

AValiação da Efetividade das Áreas de Proteção Ambiental em Reduzir o Desmatamento na Amazônia Brasileira

Sacha M. O. Siani¹, Ana C. M. Pessôa², Bruna M. P. Bento², Torfinn Harding³ & Liana O. Anderson⁴

¹Department of Geography, Indiana University, Bloomington-IN, USA (ssiani@indiana.edu); ²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos-SP, Brasil; ³Norwegian School of Economics – NHH, Bergen, Norway; ⁴Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – CEMADEM, São José dos Campos-SP, Brasil.

RESUMO

Uma das principais estratégias do governo brasileiro para conter o desmatamento é a criação e gestão de Unidades de Conservação. A Área de Proteção Ambiental (APA) é uma categoria de Unidade de Conservação que objetiva a compatibilização da conservação ambiental com o uso sustentável dos recursos naturais. Essa categoria de manejo poder ser criada sem que haja desapropriação de terras, podendo ser constituída por terras públicas e privadas. Essa particularidade, traz oportunidades para a conservação, pois reduz os custos da criação, mas também confere complexidade à sua gestão. Diante disto, não se sabe se este tipo de regulação é efetivo para reduzir o desmatamento. O objetivo deste trabalho é, portanto, estimar a efetividade das APAs contra o desmatamento em imóveis rurais na Amazônia Brasileira, e comparar tal efetividade em diferentes níveis de fiscalização ambiental. O estudo demonstrou que, em média, a criação dessas áreas não é suficiente para que haja uma redução no desmatamento. É preciso que o Estado fiscalize estas áreas para que cumpram seus objetivos, incluindo a redução do desmatamento.

Palavras-chave – Mudança de Cobertura da Terra, Áreas Protegidas, Fiscalização, Aplicação da Lei, Avaliação de Políticas.

ABSTRACT

One of the main strategies for Brazilian government to curb deforestation is the creation and management of Conservation Units. The Environmental Protection Area (APA) is a category of Conservation Unit that aims to compatibility conservation with the sustainable use of natural resources. APAs can be created without the expropriation of land, and may consist of public and private lands. This particularity brings opportunities for conservation, since it reduces the costs for creation, but also confers complexity to its management. Thus, it is not known if this type of regulation is effective to reduce deforestation. The objective of this work is to estimate the effectiveness of the APAs against deforestation in rural properties in the Brazilian Amazon. Such effectiveness will be compared in different levels of policing. The study showed that, on average, the creation of these areas is not enough to reduce deforestation. It is necessary that the State enforce the environmental laws to meet its objectives, including reducing deforestation.

Key words – Land Cover Change, Protected Areas, Policing, Law-enforcement, Policy Evaluation.

1. INTRODUÇÃO

O desmatamento na Amazônia é uma questão central para a mitigação das mudanças climáticas e a criação e manutenção de Unidades de Conservação (UCs) tem sido uma das principais estratégias adotadas pelo governo brasileiro para combater o desmatamento na Amazônia Brasileira. A Área de Proteção Ambiental (APA) é uma das categorias de manejo prevista no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) que objetiva a compatibilização da conservação ambiental com o uso sustentável dos recursos naturais. A APA possui a particularidade de poder ser instituída sem que haja anecessidade da união, estado ou município desapropriar terras, uma vez que pode ser constituída por terras públicas ou privadas [1]. Tal característica eleva a complexidade do monitoramento, fiscalização e gestão destas UCs, porém constitui uma oportunidade de se criar novos espaços protegidos sem que haja necessidade de grandes investimentos com desapropriações para a regularização fundiária, um dos grandes obstáculos da implementação de UCs e do combate ao desmatamento na Amazônia [2]. Na Amazônia, existem 47 APAs que se estendem por um território de 201.870 km² [3].

O objetivo deste trabalho foi estimar a efetividade das APAs em reduzir o desmatamento em propriedades rurais na Amazônia Brasileira, e comparar tal efetividade em diferentes níveis de fiscalização ambiental. Para atingir tal objetivo, testamos duas hipóteses:

H1. A criação de APAs diminuiu o desmatamento na Amazônia brasileira. Esta hipótese pauta-se na lógica de que as APAs, como instrumento político para controle do uso dos recursos e espaços naturais, podem reduzir o desmatamento [4].

H2. A fiscalização ambiental foi um fator determinante na efetividade das APAs em reduzir o desmatamento. Apesar das APAs estabelecerem restrições extras ao uso da terra, apenas a criação de APAs não é suficiente para as regulamentações sejam cumpridas. É necessário que haja o monitoramento e fiscalização, além do planejamento e gestão do espaço protegido [5].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir o objetivo deste trabalho, utilizou-se uma abordagem empírica baseada em regressão por diferenças-em-diferenças (D-i-D) e dados espaciais agregados por ano, de 2000 a 2016, e por imóveis rurais registrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR) [6].

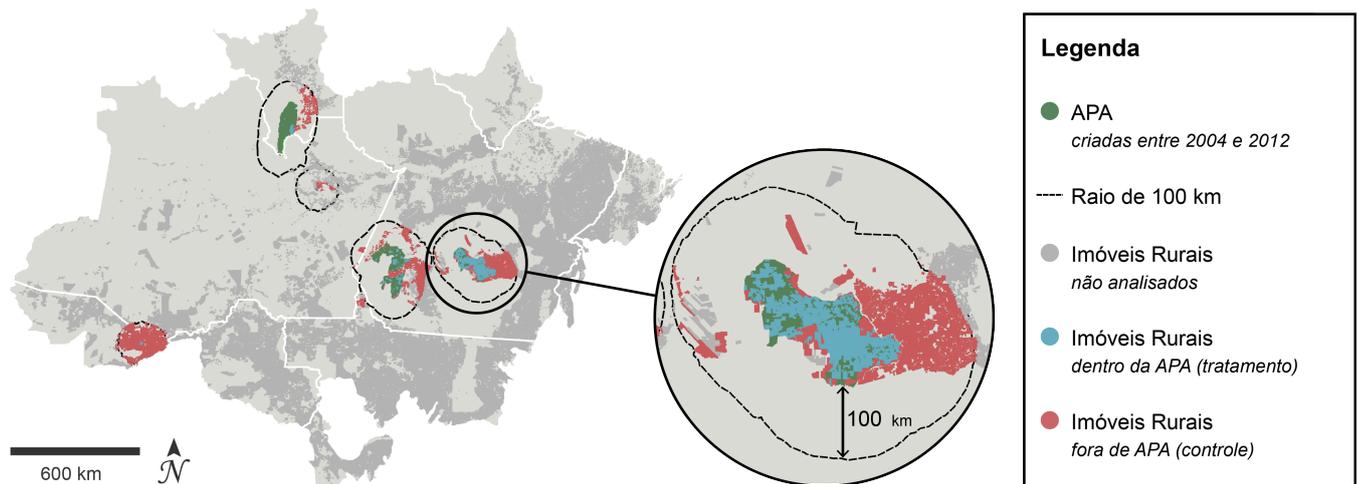


Figura 1: Área de estudo – Bioma Amazônia no Brasil – e o arranjo experimental.

Esta análise foca em APAs criadas entre 2004 e 2012, que garante que tenha-se informação sobre desmatamento 4 anos antes e depois da criação de todas as APAs. Nossa amostra inclui apenas imóveis inseridos à um raio de 100 km de APAs, a fim de sustentar a premissa do modelo D-i-D de que os imóveis são idênticos em termos de fatores não observáveis. Além disso, as propriedades fora da área de mapeamento do PRODES, onde não se tinha informações sobre o desmatamento, foram excluídas. Finalmente, a fim de eliminar polígonos inconsistentes, foram excluídas da análise os imóveis maiores que 99,99% do total e menos de 7 vértices – polígonos grandes e de geometria simples. Apenas 6 polígonos foram excluídos nesta limpeza. Com esses critérios de seleção, foram consideradas 34.749 propriedades e 5 APAs, que se estendem por 86.034 km² de 5 estados da Amazônia Brasileira 1. A Tabela 1 apresenta o resumo dos dados utilizados neste trabalho.

A primeira hipótese (H1) deste trabalho é que as APAs são efetivas em reduzir o desmatamento. O teste da H1 apoiou-se em modelo por D-i-D, que comparou o desmatamento em grupos de propriedades rurais dentro (Tratamento) e fora (Controle) de APAs, quatro anos que antecedem (Pré) e sucedem (Pós) sua criação, a fim de estimar os efeitos causais destas UCs sobre o desmatamento. Para estimar o efeito da criação da APA sobre o desmatamento em dada propriedade rural, s , e ano, t , foi utilizado o modelo especificado na Equação 1:

$$D = \beta_1 T_s + \beta_2 P_{st} + \beta_3 T_s \times P_{st} + \sum_k \theta_k X_{kst} + \psi_t + \eta_{st} \quad (1)$$

onde o desmatamento (D) é a variável dependente e refere-se à porcentagem da área do imóvel rural desmatada anualmente. Tratamento (T) é uma variável indicadora (*dummy*) que recebe 1 se, em algum ano qualquer, a propriedade estiver localizada em uma APA, ou seja, foi tratada pela política. Pós (P) refere-se a uma variável indicadora que atribui 1 quando APA já está criada. O coeficiente da interação $T \times P$ (β_3) estima efeito das APAs

sobre o desmatamento e, portanto, é o coeficiente de interesse. Os (k) controles são representados pelo vetor X e ψ_t , que referem-se aos efeitos fixos no tempo. η_{st} é o erro idiossincrático.

O modelo D-i-D (Equação 1 foi expandido com o objetivo de testar a segunda hipótese deste trabalho (H2)), que suporta o argumento de que a fiscalização ambiental é um fator determinante na efetividade das APAs em reduzir o corte raso:

$$D = \beta_1 T_s + \beta_2 P_{st} + \beta_3 T_s \times P_{st} + \beta_4 F_{st} + \beta_5 T_s \times F_{st} + \beta_6 P_{st} \times F_{st} + \beta_7 T_s \times P_{st} \times F_{st} + \sum_k \theta_k X_{kst} + \psi_t + \eta_{st} \quad (2)$$

onde fiscalização (F) é a intensidade de autos de infração lavrados pelo IBAMA [8] e ICMBio [9]. O coeficiente da interação $T \times P \times F$ (β_7) estima o efeito das APAs sobre o desmatamento considerando diferentes intensidades de fiscalização.

Os controles têm como objetivo isolar o efeito do tratamento de outros fatores que influenciam no desmatamento. Nesse sentido foram utilizadas as variáveis: área de remanescente florestal, *dummy* de Terras Indígenas, indicador de UCs de outras categorias de manejo. Ainda, o modelo controlou para efeitos fixos no tempo.

3. RESULTADOS

O gráfico D-i-D (Figura 2A) demonstra a dinâmica média do desmatamento ao longo do tempo, para os grupos de tratamento e controle. As APAs são criadas em $t=0$. Antes de sua criação, as taxas de desmatamento em propriedades rurais dentro e fora dos limites das APAs seguiam a mesma tendência de crescimento, seguido por uma redução no ano de criação. Após o estabelecimento das APAs, em média, ocorre um crescimento no desmatamento em $t=1$ e posterior decréscimo em propriedades no interior das APAs, enquanto os imóveis fora destas UCs mantêm a redução de suas taxas de desmatamento. A Figura 2B apresenta, na

Tabela 1: Resumo das estatísticas.

Variável	Fonte	N	Mean	St. Dev.	Min	Max
Desmatamento (%)	INPE [7]	227.361	1,50	5,29	0,00	99,99
Fiscalização (km ⁻¹)	IBAMA [8] e ICMBio [9]	227.361	15,18	23,17	0,001	94,56
Floresta remanescente (ha)	INPE [7]	227.361	150,10	1.110,78	0,00	93.229,90
Terra indígena (<i>dummy</i>)	FUNAI [10]	227.361	0,0004	0,02	0	1
Área do imóvel (ha)	Serviço Florestal [6]	34.749	254,82	1.351,33	0,01	99.775,08

mesma lógica, a dinâmica da intensidade média dos autos de infração dentro e fora das APAs ao longo do tempo. A intensidade de fiscalização apresentou rigorosamente a mesma tendência para os grupos de tratamento e controle em todos os anos. No entanto, de t=2 à t=4, a magnitude da intensidade de fiscalização foi maior entre as propriedades adjacentes às APAs. A seguir, o efeito das APAs será investigado mais formalmente por meio do modelo D-i-D.

A Tabela 2 apresenta as estimativas dos modelos D-i-D. Na coluna 1, o coeficiente do indicador de Tratamento apresenta valor positivo e significativo, indicando que a taxa de desmatamento sempre foi maior dentro das APAs. Este resultado pode ser explicado pelo fato de as APAs serem criadas em locais com intensa dinâmica de desmatamento, justamente com o objetivo de conter tal fenômeno. A H1 de que as APAs diminuem o desmatamento é testada pelo coeficiente da interação *Tratamento* × *Pos*, que também é positivo e significativo, o que indica que, em média, as APAs não reduziram o desmatamento nas propriedades rurais.

Para testar H2, que prevê que uma maior fiscalização ambiental aumenta a efetividade das APAs em reduzir o desmatamento, foi adicionada uma nova interação com a intensidade de Fiscalização ao modelo D-i-D. O coeficiente da interação *Tratamento* × *Pos* × *Fiscalizacao* é negativo e significativo, que sugere que as APAs reduziram mais o desmatamento em propriedades com maior intensidade de fiscalização ambiental.

Nossos resultados corroboram com a literatura do efeito de UCs sobre o desmatamento na Amazônia brasileira. Anderson et al. [4] encontraram resultados semelhantes utilizando um modelo de regressão D-i-D e dados em painel agregados em células de 1 km. Suas estimativas

Tabela 2: Estimativas D-i-D dos efeitos das APAs sobre o desmatamento (coluna 1) e os efeitos da fiscalização sobre a efetividade das APAs em reduzir o desmatamento (coluna 2).

	Variável dependente:	
	Desmatamento (%)	
	(1)	(2)
Tratamento (<i>T</i>)	0.353*** (0.064)	0.038 (0.087)
Pós (<i>P</i>)	0.117** (0.049)	0.430*** (0.096)
<i>T</i> × <i>P</i>	1.047*** (0.084)	1.445*** (0.112)
Fiscalização (<i>F</i>)		0.008 (0.016)
<i>T</i> × <i>F</i>		0.151*** (0.028)
<i>P</i> × <i>F</i>		-0.018 (0.016)
<i>T</i> × <i>P</i> × <i>F</i>		-0.168*** (0.029)
Observações	227,361	227,361
R ²	0.024	0.026
R ² ajustado	0.024	0.025
Erro padrão residual	5.225 (gl = 227343)	5.222 (gl = 227339)

Nota: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01. APAs estabelecidas entre 2004-2012; propriedades a uma distância máxima de 100 km da borda da APA. Desmatamento é porcentagem da área do imóvel rural desmatada anualmente. Tratamento é uma variável indicadora (*dummy*) que recebe 1 se, em algum momento qualquer, a propriedade estiver localizada em uma APA. Pós refere-se a uma variável indicadora que atribui 1 quando a APA já está criada. O coeficiente da interação *T* × *P*, é o efeito das APAs sobre o desmatamento. Fiscalização é a intensidade de autos de infração em cada propriedade e ano. O coeficiente da interação *T* × *P* × *F*, é o efeito das APAs sobre o desmatamento considerando diferentes intensidades de fiscalização. Ambos os modelos controlam para a proporção de Floresta primária e o indicador de terras indígenas.

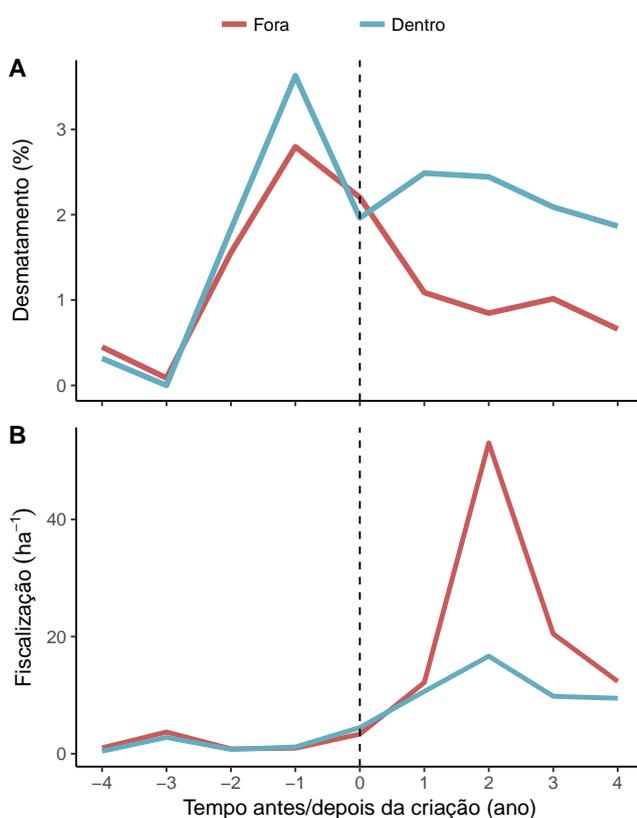


Figura 2: (A) Gráfico D-i-D do desmatamento antes e depois da criação das APAs e (B) Gráfico D-i-D da intensidade de fiscalização antes e depois da criação das APAs.

sugerem que as UCs, por si, não explicam a redução no desmatamento observado entre 2004 e 2010, mas que ocorre uma redução significativa nos municípios onde a fiscalização foi intensificada. Outros estudos estimaram os efeitos da fiscalização ambiental sobre o desmatamento na Amazônia. Borner et al. [11] e Assunção et al. [12], utilizando diferentes modelos econométricos, encontraram que a fiscalização do IBAMA, em média, inibe o desmatamento na Amazônia. No entanto, os autores deste trabalho não tem conhecimento de outros estudos que avaliem o efeito de UCs no desmatamento em imóveis rurais.

Tais avaliações são importantes para o planejamento de áreas protegidas que objetivem o controle do desmatamento no Brasil e no mundo. Nossos resultados contribuem para compreensão do papel da fiscalização ambiental na redução do desmatamento. A fiscalização ambiental possui um papel importante no controle do desmatamento, pois, além de dissuadir o desmatamento [11, 12], aumenta a efetividade de outras políticas públicas complementares, como as áreas protegidas.

4. CONCLUSÕES

As APAs são instrumentos de planejamento territorial e gestão ambiental importantes na agenda ambiental Brasileira. O estabelecimento de APAs não demanda a desapropriação de terras, o que reduz os custos com a criação de novas áreas protegidas e também os conflitos pela falta de regularização fundiária. No entanto, seu monitoramento, fiscalização e gestão são mais complexos que outras UCs, pois compreendem áreas urbanas e rurais e suas atividades socioeconômicas inerentes. Este estudo avaliou a efetividade das APAs criadas entre 2004 e 2012 em conter o desmatamento em imóveis rurais na Amazônia Brasileira. Os resultados indicam que, em média, a criação de APAs não é suficiente para que haja uma redução no desmatamento; é preciso que a União, estado ou município fiscalizem essas áreas, de modo que seus objetivos, incluindo a redução do desmatamento, sejam cumpridos. Se a criação dessas áreas for seguida por uma gestão eficaz, as APAs podem exercer seu papel para a proteção da diversidade biológica e de regulação do processo de ocupação, assegurando a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Sem essa gestão, os objetivos intrínsecos à criação das APAs ficam comprometidos, conforme demonstrado de empiricamente nos resultados deste trabalho.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao *Research Council of Norway* (número 230860) pelo financiamento do projeto de pesquisa "Tropical deforestation and economic development" (número 230860). Também ao laboratório TREES pela infraestrutura utilizada no desenvolvimento deste trabalho. LOA agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa produtividade (número 309247/2016-0).

5. REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. *SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação: texto da Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 e vetos da presidência da República ao PL aprovado pelo congresso Nacional*. 2^a. ed. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2000. 76 p.
- [2] OLIVEIRA, L. J. D. Regularização fundiária de unidades de conservação. In: Escola Superior do Ministério Público da União (Ed.). *Boletim Científico – Escola Superior do Ministério Público da União*. Brasília: ESMPU, 2010. cap. 5, p. 143–176.
- [3] ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Limites das Unidades de Conservação*. Brasília: [s.n.], 2016.
- [4] ANDERSON, L. O. et al. *The effects of land Use regulation on deforestation: evidence from the Brazilian Amazon*. Oxford: Department of Economics, 2016. 54 p.
- [5] SIANI, S. M. O.; AMARAL, S.; MONTEIRO, A. M. V. iSAM - Um sistema de indicadores para o monitoramento da Área de Proteção Ambiental Mananciais do Rio Paraíba do Sul. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 33, p. 63, aug 2017. ISSN 2236-2878. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/119663>>.
- [6] Serviço Florestal Brasileiro. *Cadastro Ambiental Rural (CAR)*. Brasília: [s.n.], 2016. Disponível em: <<http://www.car.gov.br/>>.
- [7] INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Taxa de desmatamento consolidada do PRODES 2016*. São José dos Campos: [s.n.], 2016.
- [8] IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. *Autos de Infração*. Brasília: [s.n.], 2016. Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/>>.
- [9] ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Autos de Infração*. Brasília: [s.n.], 2016.
- [10] FUNAI – Fundação Nacional do Índio. *Terras Indígenas (2016)*. Brasília: [s.n.], 2016. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/index.php/shape>>.
- [11] BÖRNER, J. et al. Post-crackdown effectiveness of field-based forest law enforcement in the Brazilian Amazon. *PLoS ONE*, v. 10, n. 4, 2015. ISSN 19326203. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0121544>>.
- [12] ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. DETERring Deforestation in the Amazon: Environmental Monitoring and Law Enforcement. 2017.