas em relação à sua área total (Santos, Salomão, e Veríssimo 2021). Nas últimas duas décadas de medição e monitoramento do desmatamento, destacam-se os anos de 2004 e de 2012 como os respectivos maior (27.772 km²) e menor (4.571 km²) valor para a área desmatada, como pode ser visto no Gráfico 1. A partir de 2012, a área desmatada tem crescido constantemente, em 2021, o desmatamento atingiu 13.038 km², sendo o maior valor registrado desde 2006.

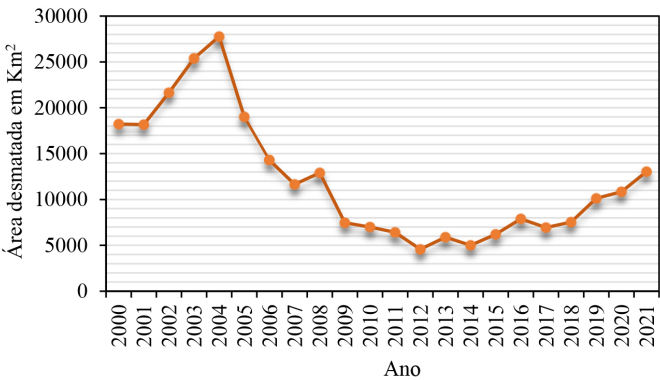


Gráfico 1 – Evolução da área desmatada (km²) na Amazônia Legal de 2000 a 2021.

Fonte: PRODES (2023).

Entre os estados brasileiros com maior proporção de área desmatada em relação ao país, no ano de 2022, destacam-se Pará (22,20%), Amazonas (13,33%) e Mato Grosso (11,62%), todos pertencentes à Amazônia Legal. Dentre os dez municípios do Brasil que mais desmataram em 2022, quatro estão no Pará, dois no Amazonas, dois na Bahia, um em Rondônia e um no Mato Grosso (Azevedo *et al.* 2022).

Os impactos do desmatamento incluem a perda da biodiversidade, além da redução da precipitação e a contribuição para o aquecimento global (Campos, Faria, e Lírio 2022). Por outro lado, alguns autores defendem que, no curto prazo, a conversão de florestas em áreas agricultáveis pode contribuir positivamente para a produtividade agrícola (Ehui e Hertel 1992; Mullan *et al.* 2018). O Gráfico 2 mostra que houve aumento da produtividade agrícola da Amazônia Legal, atingindo seu pico em 2021, ano em que o desmatamento também foi o mais acentuado desde 2006, conforme pode ser observado no Gráfico 1.

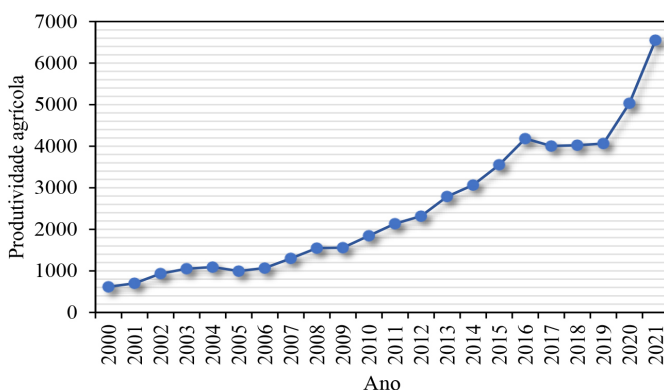


Gráfico 2 – Evolução da produtividade agrícola na Amazônia Legal de 2000 a 2021

Fonte: IBGE (2025a).

Nota: A variável produtividade é o valor total da produção agrícola (em milhares de reais) por hectare.

Há, na literatura empírica, alguns estudos que buscaram entender a relação entre a eficiência agropecuária dos municípios (ou estabelecimentos) da Amazônia Legal brasileira e a conversão de terras naturais em terras agrícolas. Marchand (2012), por exemplo, analisou o impacto da eficiência técnica agrícola na propensão ao desmatamento e os resultados revelaram que tanto as fazendas menos eficientes quanto as mais eficientes, ou seja, as dos extremos de eficiência, usam mais áreas de terra nas suas atividades

agrícolas. Pellenz *et al.* (2021), por sua vez, avaliaram como os níveis de eficiência da agropecuária dos municípios da Amazônia Legal se relacionam com o desmatamento e encontraram que a eficiência técnica contribui para o desmatamento de forma não-linear, com os municípios com pior desempenho em termos de eficiência sendo aqueles que mais desflorestam.

Leite *et al.* (2024) também estudaram a relação entre a eficiência dos municípios da Amazônia Legal e o desmatamento. Ademais, buscaram entender se a diferença da produtividade da terra observada na agropecuária das localidades pode ser justificada pela baixa eficiência. Ao trabalharem com os dados do Censo Agropecuário de 2006, eles encontraram que os municípios com níveis mais altos de desmatamento também tinham maior eficiência agrícola, indicando que a eficiência se eleva quando o desmatamento aumenta e vice-versa.

Ferreira e Féres (2020) investigaram a relação entre o tamanho das fazendas e a eficiência do uso da terra na Amazônia brasileira. Os resultados sugeriram, entre outras coisas, que existe uma relação no “formato de U” entre o tamanho dos estabelecimentos agropecuários e o uso da terra. Assim, os autores advogam que os meeiros e ocupantes de terras – os pequenos produtores – na Amazônia Legal usam a terra de forma mais eficiente do que os proprietários, pois conseguem obter ganhos em termos de produtividade.

Para analisar a relação da conversão de terras sobre a produtividade agrícola dos pequenos produtores, assim como proposto neste estudo, a próxima seção apresenta os dados empregados e a estratégia empírica adotada.

3. Metodologia

Esta seção está dividida em duas subseções. A primeira descreve a estratégia empírica adotada neste estudo e a segunda apresenta os dados e as variáveis utilizadas.

3.1. Estratégia empírica

A produtividade total dos fatores (PTF) é uma medida usada em economia para avaliar a eficiência e a produtividade de um setor, neste caso o setor agrícola (Bao *et al.* 2021) e representa a razão entre a produção total da

agricultura e os insumos totais, incluindo trabalho, terra, capital e outros recursos Wu et al. (2020). Uma das formas de se estimar a PTF é através do “resíduo de Solow” (Bragagnolo, Spolador, e Barros 2021).

Solow (1957) demonstrou que o crescimento econômico era explicado por outros elementos, além do acúmulo de capital e trabalho, em uma função de produção tipo Cobb-Douglas. Tais fontes de crescimento foram denominadas resíduo de Solow e ficou conhecida na literatura por PTF (Mendes, Teixeira, e Salvato 2009).

Considerando a função Cobb-Douglas, com retornos constantes à escala e aplicada à agricultura, conforme Chen e Gong (2021) e Chopra et al. (2022), tem-se:

$$Y = f(\mathbf{X}; \beta), \text{ com } f(\mathbf{X}; \beta) = f(L, P, A, M; \beta) = L^{\beta_1} \cdot P^{\beta_2} \cdot A^{\beta_3} \cdot M^{\beta_4}.$$

Na forma logarítmica:

$$\ln Y = \beta_1 \ln L + \beta_2 \ln P + \beta_3 \ln A + \beta_4 \ln M$$

Como a PTF pode ser definida pelo resíduo da função de produção, tem-se que:

$$y = f(\mathbf{X}, \beta) + ptf = \mathbf{X}\beta + ptf \quad (1)$$

em que y é a produção agrícola (Y) em logaritmo neperiano ($\ln$); a função $f(\mathbf{X}, \beta)$ é utilizada para medir a relação insumo-produto do processo de produção agrícola, onde $\mathbf{X} = c(l, p, a, m)$ representa os vetores de insumos agrícolas: $l = \ln$ da mão de obra por hectare, $p = \ln$ de agroquímico (medido em percentual de uso de agroquímico), $a = \ln$ de adubo (medido em percentual de uso de adubo) e $m = \ln$ de máquinas por hectare; o vetor $\beta = c(\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4)$ contém os coeficientes de insumos e $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 1$; e ptf contabiliza a produtividade total dos fatores agrícolas em logaritmo.

A formulação econométrica adotada aqui para a função $f(\mathbf{X}, \beta)$ é a seguinte:

$$y_i^* = \alpha + \beta_1 l_i + \beta_2 p_i + \beta_3 a_i + \beta_4 m_i + u_i \quad (2)$$

em que cada município é representado pelo índice $i = 1, \dots, n$ e y^* representa a produção agrícola da agricultura familiar, logaritmizada.

Na segunda etapa, a produtividade total dos fatores é derivada a partir da função de produção (2). Neste estudo, a PTF é representada pelo resíduo de Solow, conforme Aigner, Lovell, e Schmidt 1977; Mendes *et al.* (2009); Dias Avila e Evenson (2010); Santos e Spolador (2018). A forma de derivá-la é a seguinte: $ptf = \exp(\alpha - u_i)$, onde α é o intercepto e u_i representa a ineficiência técnica.

De acordo com Tanure *et al.* (2023), algumas culturas comerciais relacionadas com o desmatamento, como o milho, algodão, soja e arroz são impactadas com a queda de produtividade, principalmente na Amazônia Legal. Os autores destacam que, embora tais culturas sejam características de produções em grande escala, elas não se restringem aos grandes produtores, de modo que os agricultores familiares também podem optar por converterem áreas de florestas em áreas de cultivo visando compensarem as perdas de produtividade. Leite *et al.* (2024), ao realizarem um estudo sobre a eficiência da atividade agropecuária e o desmatamento na Amazônia Legal, sugeriram, dentre outras coisas, que a eficiência aumenta proporcionalmente ao desmatamento. Para os agricultores familiares, particularmente, que não dispõem de um *quantum* maior de insumos outros que não a terra (Blondeau e Korzenszky 2022), o desmatamento pode representar a única opção para superar a perda de produtividade.

Diante disso, a terceira e última etapa da estratégia empírica consiste em avaliar a relação do desmatamento sobre a PTF da agricultura familiar, obtida na segunda etapa. Adicionalmente, analisamos os mesmos impactos sobre a produtividade da terra (valor da produção total agrícola da agricultura familiar em mil reais por hectare), denominada “produtividade agrícola” neste estudo. Espera-se que o aumento do desmatamento tenha efeitos positivos tanto na produtividade agrícola quanto na PTF da agricultura familiar dos municípios da Amazônia Legal. Isso ocorre porque o aumento da disponibilidade de terra pode levar a um aumento na produção agrícola e seus rendimentos. Em relação à PTF, a expansão da terra cultivada pode ampliar a produção a partir de uma melhora na combinação dos insumos de produção. Pressupõe-se que outros fatores que afetam a produtividade e a PTF, mas que são capturados pelos erros, não estejam correlacionados, em média, com fatores climáticos e geográficos. A estimação da última etapa se dá por:

$$ptf_i = \alpha + desm_i + v_i \quad (3)$$

$$produtividade_i = \alpha + desm_i + v_i \quad (3.1)$$

em que, *ptf* e *produtividade* representam o logaritmo da PTF e da produtividade agrícola, respectivamente, no município *i*; *desm* é a proporção de área desmatada acumulada em relação à área total do município *i*; *v_i* é o termo de erro. As especificações da equação (3) e (3.1) é o modelo-base dessa etapa.

Segundo Leite *et al.* (2024), as diferenças na produtividade agropecuária das regiões ao longo do tempo podem resultar, dentre outros, de alterações de suas condições naturais, como de fatores climáticos, por exemplo. Assim, para isolar os impactos do desmatamento nos resultados agrícolas (PTF e produtividade), são incorporados controles climáticos nas equações (3) e (3.1), a fim de evitar a superestimação ou subestimação desses impactos (Chen e Gong 2021). As equações podem ser reescritas da seguinte forma:

$$ptf_i = \alpha + desm_i + \gamma_i + v_i \quad (4)$$

$$produtividade_i = \alpha + desm_i + \gamma_i + v_i \quad (4.1)$$

em que, γ_i representa as variáveis climáticas.

A principal vantagem dessa abordagem empírica é a capacidade de mensurar a produtividade total dos fatores levando em consideração todos os insumos, o que proporciona uma melhor medida de progresso técnico e eficiência técnica no setor agrícola (Chen e Gong 2021; Gong 2020).

Diante da estratégia empírica apresentada e das especificações dos modelos propostos, a seção seguinte descreve os dados e variáveis empregados na realização do estudo aplicado.

3.2. Base de dados e variáveis

Os dados utilizados apresentam informações para 748 municípios da Amazônia Legal brasileira, em 2006, e 740 municípios em 2017. As informações relacionadas à produtividade agrícola, à mão de obra, ao uso de

fertilizantes, agroquímicos e maquinário foram obtidas a partir dos censos agropecuários de 2006 e de 2017, realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2006; 2017). Os dados censitários, em cada município, dizem respeito aos estabelecimentos agropecuários classificados como pertencentes à agricultura familiar. A variável de desmatamento é a proporção de área desmatada acumulada em relação a área total do município e foi obtida a partir do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES/INPE).

Para identificar como o desmatamento afeta o valor da produção e a produtividade total dos fatores, este estudo baseia-se nos trabalhos de Chopra et al. (2022) e Gomes (2007), respectivamente. A variável dependente, a produtividade agrícola, corresponde ao valor total, em milhares de reais, da produção das lavouras permanentes e temporárias dos estabelecimentos da agricultura familiar dividido pela área total colhida, em hectares. Os insumos de produção são: maquinário, medido pela quantidade total de máquinas por hectare; trabalho, que é a quantidade total de trabalhadores por hectare; adubo, que corresponde ao percentual de estabelecimentos familiares que utilizaram adubos na sua produção; e agroquímico é o percentual de estabelecimentos familiares que utilizaram agroquímicos na sua produção.

Em relação aos dados climáticos, o ERA5 – *Land* fornece estimativas horárias de dados atmosféricos, de ondas oceânicas e da superfície terrestre por meio do conjunto de dados global produzidos pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) do *Copernicus Emergency Management Service*, disponibilizado gratuitamente pelo *Climate Data Store* (Copernicus 2022). Os dados estão no formato *netcdf4*, em uma resolução horizontal de 0,1° x 0,1°, ou seja, isso significa que cada *pixel* representa cerca de 9km x 9km da superfície terrestre. Como as variáveis não climáticas estão em nível municipal, os dados climáticos foram agregados para o nível do município, utilizando as observações dos centroides municipais para cada variável climática nos anos de 2006 e de 2017.

A variável temperatura representa a média anual e está em graus *Celsius*. A radiação é a média anual da radiação solar, medida em *joules*. A umidade é a temperatura média anual em graus *Celsius* do ponto de orvalho. A evaporação é a quantidade anual média de evaporação do solo descoberta no topo da superfície da terra, em milímetros. Por último, a precipitação é a média anual do volume acumulado de chuva em milímetros. O Quadro 1 a seguir, resume esse conjunto de informações.

Quadro 1 – Descrição das variáveis e fontes de dados

Variável	Definição	unidade	Fonte
Produtividade	Valor total da produção das lavouras permanentes e temporárias dos estabelecimentos agropecuários da agricultura familiar por hectare.	R\$ (mil)/ha	Censo agropecuário / IBGE
Maquinários	Quantidade total de maquinário (tratores, semeadeiras/plantadeiras, colheitadeiras, adubadeiras e/ou distribuidoras de calcário) dos estabelecimentos agropecuários por hectare.	qtde/ha	Censo agropecuário / IBGE
Trabalho	Quantidade total de trabalhadores dos estabelecimentos agropecuários por hectare.	qtde/ha	Censo agropecuário / IBGE
Adubos	Percentual de estabelecimentos que usam adubo.	%	Censo agropecuário / IBGE
Agroquímicos	Percentual de estabelecimentos que usam agroquímicos.	%	Censo agropecuário / IBGE
Desmatamento	Proporção de área desmatada dos municípios	%	PRODES/INPE
Temperatura	Temperatura média anual	C°	ERA5/Copernicus
Radiação	Média anual da radiação solar	J	ERA5/Copernicus
Umidade	Temperatura média anual no ponto de orvalho	C°	ERA5/Copernicus
Evaporação	Quantidade média anual de evaporação do solo descoberta no topo da superfície da terra	mm	ERA5/Copernicus
Precipitação	Precipitação média anual	mm	ERA5/Copernicus

Fonte: Elaborado pelos autores.

As estimativas dos modelos apresentados na subseção 3.1, com as variáveis apresentadas na subseção 3.2, foram obtidas por meio do método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) com erros-padrão robustos, a fim de corrigir possíveis problemas de heterocedasticidade. Para as estimações, utilizou-se o *software* Stata, em sua versão 15.

4. Resultados

Esta seção apresenta os resultados do estudo e está dividida em duas subseções. A primeira delas condensa as principais estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nesta pesquisa. A segunda descreve e discute as estimativas encontradas para os modelos apresentados.

4.1. Estatísticas descritivas

A Tabela 3 resume as principais estatísticas descritivas para as variáveis consideradas. Em 2006, em média, os agricultores familiares da Amazônia Legal utilizaram 0,104 máquinas e 0,106 trabalhadores para gerar produtividade agrícola de R\$ 281,00 em um hectare de terra, a preços de 2006. Em 2017, foram utilizadas 0,113 máquinas e 0,287 trabalhadores para produzir R\$ 543,00 por hectare, a preços de 2017. As proporções de estabelecimentos da agricultura familiar que utilizaram agroquímicos e fertilizantes, em 2006, foi de 23,4% e de 20,1%, respectivamente. No ano de 2017, tais proporções foram de respectivos 36,2% e 37,4%.

Tabela 3 – Estatísticas descritivas

Variável	Ano							
	2006				2017			
	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Produtividade	0,281	0,402	0,100	4,713	0,543	1,075	0,100	19,159
Maquinário	0,104	0,006	0,100	0,167	0,113	0,061	0,100	1,016
Trabalhadores	0,106	0,290	0,006	5,376	0,287	2,228	0,006	58,882
Agroquímicos	0,234	0,154	0,100	1,194	0,362	0,212	0,100	0,945
Fertilizantes	0,201	0,139	0,100	1,026	0,374	0,017	0,100	1,131
Desmatamento	0,355	0,331	0,000	1,004	0,372	0,337	0,000	1,005
Temperatura	25,942	0,776	22,328	27,471	26,511	0,839	23,022	28,309
Evaporação	-119,385	56,334	-459,733	-29,997	-118,661	58,338	-479,519	-28,542
Precipitação	680,536	239,596	312,257	2368,763	642,949	233,077	289,237	2196,4
Radiação	1694696	671969	256059	2701155	1742543	680451	243401	2760545
Total								
Observações		748				740		

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos dados da Tabela 3, pode-se fazer uma comparação dos valores médios da produtividade e de cada insumo utilizado na produção agrícola para os anos de 2006 e 2017. Entre 2006 e 2017, por hectare, o número de trabalhadores aumentou em 2,7 vezes, o total de maquinário utilizado em 1,1 vez, e o percentual de estabelecimentos que fazem uso de agroquímicos e de fertilizantes cresceu, respectivamente, 1,5 e 1,9 vez. Em termos

nominais, a produtividade se elevou em 1,9 vez no período. Em resumo, de 2006 a 2017 houve um aumento no uso de insumos de produção (maquinário, trabalhadores, agroquímicos e fertilizantes).

Em relação à variável de interesse deste estudo, o desmatamento, mensurado como proporção de área desmatada acumulada em relação à área total do município, a Tabela 3 mostra que em 2006 essa proporção foi de 35,5%, enquanto em 2017 foi de 37,2%. Houve um aumento de 4,8% da proporção desmatada entre esses dois anos. Os valores de mínimo e máximo dessa variável para ambos os anos mostram que o desmatamento é mais intenso em alguns municípios do que em outros.

Por fim, a Tabela 3 também apresenta as estatísticas descritivas para as variáveis climáticas utilizadas neste estudo. A média de temperatura dos municípios da Amazônia Legal entre 2006 e 2017 elevou-se em 0,6 °C (saiu de 25,9 °C para 26,5 °C). A média de evaporação foi de -119,4 mm, em 2006, e -118,7 mm em 2017. De 2006 para 2017, houve uma queda de 5,5% na média anual de precipitação nos municípios da Amazônia Legal, passando de 680,5 mm para 642,9 mm. Por fim, a média da intensidade de radiação solar nesses municípios foi de 1694696 J, em 2006, para 1742543 J, em 2017.

4.2. Estimativas da PTF agrícola familiar para os municípios da Amazônia Legal

Nesta subseção são apresentadas as estimativas da função de produção agrícola e da produtividade total dos fatores (PTF) para os estabelecimentos da agricultura familiar dos municípios da Amazônia Legal para os anos de 2006 e 2017. A primeira etapa da estratégia empírica deste estudo consiste em estimar a função de produção agrícola, cujos resultados estão na Tabela 4. Tanto em 2006 quanto em 2017, os coeficientes estimados foram estatisticamente significantes a um nível de 1%, exceto o insumo agroquímico, em 2006. Em ambos os anos, os insumos de produção apresentaram efeitos positivos sobre a produtividade agrícola, com exceção de agroquímicos. Esse resultado negativo para agroquímicos sugere que os potenciais benefícios diretos de seu uso podem ser anulados pelos efeitos danosos aos organismos benéficos ao solo e os insetos que desempenham um papel importante no controle das (Dasgupta, Meisner, e Wheeler 2007). O segundo passo da estratégia empírica consiste na estimação da PTF agrícola a partir dos resíduos obtidos da função de produção estimada.

Tabela 4 – Resultados das estimativas da função produção para 2006 e 2017

Variável	Ano	
	2006 I	2017 II
lnMaquinário	2,311*** (0,639)	0,739*** (0,248)
lnTrabalhadores	0,401*** (0,0253)	0,649*** (0,0210)
lnAgroquímicos	-0,0608 (0,0426)	-0,156*** (0,0271)
lnFertilizantes	0,194*** (0,0457)	0,664*** (0,0551)
Constante	5,020*** (1,413)	2,563*** (0,565)
Observações	748	740
R-quadrado	0,367	0,6962
Teste F	89,09	436,69
Prob > F	0,0000	0,0000

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: Entre parênteses está o erro padrão robusto.

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

4.3. Efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola e sobre a PTF da agricultura familiar na Amazônia Legal

A Tabela 5 mostra os efeitos do desmatamento acumulado sobre a produtividade agrícola por hectare da agricultura familiar na Amazônia Legal. Na especificação sem controles, a elasticidade da produtividade da área desmatada acumulada foi 0,0364 (coluna I) e 0,0304 (coluna II) nos anos de 2006 e 2017, respectivamente. Ao adicionar controles climáticos, essas elasticidades também têm efeitos positivos sobre a produção. Contudo, em uma magnitude menor: 0,0288 (coluna III), em 2006, e 0,0229 (coluna IV), em 2017. As elasticidades encontradas neste estudo são inferiores às estimadas por Tateishi, Bragagnolo e Almeida (2021) para o desmatamento (0,073, em 2017; e 0,066, em 2006). Essa diferença pode estar relacionada à inclusão das variáveis climáticas e à especificidade do contexto analisado.

Os resultados dispostos na Tabela 5 confirmam a hipótese de que o desflorestamento afeta positivamente a produtividade agrícola. Assim, este estudo corrobora os achados de Ehui e Hertel (1992) e Tateishi, Bragagnolo e Almeida (2021) ao mostrar evidências de que a conversão de florestas em

áreas agricultáveis eleva os retornos da agricultura. Isso pode estar relacionado a um ganho de fertilidade do solo em decorrência do incremento de biomassa na terra como fonte de nutrientes (Santos, Braga, e Homma 2009).

Tabela 5 - Efeitos do desmatamento na produtividade da agricultura familiar na Amazônia Legal

Variável	Ano			
	2006	2017	2006	2017
	I	II	III	IV
InDesmatamento	0,0364*** (0,00983)	0,0304** (0,0131)	0,0288*** (0,00919)	0,0229** (0,0116)
Temperatura			-2,256* (1,298)	0,443 (1,505)
Temperatura2			0,0437* (0,0254)	-0,0140 (0,0285)
Precipitação			-0,000358 (0,000341)	0,00177*** (0,000500)
Precipitação2			0,0205 (0,0237)	-0,109*** (0,0395)
Evaporação			-0,00434** (0,00218)	-0,0138*** (0,00282)
Evaporação2			-3,29e-07 (5,00e-06)	-1,81e-05*** (6,56e-06)
Radiação			-1,82e-06*** (2,42e-07)	-2,26e-06*** (3,10e-07)
Radiação2			0*** (0)	0*** (0)
Constante	-1,718*** (0,0326)	-1,267*** (0,0453)	28,32* (16,61)	-3,531 (19,85)
Observações	748	740	748	740
R-quadrado	0,0142	0,0059	0,1882	0,2320
Teste F	13,74	5,37	-	-
Prob > F	0,0002	0,0208	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: Entre parênteses está o erro padrão robusto.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

As estimativas dos modelos principais deste estudo (colunas III e IV da Tabela 5) corroboram as evidências encontradas por Mullan *et al.* (2018) para famílias da Amazônia Legal, ainda que utilizando outra metodologia. Contudo, tanto em 2006 quanto em 2017, a magnitude dessas estimativas é inferior à encontrada por esses autores (1,1%). Embora utilizem outra abordagem metodológica, os resultados desta pesquisa encontram respaldo no estudo de Chopra *et al.* (2022) para Associação das Nações do Sudeste

Asiático e no estudo de Ferreira Filho *et al.* (2015) para o Brasil. Em contrapartida, Ibrahim et al. (2016) encontram, para a Nigéria, perda de produção de 0,7% na agricultura quando se eleva a perda de cobertura florestal em 1%. Do mesmo modo, França (2021) encontrou que uma política de desmatamento zero resulta em ganho de 1,13% na produção do setor agropecuário.

A Tabela 6 apresenta as estimativas dos efeitos do desmatamento sobre a PTF da agricultura familiar dos municípios da Amazônia Legal. Observa-se, nas colunas I e II, que o desflorestamento acumulado resultaria em perdas na PTF agrícola, em 2006 (-0,0123), e ganhos em 2017 (0,0092), sem levar em conta os controles climáticos. Ao considerá-los, as elasticidades são de -0,0165 e de 0,0079 em 2006 e em 2017, respectivamente.

Tabela 6 – Efeitos do desmatamento na PTF da agricultura familiar na Amazônia Legal

Variável	Ano			
	2006	2017	2006	2017
	I	II	III	IV
lnDesmatamento	-0,0123* (0,00664)	0,0092** (0,00414)	-0,0165** (0,00697)	0,0079** (0,00387)
Temperatura			0,4140 (0,865)	0,4380 (0,352)
Temperatura2			-0,0080 (0,0169)	-0,0083 (0,00654)
Precipitação			-0,0007*** (0,000202)	0,0001 (9,42e-05)
Precipitação2			0,0510*** (0,0145)	-0,0129* (0,00774)
Evaporação			0,0008 (0,00134)	-0,0009** (0,000417)
Evaporação2			3,54e-06 (3,16e-06)	-1,76e-06* (9,08e-07)
Radiação			-1,05e-07 (1,79e-07)	-2,00e-07** (7,78e-08)
Radiação2			0 (0)	0* (0)
Constante	0,264*** (0,0173)	1,247*** (0,0152)	-4,572 (11,04)	-4,433 (4,725)
Observações	748	740	748	740
R-quadrado	0,003	0,013	0,0267	0,0668
Teste F	3,45	4,89	.	.
Prob > F	0,0638	0,0273	.	.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: Entre parênteses está o erro padrão robusto.

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Os efeitos da relação desflorestamento sobre a PTF agrícola são poucos explorados na literatura. No que diz respeito à PTF da agricultura familiar dos municípios da Amazônia Legal não há evidências empíricas até o momento de escrita deste estudo. Contudo, Gomes (2007) analisou essa relação considerando a PTF do setor agropecuário da Amazônia Legal, e encontrou efeitos positivos da taxa de desmatamento sobre a PTF na ordem de 0,032% para cada 1% de aumento nessa taxa. Esse resultado positivo corrobora a estimativa encontrada para 2017 neste estudo.

As estimativas da PTF encontradas para 2017 confirmam a hipótese de que o efeito do desmatamento sobre a produtividade total dos fatores seria positivo. Contudo, o que se encontrou para 2006 refuta essa hipótese. Presume-se que, em 2006, ampliar a disponibilidade de terra não resultaria em uma melhor combinação dos fatores de produção no processo produtivo da agricultura familiar de modo a elevar a produção, mantendo o nível dos demais fatores. Por outro lado, em 2017 essa ampliação parece ter melhorado combinação dos fatores de produção, elevando a produção agrícola familiar.

5. Considerações finais

O combate às mudanças climáticas tem sido tema das principais discussões ambientais internacionais. No Brasil, o desmatamento da floresta amazônica é um dos grandes problemas a ser enfrentado, sobretudo, dada a expansão da fronteira agropecuária na Amazônia Legal (AL). O desmatamento praticado pelos agricultores familiares parece estar ligado a uma busca por ganho de produtividade na agricultura. Nesse sentido, este estudo buscou mensurar os efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola dos estabelecimentos agropecuários da agricultura familiar da Amazônia Legal brasileira nos anos de 2006 e 2007. Para isso, foram utilizadas nas estimações econométricas variáveis relacionadas à atividade agrícola, ao desmatamento e ao clima.

Os principais resultados mostraram que o aumento na área de desmatamento acumulado elevou a produtividade agrícola da agricultura familiar da Amazônia Legal, as elasticidades encontradas foram de 0,0288, em 2006, e em 0,0229 em 2017. No que diz respeito aos efeitos sobre a PTF,

as elasticidades do desmatamento foram -0,0165, em 2006, e 0,0079, em 2017. Em relação à produtividade agrícola, a hipótese estabelecida de efeito positivo do desflorestamento foi atestada. Contudo, no que tange à PTF, apenas em 2017 a hipótese de ganhos foi verificada.

As análises sobre desmatamento e produtividade agrícola da agricultura familiar no Brasil são escassas. Quando se trata do efeito da perda de cobertura florestal na PTF agrícola dos agricultores familiares, até o momento de escrita deste estudo, não há evidências empíricas. Este trabalho supre essa lacuna e apresenta as primeiras estimativas desses efeitos para a agricultura familiar da Amazônia Legal.

O desmatamento na Amazônia Legal contribui positivamente para a produção agrícola da agricultura familiar no curto prazo. Neste sentido, uma vez que se percebe ganhos com o desflorestamento, no curto prazo, é possível que os agricultores familiares recorram a esta prática sempre que a renda da agricultura cair na tentativa de recuperá-la, já que o acesso ao crédito, à assistência técnica e aos mercados são escassos, conforme apontado por Stabile *et al.* (2020) e Alencar *et al.* (2016). O aumento de produtividade no curto prazo pode levar à anexação de terras florestais à posse própria, intensificando o desmatamento no momento presente na AL. Essa maior disponibilidade de terra para a prática da agricultura mostrou resultados dúbios no curto prazo para PTF, o que pode indicar uma sensibilidade dessa variável em relação à composição dos fatores de produção.

Conciliar ganhos de produtividade agrícola para a agricultura familiar e combate ao desmatamento requer uma combinação de políticas públicas agrícolas e ambientais. É preciso garantir infraestrutura básica e apoio institucional para que os agricultores familiares gozem de uma maior facilidade de acesso ao crédito, aos mercados e às novas tecnologias agrícolas. A assistência técnica também é importante para aumento da PTF promovendo o uso mais eficiente de outros fatores de produção, que não necessariamente a terra.

Ressaltam-se algumas limitações do estudo. A primeira delas diz respeito à estrutura dos dados (*cross-section*), que não permite o controle de efeitos fixos e nem capturar efeitos de longo prazo, apenas variações transversais e de curto prazo. Isto se dá em decorrência de parte dos dados utilizados nas estimações serem obtidos do censo agropecuário, que ocorre a cada dez anos. A segunda limitação refere-se ao uso da variável de desmata-

mento, que está disponível apenas em nível municipal e não no nível do estabelecimento, em especial, àqueles da agricultura familiar. Por isso, é importante reforçar que as estimativas encontradas aqui são do efeito do desmatamento a nível de município sobre a produtividade e PTF agrícolas dos estabelecimentos da agricultura familiar.

Referências

- Aigner, Dennis, C. A. Knox Lovell, e Peter Schmidt. 1977. "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models". *Journal of Econometrics* 6 (1): 21–37. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5).
- Alencar, Ane, Daniel Nepstad, David McGrath, et al. 2004. *Desmatamento na Amazônia: Indo Além da "Emergência Crônica"*. Belém, PA: IPAM.
- Alencar, Ane, Cassio Pereira, Isabel Castro, et al. 2016. *Desmatamento nos Assentamentos da Amazônia: histórico, tendências e oportunidades*. Brasília, DF: IPAM.
- Almeida, Arlete Silva de, Wanja Janayna de Miranda Lameira, Jorge Gavina Pereira, et al. 2022. "Potencial de pressão antrópica na região Nordeste Paraense, Brasil". *Ciência Florestal* 32 (1): 1–18. <https://doi.org/10.5902/1980509834844>.
- Andersen, Lykke E, e Eustáquio José Reis. 2015. "Deforestation, development, and government policy in the Brazilian Amazon: An econometric analysis". Working Paper 69. Discussion Paper. <https://www.econstor.eu/handle/10419/220158>.
- Atlas Brasil. 2024. "Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil". 2024. <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta/planilha>. Acessado em 15 de agosto de 2023.
- Azevedo, Tasso, Marcos Rosa, Julia Shimbo, et al. 2022. "RAD 2022 - Relatório Anual do Desmatamento no Brasil". Relatório Anual de Desmatamento 2022.
- Bao, Bingfei, Anli Jiang, Shengtian Jin, e Rui Zhang. 2021. "The Evolution and Influencing Factors of Total Factor Productivity of Grain Production Environment: Evidence from Poyang Lake Basin, China". *Land* 10 (6): 606. <https://doi.org/10.3390/LAND10060606>.
- Bispo, Lorena Grasielle, e Geyza Alves Pimentel. 2017. "Agricultura na Amazônia Legal e sua relação com o desmatamento: uma análise a partir dos censos demográficos e agropecuários de 1996 e 2006". *Revista de Administração de Roraima - RARR* 7 (2): 244–67. <https://doi.org/10.18227/2237-8057RARR.V7I2.4519>.
- Blondeau, S., e A. Korzenszky. 2022. "Family farming". 8. Legal Brief. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/cb8227en>.
- Bragagnolo, Cassiano, Humberto Francisco Silva Spolador, e Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros. 2021. "PTF agrícola: Atualização segundo o Censo de 2017". *Revista de Política Agrícola* 30 (3): 107.
- Brondízio, Eduardo S., Anthony Cak, Marcellus M. Caldas, et al. 2009. "Small farmers and deforestation in Amazonia". *Geophysical Monograph Series* 186 (janeiro): 117–43. <https://doi.org/10.1029/2008GM000716>.
- Campos, Ana Luisa Malatesta de Weslem Rodrigues Faria, e Viviani Silva Lirio. 2022. "Tipologia dos municípios da Amazônia Legal". *Geosul* 37 (81): 252–88. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2022.E66047>.
- Carvalho, Terciane Sabadini, Aline Souza Magalhães, e Edson Paulo Domingues. 2016. "Desmatamento e a contribuição econômica da floresta na Amazônia". *Estudos Econômicos* (São Paulo) 46 (junho): 499–531. <https://doi.org/10.1590/0101-416146288tae>.

- Castro, Albinei Araujo de. 2014. “Análise econômica de sistemas agroflorestais e sua contribuição para a renda familiar em estabelecimentos agrícolas familiares, São Domingos do Araguaia-PA”. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).
- Chen, Shuai, e Binlei Gong. 2021. “Response and adaptation of agriculture to climate change: Evidence from China”. *Journal of Development Economics* 148 (janeiro):102557. <https://doi.org/10.1016/J.JDEVECO.2020.102557>.
- Chopra, Ritika, Cosimo Magazzino, Muhammad Ibrahim Shah, Gagan Deep Sharma, Amar Rao, e Umer Shahzad. 2022. “The role of renewable energy and natural resources for sustainable agriculture in ASEAN countries: Do carbon emissions and deforestation affect agriculture productivity?” *Resources Policy* 76 (junho):102578. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2022.102578>.
- Copernicus. 2022. “ERA5-Land hourly data from 1950 to present”. 2022. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-land?tab=form>.
- Dasgupta, Susmita, Craig Meisner, e David Wheeler. 2007. “Is Environmentally Friendly Agriculture Less Profitable for Farmers? Evidence on Integrated Pest Management in Bangladesh”. *Review of Agricultural Economics* 29 (1): 103–18.
- Dias Avila, Antonio Flavio, e Robert E. Evenson. 2010. “Total Factor Productivity Growth in Agriculture: The Role of Technological Capital”. *Handbook of Agricultural Economics* 4 (janeiro):3769–3822. [https://doi.org/10.1016/S1574-0072\(09\)04072-9](https://doi.org/10.1016/S1574-0072(09)04072-9).
- Diniz, Marcelo Bentes, José Nilo de Oliveira Junior, Nicolino Trompieri Neto, e Márcia Jucá Teixeira Diniz. 2009. “Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira”. *Nova Economia* 19 (1): 121–51. <https://doi.org/10.1590/S0103-63512009000100006>.
- Ehui, Simeon K., e Thomas W. Hertel. 1992. “Testing the impact of deforestation on aggregate agricultural productivity”. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 38 (3): 205–18. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90145-2](https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90145-2).
- Ehuitché, B. T. 2015. “An Analysis of Dynamics of Deforestation and Agricultural Productivity in Côte d’Ivoire.” *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 5 (4): 103–11. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153300159>.
- Estudo, Revista, Lucas Morales, e Cassiano Bragagnolo. 2023. “Análise da Transição Florestal na Amazônia Legal”. *Revista Estudo & Debate* 30 (2): 132–54. <https://doi.org/10.22410/ISSN.1983-036X.V30I2A2023.3395>.
- Fearnside, Phillip. 2017. “Deforestation of the Brazilian Amazon”. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*, setembro. <https://doi.org/10.1093/ACREFORE/9780199389414.013.102>.
- Ferreira Filho, Joaquim Bento de Souza, Luis Ribera, e Mark Horridge. 2015. “Deforestation Control and Agricultural Supply in Brazil”. *American Journal of Agricultural Economics* 97 (2): 589–601. <https://doi.org/10.1093/ajae/aav004>.
- Ferreira, Marcelo Dias Paes, e José Gustavo Féres. 2020. “Farm size and Land use efficiency in the Brazilian Amazon”. *Land Use Policy* 99 (dezembro):104901. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2020.104901>.
- França, Regiane Canisares. 2021. “Controle do desmatamento e o impacto na renda agropecuária no Brasil”. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo. https://scholar.archive.org/work/6rg6qqwzazc3popp5v6ovbjzgu/access/wayback/https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-09092021-164402/publico/Regiane_Canisares_Franca.pdf.
- Freitas, J.L., E.S. Santos, R.B.L. Silva, e T.L. Silva. 2013. “Comparação e Análise de Sistemas de Uso da Terra de Agricultores Familiares na Amazônia”. *Biota Amazônia* 3 (1): 100–108. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/BIOTAAMAZONIA.V3N1P100-108>.
- Gomes, Sérgio Castro. 2007. “Análise econométrica da produtividade total dos fatores na Amazônia Legal, 1990-2004”. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa (UFV). <http://locus.ufv.br/handle/123456789/103>.
- Gong, Binlei. 2020. “Agricultural productivity convergence in China”. *China Economic Review* 60 (abril):101423. <https://doi.org/10.1016/J.CHIECO.2020.101423>.

- Hurtienne, Thomas Peter. 2005. "Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável na Amazônia", junho. *Novos Cadernos NAEA* 8 (1): 19-71. <https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/3173>.
- IBGE. 2006. "Censo Agropecuário - 2006". 2006. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9827-censo-agropecuario.html?t=destaques>.
- . 2017. "Censo Agropecuário". 2017. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html>.
- . 2020. "Atlas do Espaço Rural Brasileiro". 2020. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/atlas/tematicos/16362-atlas-do-espaco-rural-brasileiro.html>.
- . 2025a. "Amazônia Legal". 2025. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?&t=o-que-e>.
- . 2025b. "Áreas Territoriais". 2025. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html>.
- . 2025c. "Tabela 9923: População residente, por situação do domicílio". 2025. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/9923#resultado>.
- Ibrahim, A., Y. Bila, e I. Sulumbe. 2016. "Analysis of the Impact of Deforestation on Agricultural Productivity in Nigeria: An Error Correction Modeling Approach". *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Analysis-of-the-Impact-of-Deforestation-on-in-An-Ibrahim-Bila/3a0a9ef5210dc50a43db78049f8ab06c0f0a1baa>.
- Karyne, Anna, Costa Rego, e Osvaldo Ryohei Kato. 2018. "Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia". *Novos Cadernos NAEA* 20 (3). <https://doi.org/10.5801/NCN.V2013.3482>.
- Lameira, Jorge Luiz Caluf, e Heriberto Wagner Amanajás Pena. 2017. "Análise da relação entre desflorestamento e a agropecuária no município". *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*. <https://www.eumed.net/rev/ccss/2017/04/relacao-desflorestamento-agropecuaria.zip>
- Leite, Caio Rodrigues Gomes, Alexandre Marinho, e Antonio Salazar Pessoa Brandão. 2024. "Uma análise da evolução e da eficiência na agropecuária da Amazônia legal e suas consequências sobre o desmatamento na região". Texto para Discussão 3002. Brasília: IPEA. <http://dx.doi.org/10.38116/td3002-port>.
- Leite-Filho, Argemiro Teixeira, Britaldo Silveira Soares-Filho, Juliana Leroy Davis, Gabriel Medeiros Abrahão, e Jan Börner. 2021. "Deforestation Reduces Rainfall and Agricultural Revenues in the Brazilian Amazon". *Nature Communications* 12 (1): 2591. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22840-7>.
- Marchand, Sébastien. 2012. "The relationship between technical efficiency in agriculture and deforestation in the Brazilian Amazon". *Ecological Economics* 77 (maio):166–75. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2012.02.025>.
- Margulis, Sérgio. 2003. *Causas do desmatamento da Amazônia brasileira*. 1o ed. Brasília: Banco Mundial.
- Mendes, Sérgio Magno, Erly Cardoso Teixeira, e Márcio Antônio Salvato. 2009. "Investimentos em infra-estrutura e produtividade total dos fatores na agricultura brasileira: 1985-2004". *Revista Brasileira de Economia* 63 (2): 91–102. <https://doi.org/10.1590/S0034-71402009000200002>.
- Mullan, Katrina, Erin Sills, Subhrendu K. Pattanayak, e Jill Caviglia-Harris. 2018. "Converting Forests to Farms: The Economic Benefits of Clearing Forests in Agricultural Settlements in the Amazon". *Environmental and Resource Economics* 71 (2): 427–55. <https://doi.org/10.1007/s10640-017-0164-1>.
- Oliveira, Leydimere J. C., Marcos H. Costa, Britaldo S. Soares-Filho, e Michael T. Coe. 2013. "Large-Scale Expansion of Agriculture in Amazonia May Be a No-Win Scenario". *Environmental Research Letters* 8 (2): 024021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024021>.
- Pellenz, Jéssica de Lima da Vida, Mariza de Almeida, e Viviani Silva Lirio. 2021. "Eficiência Técnica Agropecuária e Desmatamento: Análise Espacial para a Amazônia Legal Brasileira". *Estudios Económicos XXXVIII* (77): 119–46.
- PNUD. 2025. "Painel IDHM | United Nations Development Programme". 2025. <https://www.undp.org/pt/brazil/desenvolvimento-humano/painel-idhm>.

Prado Tanure, Tarik Marques do, Edson Paulo Domingues, e Aline Souza Magalhães. 2023. “Regional impacts of climate change on agricultural productivity: evidence on large-scale and family farming in Brazil”. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 62 (1): e262515. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.262515>.

PRODES. 2023. “PRODES — Coordenação-Geral de Observação da Terra”. 2023. <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>.

Reis, Eustáquio José, e Sérgio Margulis. 1991. “Perspectivas Econômicas do Desflorestamento da Amazônia”. Texto para Discussão 215. Rio de Janeiro: IPEA. https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1518/1/td_0215.pdf

Rivero, Sérgio, Oriana Almeida, Saulo Ávila, e Wesley Oliveira. 2009. “Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia”. *Nova Economia* 19 (1): 41–66. <https://doi.org/10.1590/S0103-63512009000100003>.

Rossoni, Roger Alexandre, e Marcelo Lopes de Moraes. 2020. “Agropecuária e desmatamento na Amazônia Legal brasileira: uma análise espacial entre 2007 e 2017”. *Geografia em Questão* 13 (3). <https://doi.org/10.48075/GEOQ.V13I3.23536>.

Ruttan, Vernon W. 2002. “Productivity Growth in World Agriculture: Sources and Constraints”. *Journal of Economic Perspectives* 16 (4): 161–84. <https://doi.org/10.1257/089533002320951028>.

Santos, Daniel, Rodney Salomão, e Adalberto Veríssimo. 2021. Fatos da Amazônia 2021. Belém: Amazônia 2030. <https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2021/04/AMZ2030-Fatos-da-Amazonia-2021-3.pdf>.

Santos, Jair Carvalho dos, Marcelo Jose Braga, e Alfredo Kingo Oyama Homma. 2009. “Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental de Sistemas de Uso da Terra da Agricultura Familiar no Estado do Acre”. Anais do 47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Porto Alegre. Porto Alegre: SOBER <https://core.ac.uk/download/pdf/45496007.pdf>

Santos, Peterson Felipe Arias, e Humberto F. S. Spolador. 2018. “Produtividade Setorial e Mudança Estrutural no Brasil: Uma Análise Para o Período 1981 a 2013”. *Revista Brasileira de Economia* 72 (junho):217–48. <https://doi.org/10.5935/0034-7140.20180011>.

Silva, Alasse Oliveira da, Aline Oliveira da Silva, Dayla Carolina Rodrigues Santos, Isabelle Caroline Bailosa do Rosário, Henrique da Silva Barata, e Lucas Lima Raiol. 2021. “Da tradição a técnica: perspectivas e realidades da agricultura de derruba e queima na Amazônia”. *Research, Society and Development* 10 (1): e38310111799. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11799>.

Solow, Robert M. 1957. “Technical Change and the Aggregate Production Function”. *The Review of Economics and Statistics* 39 (3): 312–20.

Stabile, Marcelo C. C., André L. Guimarães, Daniel S. Silva, Vivian Ribeiro, Marcia N. Macedo, Michael T. Coe, Erika Pinto, Paulo Moutinho, e Ane Alencar. 2020. “Solving Brazil’s land use puzzle: Increasing production and slowing Amazon deforestation”. *Land Use Policy* 91 (fevereiro):104362. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104362>.

Stevanović, Miodrag, Alexander Popp, Hermann Lotze-Campen, Jan Philipp Dietrich, Christoph Müller, Markus Bonsch, Christoph Schmitz, Benjamin Leon Bodirsky, Florian Humpeñöder, e Isabelle Weindl. 2016. “The impact of high-end climate change on agricultural welfare”. *Science Advances* 2 (8): e1501452. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501452>.

SUDAM. 2020. “Síntese de indicadores da Amazônia Legal”. Belém. <http://repositorio.sudam.gov.br/sudam/biblioteca/publicacoes-institucionais/sintese-de-indicadores-da-amazonia-legal-2020.pdf>. Tateishi, Henrique Ryosuke, Cassiano Bragagnolo, e Alexandre Nunes de Almeida. 2021. “Forest, agriculture and land conversion: Environmental efficiency in Brazilian Amazon rainforest”. *Forest Policy and Economics* 133 (dezembro):102615. <https://doi.org/10.1016/J.FORPOL.2021.102615>.

UNFCCC. 2023. “Nationally Determined Contributions Registry | UNFCCC”. 2023. <https://unfccc.int/NDCREG>.

Wu, Haitao, Siyu Ren, Guoyao Yan, e Yu Hao. 2020. “Does China’s outward direct investment improve green total factor productivity in the ‘Belt and Road’ countries? Evidence from dynamic threshold panel model analysis”. *Journal of Environmental Management* 275 (dezembro):111295. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2020.111295>.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados utilizados neste estudo estão disponíveis mediante solicitação ao autor. Dados adicionais e informações complementares também poderão ser fornecidos para fins de verificação ou replicação. A disponibilização está condicionada à inexistência de restrições de acesso público.

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

JP: Conceitualização, Análise formal, Metodologia, Escrita - rascunho original e Escrita - revisão e edição.

LL: Curadoria de dados, Análise formal, Investigação, Metodologia, Escrita - rascunho original e Escrita - revisão e edição.

JP: Conceitualização, Curadoria de dados, Análise formal, Investigação, Metodologia, Escrita - rascunho original e Escrita - revisão e edição.

CB: Curadoria de dados, Análise formal, Investigação, Programa, Validação, Visualização e Escrita - rascunho original.

WF: Metodologia, Supervisão, Validação, Escrita - rascunho original e Escrita - revisão e edição.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram não terem quaisquer conflitos de interesse.

EDITOR-CHEFE

Dante Mendes Aldrighi  <https://orcid.org/0000-0003-2285-5694>

Professor - Department of Economics University of São Paulo (USP)

EDITOR ASSOCIADO

Rodrigo Lanna Franco da Silveira  <https://orcid.org/0000-0002-1208-5713>