

Recebimento: 01/04/2021

Aceite: 24/08/2021

## **DETERMINANTES DO DESMATAMENTO NO ESTADO DO PARÁ: UMA ANÁLISE COM REGRESSÕES QUANTÍLICAS PARA DADOS EM PAINEL**

## **DETERMINANTS OF DEFORESTATION IN THE PARÁ STATE: AN ANALYSIS WITH QUANTILE REGRESSIONS FOR PANEL DATA**

Vanessa da Paixão Alves<sup>1</sup>

### **Resumo**

Este trabalho tem por objetivo analisar os determinantes do desmatamento nos municípios do estado do Pará no período de 2006 a 2016. Para esse fim, foi utilizado o método de regressões quantílicas para dados em painel, que permitem avaliar as possíveis diferenças entre grupos de municípios quanto a seus padrões de desmatamento, assim como os fatores responsáveis por tal heterogeneidade. Os resultados indicam que os diferentes níveis de desmatamento são influenciados tanto pelo crescimento do PIB per capita e populacional quanto pela expansão do rebanho bovino e de áreas das lavouras temporária e permanente. Outros fatores como melhorias dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico (emprego, renda, saúde, educação) e ambientais (área de floresta remanescente) e implementação de políticas de comando e controle para o cumprimento da lei ambiental (municípios prioritários para ações de combate ao desmatamento), que refletem indiretamente a atuação efetiva do poder público nessas áreas, também estão correlacionados com o desmatamento, portanto sendo relevantes para a mitigação deste problema ambiental.

**Palavras-chave:** Determinantes do desmatamento. Regressões Quantílicas. Municípios

### **Abstract**

This work aims to analyze the determinants of deforestation in the municipalities of the Pará state in the period from 2006 to 2016. For this purpose, the quantile regression method was used for panel data that allows evaluating the possible differences between groups of municipalities regarding the deforestation patterns, as well as the factors responsible for such heterogeneity. The results indicate that the different levels of deforestation are influenced both by the growth of GDP per capita and population and by the expansion of the cattle herd and areas of temporary and permanent crops. Other factors such as improvements in socioeconomic (employment, income, health, education) and environmental (remaining forest area) indicators and implementation of command and control policies to comply with the environmental law (priority municipalities for actions to combat deforestation), which indirectly reflect the effective performance of the public authorities in these areas, are also correlated with deforestation, therefore being relevant for the mitigation of this environmental problem.

---

<sup>1</sup> PhD in economics from the Federal University of Pará (UFPA), Belém – PA, Brazil. Email: vass321@hotmail.com

**Keywords:** Determinants of deforestation. Quantile Regressions. Priority Municipalities. Socioeconomic Development.

## Introdução

Desde os anos 1970, as políticas voltadas para a integração da Amazônia Brasileira à economia nacional constituíram-se no incentivo à colonização e à ocupação do território, conduzindo a uma economia baseada no desmatamento e na especulação fundiária (TOUNEAU e BURSZTYN, 2010; REYDON et al., 2012). As dinâmicas recentes de expansão da atividade agropecuária têm se mostrado como a principal fonte de desmatamento na região, no entanto a conversão da floresta em pastagens e em terras agrícolas não parece ter se refletido nos indicadores de desenvolvimento na Amazônia (DINIZ, 2017).

Diversas mudanças importantes foram observadas na política ambiental no Brasil. Entre elas, merece destaque a criação de instituições como o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, do Serviço Florestal Brasileiro e da política nacional de mudança do clima (HECHT, 2012). Como fruto da implantação dessas e de outras políticas, o Brasil logrou obter uma queda significativa de seus níveis de desmatamento e emissões, em particular na Amazônia, entre 2004 e 2012.

Sobre o retorno das altas taxas de desmatamento em anos recentes, observa-se que o avanço em uma série de projetos de lei e emendas constitucionais que implicam uma ameaça efetiva ao sistema de proteção ambiental que foi criado nas últimas décadas tem reforçado essa tendência. Essas iniciativas visam reduzir as restrições a licenças ambientais para novos projetos de infraestrutura, mineração e outras atividades econômicas e, ao mesmo tempo, reduzir a proteção de terras indígenas e áreas protegidas com o intuito de priorizar a exploração privadas das terras (CARVALHO et al., 2019; FERRANTE e FEARNSSIDE, 2019; REYDON, FERNANDES e TELLES, 2020).

Nesse sentido, entende-se que o estudo das questões afetas ao problema do desmatamento é importante para fornecer subsídios para elaboração de melhores estratégias de políticas ambientais. Com base nisso, este artigo tem por objetivo desenvolver um estudo econométrico, utilizando o método de regressões quantílicas para dados em painel, para analisar os determinantes do desmatamento no estado do Pará, responsável por grande parte do desmatamento na Amazônia Brasileira. Diferentemente dos estudos que consideram a influência agregada dos fatores do desmatamento, a metodologia utilizada neste estudo permite avaliar as possíveis diferenças entre grupos de municípios quanto a seus padrões de desmatamento, assim como os fatores responsáveis por tal heterogeneidade.

A estrutura deste artigo contempla, além desta introdução, a revisão de literatura acerca do desmatamento no estado do Pará, assim como da literatura empírica sobre o tema. Em seguida, são apresentados a base de dados, as variáveis utilizadas e os fundamentos metodológicos, além dos resultados e discussões, finalizando com as conclusões.

## Desmatamento no estado do Pará

Os dados divulgados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) indicam uma média das taxas anuais de desmatamento na Amazônia entre 2000 e 2012 de 14.970 km<sup>2</sup>. Em 2012, foi registrado o menor índice de desmatamento na região, 4.700 km<sup>2</sup>, entretanto o desmatamento voltou a crescer em 2013, alcançando uma taxa de 5.800 km<sup>2</sup>. Assim, houve uma interrupção da tendência de queda observada desde 2008 (INPE, 2020).

O Pará apresentou uma redução no desmatamento de 2.540 Km<sup>2</sup> entre 2009 e 2012, colaborando com 88% da redução em toda a Amazônia. A participação do estado no desmatamento total da região caiu de 57,4%, em 2009, para 38,1%, em 2012. Entretanto, observa-se um crescimento da derrubada de floresta na região entre 2013 e 2016, com a qual o estado do Pará contribuiu com 32% do total (646 Km<sup>2</sup>).

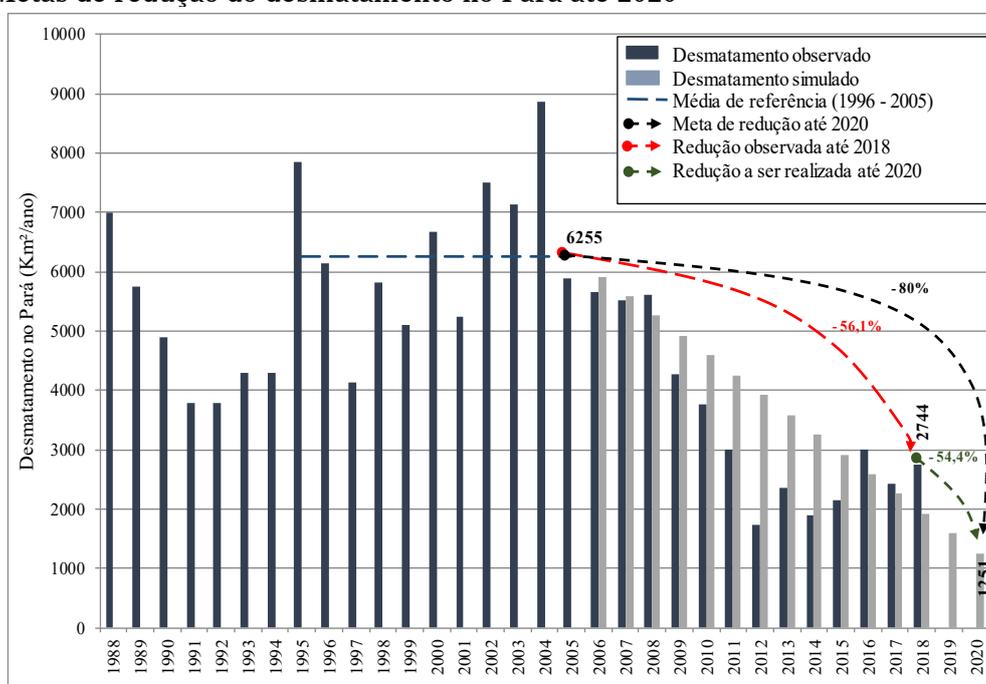
Em virtude das altas taxas de desmatamento, o estado do Pará liderou o *ranking* das emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil, emitindo 280,2 milhões de toneladas em 2016. O setor Mudança de Uso da Terra responde por aproximadamente 81% das emissões totais no estado (SEEG, 2020).

Com vistas a contribuir com o fortalecimento da governança ambiental no Brasil, o Pará apresentou a experiência do PMV durante a Rio+20, em que foi anunciado o compromisso de

redução em 80% do desmatamento no estado até 2020, comparado à média anual de 6.255 Km<sup>2</sup> registrada no período 1996-2005, e obter, a partir dessa data, o desmatamento líquido zero (GOVERNO DO ESTADO, 2013).

Considerando a taxa anual de 2018 (2.744 Km<sup>2</sup>), até então foi alcançado 56,1% (3.511 Km<sup>2</sup>) de redução (Figura 1). Com a redução do desmatamento observada até este ano, estima-se que o estado deixou de emitir 236,3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub><sup>2</sup>.

**Figura 1:** Metas de redução do desmatamento no Pará até 2020



Fonte: elaborada pela autora (2020) com base nos dados do INPE, 2020.

O estado atingiu 264.691 Km<sup>2</sup> de áreas desmatadas ou aproximadamente 21% do seu território em 2017 (INPE, 2020). Em virtude da extensão dessas áreas, argumenta-se que o Pará já teria área suficiente para abrigar a sua produção agropecuária e a sua mineração.

Assim, obtém-se o teto de área total desmatada no estado de, no máximo, 265 mil Km<sup>2</sup> até 2020. A partir desse valor, qualquer nova área desmatada terá de ser compensada com a restauração da floresta nativa, ou seja, para cada hectare autorizado mediante licenciamento ambiental, será necessário restaurar no mínimo 2 hectares. Nesse contexto, considerando as metas já assumidas de redução do desmatamento até 2020, o Pará poderá ainda desmatar 309 Km<sup>2</sup> (265 mil – 264.691 Km<sup>2</sup>) até aquele ano.

O aumento do desmatamento no final de 2007 levou o governo a adotar medidas como a iniciativa entre o Banco Central do Brasil (BACEN) e o Ministério do Meio Ambiente para o lançamento do Programa Municípios Críticos (Decreto nº 6.321/2007), que suspendeu o acesso dos agricultores ao crédito agrícola em 36 municípios com as maiores taxas de desmatamento (ASSUNÇÃO et al., 2012).

Segundo a portaria nº 361, de 8 de setembro de 2017 do MMA, o Pará possui 14 municípios que integram a lista de municípios embargados, que são prioritários para ações de prevenção, monitoramento e controle do desmatamento. Esses municípios totalizam cerca de 80% das áreas de Cadastro Ambiental Rural (CAR) do total de áreas passíveis de cadastro no Pará. O desmatamento cresceu substancialmente entre os municípios prioritários no período de 2004 a 2016, mesmo diante das imposições colocadas pelo Programa (CASTELO, ADAMI e SANTOS, 2020). Dessa maneira, a inflexão de políticas ambientais e a efetiva gestão ambiental municipal são fundamentais para o controle do desmatamento no Pará (AZEVEDO-RAMOS et al., 2017)

<sup>2</sup>Esta estimativa resulta da multiplicação da redução do desmatamento de 351.100 hectares pela média de valores entre 1996 e 2017 do estoque de carbono de 183,36 de toneladas de carbono por hectare de floresta (ou 672,9 toneladas de CO<sub>2</sub>) com base nos dados do CCAL Brasil (2018).

## Estudos empíricos sobre determinantes do desmatamento

A literatura empírica sobre determinantes do desmatamento vem crescendo desde a década de 1990. Aspectos socioeconômicos têm sido associados ao desmatamento, os quais influenciam indiretamente os agentes econômicos por vários canais de transmissão. Os fatores ligados ao desenvolvimento econômico, demográficos, macroeconômicos e institucionais são comumente mencionados em pesquisas pelo mundo (DAMETTE e DELACOTE, 2012).

A relação entre o desenvolvimento econômico e o desmatamento tem sido amplamente discutida no âmbito da hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (EKC), a qual defende a ideia de uma curva em formato de U invertido quando se relaciona a renda *per capita* e a degradação ambiental. Segundo essa tese, em estágios iniciais de desenvolvimento, o crescimento econômico está positivamente relacionado à degradação ambiental, no entanto, quando a renda *per capita* atinge certo patamar, a degradação começa a decrescer com o crescimento (CULAS, 2007; INDARTO e MUTAQIN, 2016).

O conceito de Curva de Kuznets Ambiental (CKA) surgiu na década de 1990 e tornou-se um dos principais instrumentos que analisam os impactos do crescimento econômico sobre a degradação ambiental, mostrando que o desenvolvimento econômico, não necessariamente, resultaria em maiores níveis de degradação ambiental. Em suma, observou-se que o crescimento inicial degrada o meio ambiente, porém a continuidade do crescimento tende a amenizar os problemas ambientais (BIAGE e ALMEIDA, 2015; DINIZ, 2017).

Complementarmente, alguns autores consideram que a hipótese da CKA assume que o inicial aumento da degradação ambiental é temporário. As diminuições subsequentes não são permanentes, portanto a CKA em “U-invertido” não se sustentaria no longo prazo, resultando em uma curva em forma de “N”, indicando que a degradação volta a aumentar em estágios com maiores níveis de renda (DINDA, 2004; AVELINO, 2018; CARVALHO, CARVALHO, CARVALHO e GUIMARÃES, 2020).

Mais recentemente, Faria e Almeida (2016) evidenciam que o crescimento econômico, medido pela evolução do PIB per capita, indica uma tendência de crescimento de um conjunto de atividades econômicas, inclusive aquelas que promovem o desmatamento como a produção de soja e gado. Assim, o ciclo de crescimento com uma disponibilidade maior de renda, cria um efeito indutor, permitindo novos investimentos, o que conduz ao aumento do nível do desmatamento. Soares (2019), que identifica os determinantes do desmatamento no estado do Pará por meio da análise de dados municipais no período de 2011 a 2016, também conclui que a expansão da pecuária e as mudanças no PIB per capita influenciam positivamente no aumento do desmatamento no estado.

Adicionalmente, assevera-se que regiões com alta densidade populacional (especialmente densidade rural) e alto crescimento das populações tendem a experimentar altos índices de desmatamento (CROPPER e GRIFFITHS, 1994; DINIZ, 2017). A pressão demográfica, apontada como importante na evolução dos processos de ocupação e uso da terra, está correlacionada com fatores de atração, como projetos de assentamento, mineração, projetos de infraestrutura e a expansão da fronteira agropecuária (HAGRAVE e KIS-KATOS, 2013; FEARNESIDE, 2017; SEYMOUR e HARRIS, 2019; REYDON, FERNANDES e TELLES, 2020).

Outros fatores relacionados à conjuntura macroeconômica do país, como os preços da agricultura e da madeira, taxas de câmbio real e exportações, podem conduzir a alterações de uso da terra, implicando em desmatamento (DAMETTE e DELACOTE, 2012; NEPSTAD et al., 2014; FARIA e ALMEIDA, 2016; CARVALHO et al., 2019).

Ainda nesse sentido, a qualidade da governança ambiental, evidenciada por políticas ambientais, como o estabelecimento de áreas protegidas, concorre positivamente para a queda do desmatamento (SOARES-FILHO et al., 2010; AZEVEDO-RAMOS e MOUTINHO, 2018; WEHKAMP et al., 2018; AZEVEDO-RAMOS et al., 2020; JAFFÉ et al., 2021).

Ademais, a dotação inicial da floresta guarda uma relação positiva com o desmatamento, pois, quanto maior a área de floresta, menos onerosa é a extração de madeira devido às atividades ligadas ao transporte e à escassez e, segundo, menor será a disponibilidade de terras a serem utilizadas na agropecuária, diminuindo a pressão sobre as florestas (NEPSTAD et al., 2008; FERREIRA e COELHO, 2015). No que tange à hipótese de transição de florestas, à medida que a floresta vai se tornando escassa e o desmatamento cresce, a utilidade marginal da floresta aumenta, assim diminuindo a utilidade marginal da agricultura (DAMETTE e DELACOTE, 2012).

Nessa direção, Diniz e Oliveira Jr. (2009) desenvolvem um estudo, utilizando diferentes instrumentos analíticos e técnicas de estimação para avaliar o desmatamento na Amazônia Legal de 1997 a 1998. Os resultados de pesquisa demonstram que, nos municípios mais desmatados, não só a

pecuária, mas também as culturas permanentes e temporárias atuam no sentido de aumentar o desmatamento. Ademais, as variáveis representativas do capital humano demonstraram-se relevantes para explicar o desmatamento, em particular a educação de adultos favorece a criação de alternativas de sobrevivência das famílias, determinando uma menor pressão sobre o uso de recursos naturais, assim como evidenciado em Loening e Markussen (2003), Arraes, Mariano e Simonassi (2012). Desse modo, assevera-se que melhores níveis educacionais permitem que indivíduos enveredem por atividades econômicas como a de serviços, por exemplo, em detrimento de atividades mais degradadoras como a exploração madeireira e a pecuária.

Sobre esse aspecto, as causas subjacentes do desmatamento também refletem a qualidade de vida dos indivíduos em resposta a políticas públicas para o desenvolvimento sustentável na região amazônica (DIAS, DIAS e MAGNUSSON, 2015; CASTELO; ADAMI; SANTOS, 2020; JAFFÉ et al., 2021).

### Base de dados, descrição de variáveis e fundamentos metodológicos

Os dados usados neste estudo são relativos a 143 municípios do estado do Pará no período compreendido entre 2005 e 2016. Os dados de desmatamento acumulado e floresta remanescente são provenientes do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados de PIB e população são oriundos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e, além desses, foram utilizados o número de cabeças do rebanho bovino da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM/IBGE) e áreas plantadas de lavouras permanentes e temporárias da Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE). A variável PIB foi deflacionada pelo IGP\_DI da Fundação Getúlio Vargas (FGV) com base em dezembro de 2016.

Ademais, adota-se uma variável *dummy* para a mudança estrutural antes (0) e depois (1) da implementação da política proposta pelo MMA voltada para municípios prioritários para ações de combate ao desmatamento.

Por sua vez, foram utilizados os componentes Emprego & Renda, Educação e Saúde, que compõem o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) que acompanha o desenvolvimento dos municípios brasileiros nessas três áreas. O indicador de desenvolvimento humano elaborado pela Federação das Indústrias do estado do Rio de Janeiro (Firjan) com base exclusivamente em estatísticas públicas oficiais (Ministérios do Trabalho, Educação e Saúde) é um índice que varia de 0 a 1, de modo que, quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento da localidade. Com o objetivo de estabelecer valores de referência que facilitem a análise, foram convencionados quatro conceitos para o IFDM: baixo estágio de desenvolvimento (0,0 a 0,4); desenvolvimento regular (0,4 a 0,6); desenvolvimento moderado (0,6 a 0,8) e alto estágio de desenvolvimento (0,8 a 1,0).

O Sistema Firjan disponibiliza dados do IFDM de 2005 a 2016 e, por ser um estudo que reflete o acompanhamento anual do desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros, justifica-se a escolha da delimitação temporal do período compreendido entre 2005 e 2016 em análise no presente estudo. Dessa maneira, é possível compor uma série histórica de dados para o conjunto de variáveis que compõe o modelo econométrico proposto neste estudo.

Em virtude de peculiaridades deste estudo, que envolve características que limitam a aplicação exclusiva da Regressão Múltipla, como a presença de casos extremos (*outliers*), assim como a presença de variáveis tidas como explicativas não influenciarem na mesma medida todos os valores assumidos pela variável dependente, optou-se pela aplicação da técnica de Regressão Quantílica (RQ), apresentada inicialmente no trabalho de Koenker e Bassett (1978). A ideia por trás das regressões quantílicas é estimar qual o efeito sob qualquer separatriz na distribuição de  $y$  dado  $x$ , quando  $x$  muda. Assim, as regressões quantílicas permitem analisar o impacto das variáveis explicativas em diferentes pontos da distribuição condicional da variável dependente.

Este é um modelo semi-paramétrico, pois, como definido por Cameron e Trivedi (2010), evita hipóteses sobre a distribuição paramétrica de erros de regressão. Ele permite observar o efeito de variáveis independentes em diferentes pontos da distribuição da variável dependente e são apropriados quando esta é assimétrica e heterocedástica em relação às demais variáveis do modelo (BUCHINSKY, 1998).

Assim, os resultados encontrados para os diferentes *quantis* da distribuição condicional podem ser interpretados separadamente como variações na variável dependente causadas por mudanças nos regressores em diferentes pontos da distribuição condicional da variável dependente (BUCHINSKY, 1998; COSTA et al, 2015). Assim, quando os *quantis* se alteram sistematicamente com

as variáveis explicativas, os coeficientes angulares serão diferentes para cada quantil, tal que a estimação não consiste na análise de uma simples estimativa, mas de um processo.

No caso específico deste estudo, trata-se do processo pelo qual diferentes grupos de municípios classificados quanto a seus coeficientes angulares são afetados diferentemente pelas variáveis explicativas selecionadas. Desse modo, em uma ordem crescente de desmatamento, nos primeiros quantis encontram-se os municípios que apresentam um menor nível de desmatamento e, para os últimos quantis, se encontram os municípios mais desmatados do estado do Pará. Considerando que o período de análise proposto para a pesquisa compreende os anos de 2005 a 2016, a Regressão Quantílica foi estimada para dados em painel.

Esse método foi estudado por Koenker e Xiao (2001) e Lamarche (2010), além de extensões feitas por Harding e Lamarche (2009) e Galvão e Montes-Rojas (2010), entre outros. Os modelos de regressão com dados em painel fornecem maior quantidade de informações, maior variabilidade dos dados, redução do problema de colinearidade entre as variáveis explicativas, maior número de graus de liberdade e maior eficiência dos parâmetros estimados (MARQUES, 2000).

Assim, dado que as variáveis explicativas não afetam igualmente o desmatamento municipal, foram estimadas regressões para os *quantis* 10%, 25%, 50% (mediana), 75% e 99%. O *p*-ésimo quantil condicional do  $\ln\text{DESM}_{it}$  é dado por:

$$Q_{\theta}(\ln\text{DESM}_{it} \mid X_{it}) = \alpha_i + \beta_{\theta} X'_{it} + \varepsilon \quad (1)$$

$$\theta \in [0,1]$$

Em que:  $\ln\text{DESM}_{it}$  = logaritmo natural do desmatamento acumulado municipal e variável dependente do modelo;  $X'_{it}$  = vetor de variáveis explicativas utilizadas no modelo;  $\beta_{\theta}$  = parâmetros estimados para cada quantil condicional de variação na variável dependente;  $\alpha_i$  = parâmetro de intercepto;  $\varepsilon$  = representa o termo de erro.

Desse modo, a forma específica do modelo de regressão estimado dos determinantes do desmatamento pode ser escrita como:

$$\begin{aligned} \ln\text{DESM}_{it} = & \alpha_0 + \beta_1 \ln\text{PIB\_PC}_{it} + \beta_2 \ln\text{PIB\_PC}_{it}^2 + \beta_3 \ln\text{PIB\_PC}_{it}^3 + \beta_4 \ln\text{POP}_{it} + \beta_5 \ln\text{E\_BOV}_{it} \\ & + \beta_6 \ln\text{LAV\_P}_{it} + \beta_7 \ln\text{LAV\_T}_{it} + \beta_8 \text{IFDM\_ER}_{it} + \beta_9 \text{IFDM\_E}_{it} + \beta_{10} \text{IFDM\_S}_{it} \\ & + \beta_{11} \ln\text{FLO}_{it} + \beta_{12} \ln\text{FLO}_{it}^2 + \beta_{13} \text{MUNIC\_P}_{it} + \varepsilon \quad (2) \end{aligned}$$

Em que desmatamento ( $\ln\text{DESM}$ ) é a variável de interesse;  $\ln\text{PIB\_PC}$  é o logaritmo natural PIB municipal per capita (nas formas linear, quadrática e cúbica);  $\ln\text{POP}$  é o logaritmo natural da população municipal;  $\ln\text{E\_BOV}$  é o logaritmo natural do efetivo bovino;  $\ln\text{LAV\_P}$  e  $\ln\text{LAV\_T}$  são os logaritmos naturais da área plantada municipal de lavouras permanentes e temporárias, respectivamente;  $\text{IFDM\_ER}$ ,  $\text{IFDM\_E}$  e  $\text{IFDM\_S}$ , são os indicadores Emprego & Renda, Educação e Saúde (*proxies* de desenvolvimento socioeconômico);  $\ln\text{FLO}$  é o logaritmo natural da área remanescente de floresta municipal (nas formas linear e quadrática);  $\text{MUNIC\_P}$  é variável dummy, sendo 0 atribuído ao período até 2009 e 1 a partir de 2009. Essa variável refere-se ao período anterior e posterior ao lançamento da lista dos municípios onde incidem ações prioritárias de prevenção, monitoramento e controle do desmatamento ilegal;  $\varepsilon$  é o termo de erro aleatório e  $\beta_i$  (com  $i = 1,2,3,\dots,13$ ) são os parâmetros do modelo empírico.

Inicialmente, se realiza uma Análise Exploratória de Dados (AED) com a finalidade de examinar os dados previamente à aplicação da técnica econométrica. Dessa forma, busca-se um entendimento básico dos dados e das relações existentes entre as variáveis analisadas por meio da análise descritiva que permite organizá-las e sintetizá-las de forma a obter informações do conjunto de dados. Para tanto, para analisar as variáveis quantitativas calcula-se a média e o desvio-padrão dos valores, a primeira é uma medida de posição, valor ao redor do qual os dados estão distribuídos, e a segunda é uma medida de dispersão, um valor que resume a variabilidade dos dados. Além disso, evidencia-se a distribuição por quantis da variável dependente desmatamento acumulado, a qual pode ser visualizada por meio de mapa, permitindo observar a espacialização da derrubada florestal no território paraense.

Para validação do modelo aplicado no estudo, foram utilizados os testes: de Wooldridge, para autocorrelação serial; de Breusch-Pagan, para heterocedasticidade e de Wald, para verificar a existência de diferenças significativas entre os diferentes quantis na relação entre a variável dependente e as variáveis explicativas inseridas no modelo, isto é, para confirmar a pertinência do método. Utilizou-se, também, o método de reamostragem do bootstrap, possibilitando maior confiabilidade nas inferências realizadas, além de possibilitar a correção da heterocedasticidade e autocorrelação, conforme apontamentos de Cameron e Trivedi (2010).

## Resultados e discussão

### Análise descritiva dos dados

Para analisar as implicações no processo do desmatamento municipal em função dos determinantes selecionados, foram estimadas 5 regressões quantílicas, além da regressão por MQO, considerando os quantis 10, 25, 50, 75 e 99 da variável explicada que se distribuem segundo os limites apresentados na Tabela 1:

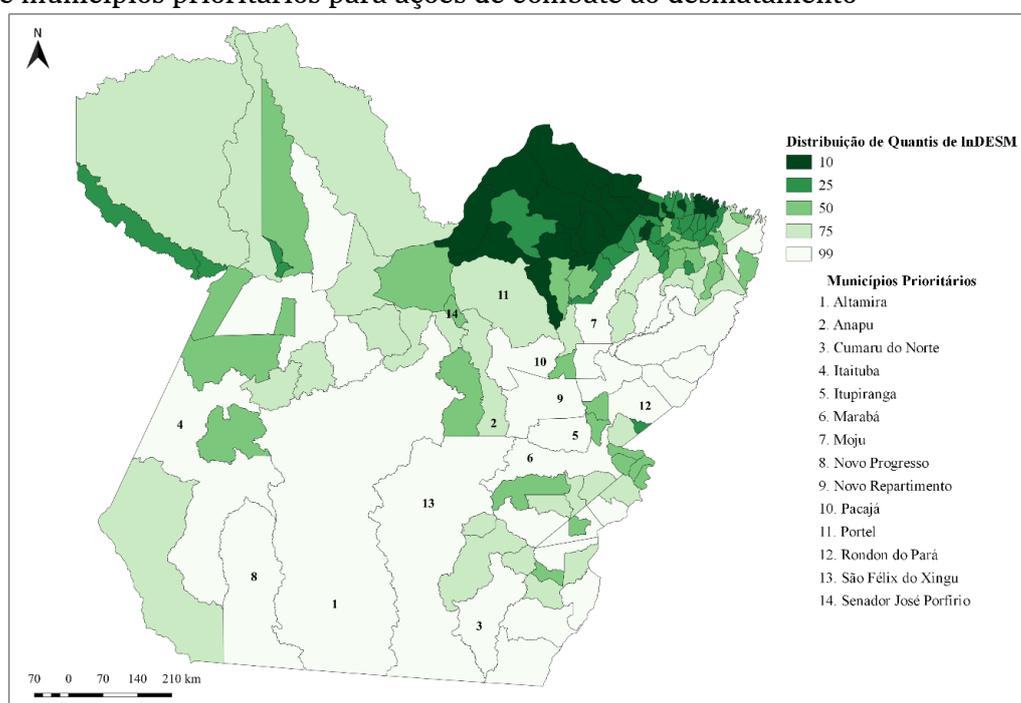
**Tabela 1:** Limites da distribuição da variável dependente lnDESM (2005 – 2016)

Quantis	Limite Inferior	Limite Superior
10	3.13	5.42
25	5.42	6.53
50	6.53	7.27
75	7.28	7.90
99	7.91	9.81

Fonte: Resultado de pesquisa.

Dessa maneira, têm-se resultados para cinco diferentes níveis de desmatamento acumulado nos municípios. O quantil 10 fornece os resultados para 10% dos municípios menos desmatados, enquanto o quantil 99 fornece resultado para 99% dos municípios mais desmatados. O quantil 50 representa a mediana, sendo sua interpretação e as dos quantis 25 e 75 feita de forma análoga às demais. A distribuição espacial dos municípios em relação à distribuição da variável dependente lnDESM, assim como a lista de municípios prioritários para ações de combate ao desmatamento pode ser melhor visualizada pela Figura 2 a seguir:

**Figura 2:** Distribuição espacial dos municípios em relação à distribuição da variável dependente lnDESM e municípios prioritários para ações de combate ao desmatamento



Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se uma maior concentração de municípios mais desmatados nos quantis acima da mediana representando cerca de 82% das áreas desmatadas do estado do Pará, ao passo que os municípios com menores áreas desmatadas (cerca de 6% do total), representados pelos quantis inferiores à mediana, estão localizados em sua maioria na região nordeste do estado. Nesse sentido, assevera-se que o desmatamento se estabeleceu em grande parte dos municípios paraenses, o que revela a baixa capacidade de ações de governança ambiental para tratar do grave problema ambiental.

Para compreender as características desses municípios, e a sua distribuição ao longo do território paraense foi realizada uma Análise Exploratória dos Dados (AED), cujos resultados estão dispostos na Tabela 2 abaixo:

**Tabela 2:** Estatísticas descritivas das variáveis

Variável	Medidas	Quantis				
		10	25	50	75	99
lnDESM	Média	4.641	6.028	6.957	7.567	8.442
	Desvio Padrão	0.577	0.299	0.224	0.188	0.415
lnPIB_PC	Média	8.500	8.819	9.036	9.306	10.021
	Desvio Padrão	0.157	0.062	0.069	0.099	0.492
lnPIB_PC <sup>2</sup>	Média	72.282	77.781	81.656	86.612	100.668
	Desvio Padrão	2.627	1.108	1.241	1.849	10.344
lnPIB_PC <sup>3</sup>	Média	614.844	686.036	737.944	806.192	1.013.894
	Desvio Padrão	33.055	14.649	16.828	25.880	163.684
lnPOP	Média	9.148	9.874	10.249	10.703	11.596
	Desvio Padrão	0.381	0.139	0.080	0.151	0.714
lnE_BOV	Média	6.655	9.240	10.733	11.747	12.847
	Desvio Padrão	1.339	0.576	0.342	0.262	0.499
lnLAV_P	Média	3.697	5.273	6.224	7.186	8.778
	Desvio Padrão	0.946	0.317	0.189	0.352	0.728
lnLAV_T	Média	5.646	7.130	7.943	8.765	9.823
	Desvio Padrão	0.876	0.263	0.252	0.240	0.566
IFDM_ER	Média	0.333	0.421	0.462	0.525	0.679
	Desvio Padrão	0.050	0.014	0.012	0.024	0.090
IFDM_E	Média	0.337	0.451	0.519	0.569	0.644
	Desvio Padrão	0.053	0.023	0.015	0.016	0.036
IFDM_S	Média	0.257	0.374	0.461	0.542	0.665
	Desvio Padrão	0.051	0.025	0.024	0.025	0.064
lnFLO	Média	3.763	5.288	6.508	7.934	9.621
	Desvio Padrão	0.922	0.285	0.440	0.386	0.900
lnFLO <sup>2</sup>	Média	15.013	28.065	42.551	63.109	93.370
	Desvio Padrão	5.444	3.036	5.714	6.144	18.112

Fonte: Resultados de pesquisa.

Os resultados apresentados permitem constatar que os municípios enquadrados nos maiores quantis, além de possuírem maiores médias para o desmatamento acumulado, são os que têm maiores médias para PIB per capita, população, áreas destinadas à agricultura e pecuária, assim como para áreas de florestas. Para 10% dos municípios, a floresta remanescente apresentou maior desvio-padrão (0.922) em torno da média, que, por ser uma variável absoluta, indica uma maior variabilidade relacionada com o tamanho dos municípios. Desse modo, pode-se afirmar que os municípios com menores áreas de florestas são mais heterogêneos no que tange a essa característica ambiental de seus territórios.

Ademais, nota-se que os municípios com maiores médias para desmatamento (quantis 75 e 99) apresentam níveis de desenvolvimento socioeconômico que são classificados como de desenvolvimento regular (entre 0.4 e 0.6), em termos das médias dos indicadores Emprego & Renda, Educação e Saúde. Por seu turno, para 10, 25 e 50% dos municípios, em média, os indicadores chegam a ser considerados como de baixo estágio de desenvolvimento (entre 0.0 e 0.4).

### Evidência empírica: determinantes do desmatamento

Inicialmente, deve-se registrar a pertinência do modelo, uma vez que, pelo resultado do teste de Wald [ $F(65,1470) = 19.43$ ; Prob > F = 0.000], foi possível rejeitar a hipótese nula de que os efeitos são homogêneos na distribuição condicional, ou seja, pode-se afirmar que, com um nível de 1% de significância, os coeficientes de inclinação de cada quantil são diferentes para todas as variáveis explicativas. Quanto aos testes de Breusch-Pagan [ $\chi^2(1) = 113.51$ ; Prob >  $\chi^2 = 0.0000$ ] e de Wooldridge [ $F(1,135) = 446.405$ ; Prob > F = 0.0000], os resultados indicaram a presença de heterocedasticidade e de autocorrelação serial, respectivamente, sendo, portanto, corrigidos pela estimação com erros padrão robustos e por bootstrap.

Os resultados presentes na Tabela 3 demonstram que todas as variáveis explicativas utilizadas no modelo foram, em algum momento, significativas estatisticamente, mesmo que para explicar o comportamento da variável dependente em apenas uma parte de sua distribuição.

Os resultados da estimação dos modelos de regressão que relaciona PIB per capita com desmatamento sob a perspectiva do modelo teórico da CKA pela função polinomial cúbica demonstram significância estatística para 10% dos municípios menos desmatados e sinais esperados positivo para  $\beta_1$  e negativo para  $\beta_2$ . Assim, para esse grupo de municípios, assume-se que o desenvolvimento tenha uma relação de Kuznets ambiental com o desmatamento, ou seja, à medida que a renda aumenta, o desmatamento também se eleva, atingindo um máximo para depois decrescer.

**Tabela 3:** Resultados para regressão quantílica e MQO

Variáveis	MQO	Quantis				
		10	25	50	75	99
lnPIB_PC	-7.655	29.661*	-7.846	-15.526**	-14.721*	-52.604***
lnPIB_PC <sup>2</sup>	0.972	-2.897*	0.969	1.745**	1.632*	5.628***
lnPIB_PC <sup>3</sup>	-0.039	0.093	-0.039	-0.065**	-0.060**	-0.198***
lnPOP	0.128***	0.010	0.186***	0.161***	0.209***	0.283***
lnE_BOV	0.325***	0.400***	0.391***	0.364***	0.342***	0.294***
lnLAV_P	0.072***	0.070***	0.064***	0.065***	0.048***	0.058
lnLAV_T	0.230***	0.385***	0.173***	0.150***	0.146***	0.146***
IFDM_ER	0.447***	0.922***	0.460***	0.276**	0.207*	0.654
IFDM_E	-1.104***	-0.871**	-0.665***	-0.713**	-1.026***	-1.659***
IFDM_S	0.246**	0.749***	0.195**	0.084	-0.033	0.344
lnFLO	0.186***	0.100	0.312***	0.321***	0.266***	0.141
lnFLO <sup>2</sup>	-0.008***	-0.004	-0.020***	-0.017***	-0.012***	-0.008
MUNIC_P	0.171***	0.279***	0.168***	0.143***	0.178***	0.008
Contante	18.045	-102.288**	18.084	44.139*	42.838	161.918**
R <sup>2</sup> /pseudo R <sup>2</sup>	0.8345	0.6085	0.6315	0.6375	0.6374	0.6152
Teste de Wald						
Prob > F	19.43***					
Teste de Breusch-Pagan						
Prob > X <sup>2</sup>	113.51***					
Teste de Wooldridge						
Prob > F	446.405***					

Nota: \* significativa a 10%; \*\* significativa a 5%; \*\*\* significativa a 1%.

Fonte: Resultado de pesquisa.

Por outro lado, os coeficientes das regressões quantílicas (quantis 50, 75 e 99), estatisticamente significantes, mostram que o formato encontrado para a relação entre crescimento econômico e desmatamento é o “N invertido”, ou seja, para 50, 75 e 99% dos municípios mais desmatados, a perda da cobertura florestal é decrescente para baixos níveis de PIB per capita, para depois crescer à medida que o PIB per capita aumenta, tornando-se decrescente novamente para níveis mais elevados de PIB per capita.

O resultado sugere que, nos municípios já bastante desmatados, aumentos sucessivos na renda levariam a uma redução no nível de desmatamento. Dessa maneira, rejeita-se a hipótese da CKA com formato de “N”. Esses resultados divergem daqueles encontrados por Carvalho, Carvalho, Carvalho e Guimarães (2020), que constata, por meio do modelo de regressão linear múltipla, uma possível CKA sob forma de “N” para a Amazônia brasileira, na qual o “U invertido” seria apenas um estágio inicial daquela relação. Outros trabalhos semelhantes, tais como os de Faria e Almeida (2016) e Soares (2019), atestam uma relação positiva e significativa entre o PIB per capita e o desmatamento florestal na região.

O impacto do crescimento populacional (lnPOP) no desmatamento é positivo e significativo (com exceção do quantil 10), corroborando estudos realizados por Cropper e Griffiths (1994), Ferreira e Coelho (2015), Diniz (2017) e Reydon, Fernandes e Telles (2020). Dada uma variação de 1% na população, ocorreria uma variação positiva de 0,186%, 0,161%, 0,209% e 0,283% sobre o desmatamento no quantil 25, 50, 75 e 99, respectivamente. Esses resultados apontam que o efeito de

lnPOP é maior nos municípios mais desmatados em virtude das maiores elasticidades nos quantis 75 e 99.

Os resultados demonstram que as variáveis *proxy* das atividades produtivas, pecuária (lnE\_BOV) e lavouras temporárias (lnLAV\_T), são estatisticamente significantes para quaisquer níveis de desmatamento, enquanto a variável *proxy* da lavoura permanente (lnLAV\_P) não demonstrou significância estatística apenas para 99% dos municípios mais desmatados. As variáveis estão positivamente correlacionadas com o desmatamento. Cabe ressaltar que esses resultados são semelhantes aos encontrados em outros trabalhos da literatura, como os de Diniz e Oliveira Jr. (2009), Faria e Almeida (2016) e Diniz (2017), embora os autores não trabalhem com regressões quantílicas para dados em painel.

O impacto da pecuária sobre o desmatamento foi bastante superior às atividades agrícolas, já que a variação no desmatamento seria na ordem de 0,400%, 0,391%, 0,364%, 0,342%, 0,294% no quantil 10, 25, 50, 75 e 99, respectivamente, dada uma variação de 1% no rebanho bovino.

Com relação ao efeito dos indicadores do IFDM, observa-se que a componente Emprego & Renda (IFDM\_ER) mostrou relevância estatística e correlação positiva com o desmatamento, exceto no quantil 99. A magnitude do efeito do Emprego & Renda decresce nos quantis mais elevados da distribuição, assinalando que, nos municípios paraenses, este é um fator importante de estímulo à derrubada de floresta. Entretanto, o efeito incremental sobre o desmatamento é menor em municípios muito desmatados, o que sugere que, nesses, os indivíduos podem estar inclinados a investir em atividades econômicas menos degradadoras.

Por sua vez, a componente Educação (IFDM\_E) tem uma relação negativa e significativa para todos os níveis de desmatamento. Já pela óptica da Saúde, expresso pela variável IFDM\_S, inferiu-se uma correlação positiva e significativa com o desmatamento por MQO e quantis 10 e 25, indicando que o efeito positivo é maior nos municípios menos desmatados, ou que se encontram em um estágio inicial de desmatamento. Os demais quantis demonstraram ser estatisticamente irrelevantes para explicar alguma influência do indicador saúde no desmatamento.

Nesse sentido, os resultados aqui apresentados seguem, de certa forma, em consonância com alguns estudos como os desenvolvidos por Loening e Markussen (2003), Diniz e Oliveira Jr. (2009), Arraes, Mariano e Simonassi (2012) e Diniz (2017). Segundo esses, uma economia em crescimento é desejável devido aos seus efeitos sociais e econômicos positivos em termos de bem-estar, o que se traduz muitas vezes em melhoras de indicadores ambientais a exemplo da queda do desmatamento.

Por seu turno, a área de floresta remanescente (lnFLO) mostrou significância estatística e sinal positivo para a maioria dos quantis da distribuição do desmatamento. Com isso, é possível inferir que, quanto maior a área de floresta, maior a disponibilidade de áreas suscetíveis ao desmatamento. Ao contrário, a variável lnFLO2, em sua forma quadrática, apresentou o sinal negativo esperado, o que é corroborado pela hipótese de transição de florestas (NEPSTAD et al., 2008; FERREIRA e COELHO, 2015).

Sob essa perspectiva, o resultado reforça a tese de que, após a intensificação do processo de desmatamento inicial em regiões com grandes áreas de floresta nativa, devido ao impacto ambiental promovido pela ação humana, atinge-se um nível máximo a partir do qual há o declínio da devastação e, com isso, haveria um menor incentivo à conversão da floresta para outros usos, implicando uma redução do desmatamento subsequente.

Por último, visando investigar a hipótese de efetividade das ações de combate ao desmatamento no Pará, infere-se que a variável *dummy* municípios prioritários para ações de prevenção, monitoramento e combate ao desmatamento ilegal (MUNIC\_P) apresentou significância estatística e correlação positiva com o desmatamento, exceto no quantil 99. O sinal positivo indica que os agentes promotores da conversão da floresta para usos ilegais da terra não estão sendo efetivamente restringidos pelas ações de combate a essas práticas, como demonstrado pelo efeito contemporâneo positivo da variável. Assim, em consonância com alguns trabalhos como Azevedo et al. (2017) e Castelo, Adami e Santos (2020), assevera-se que a política não impactou na redução do desmatamento após entrar em vigor.

## Considerações finais

Foi constatado neste trabalho que as variáveis ligadas ao desenvolvimento econômico, principalmente PIB per capita, crescimento populacional, efetivo de rebanho bovino e lavouras temporárias são determinantes da dinâmica do desmatamento municipal no estado do Pará. O impacto do crescimento populacional no desmatamento é positivo, sobretudo nos municípios mais

desmatados. Além disso, encontram-se evidências de uma relação CKA sob forma de “N invertido” entre crescimento econômico, medido pelo PIB per capita, e desmatamento, sugerindo que, nos municípios já bastante desmatados, aumentos sucessivos na renda levariam a uma redução no nível de desmatamento.

Corroborando esse entendimento, no caso da variável área de floresta remanescente, essa relação se mostrou significativa do ponto de vista estatístico e com sinal positivo para grande parte da distribuição do desmatamento. O resultado sugere que o agravamento do desmatamento inicial em regiões com grande volume de floresta nativa atinge um nível máximo a partir do qual há o declínio da devastação, ocorrendo um menor incentivo econômico à conversão da floresta para outros usos, implicando uma redução do desmatamento subsequente.

Os resultados também demonstram que as atividades, pecuária e lavouras temporárias influenciam na expansão da devastação para quaisquer níveis de desmatamento municipal, enquanto a atividade lavoura permanente foi estatisticamente significativa apenas para 99% dos municípios mais desmatados.

A respeito de aspectos socioeconômicos associados ao desmatamento, os resultados para os indicadores do IFDM indicam uma correlação positiva do Emprego e Renda com o desmatamento. Nos municípios paraenses, esses fatores podem ser fontes potenciais de estímulo à derrubada florestal. Porém, em municípios muito desmatados, melhores níveis de emprego e renda podem conduzir os agentes econômicos a investimentos em atividades de menor impacto ambiental.

Já a componente Educação mostrou correlação negativa com o desmatamento, indicando que melhores níveis educacionais podem induzir atividades mais sustentáveis do ponto de vista ambiental, portanto contribuindo para o arrefecimento do desmatamento. Ademais, pela ótica do indicador de saúde, este demonstrou ser significativo estatisticamente e ter um efeito positivo sobre novos desmatamentos apenas para municípios menos desmatados.

Por último, os municípios prioritários que estão relacionados à política de combate ao desmatamento não tiveram grande influência na queda do desmatamento, como demonstrado pelo efeito contemporâneo da variável.

Assim, assevera-se que o desmatamento no estado do Pará é influenciado tanto pelo crescimento do PIB per capita e populacional quanto pela expansão do rebanho bovino e de áreas das lavouras temporária e permanente. Assim como melhorias dos indicadores socioeconômicos como emprego, renda, saúde e educação e políticas de comando e controle para o cumprimento da lei ambiental, como a lista de municípios prioritários para ações de combate ao desmatamento, que refletem indiretamente a atuação efetiva do poder público nessas áreas, são relevantes para a mitigação do desmatamento.

## Referências

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. **Deforestation Slowdown in the Legal Amazon: Prices or Policies?** Rio de Janeiro: CPI/PUC - Rio, 2012.

ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revisão de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 1, 2012.

AZEVEDO, A. A. et al. Limits of Brazil's Forest Code as a means to end illegal deforestation. **PNAS**, n. July, 2017.

AZEVEDO-RAMOS, C.; MOUTINHO, P. Land Use Policy No man's land in the Brazilian Amazon: Could undesignated public forests slow Amazon deforestation? **Land Use Policy**, v. 73, n. November 2017, p. 125–127, 2018.

AZEVEDO-RAMOS, C. et al. Lawless land in no man's land: The undesignated public forests in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 99, 2020.

AVELINO, B. A. **Saúde ambiental e crescimento econômico nos municípios brasileiros: teste das hipóteses da curva de Kuznets Ambiental e da transição epidemiológica**. 2018. 75 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2018.

BIAGE, M.; ALMEIDA, H. J. F. Desenvolvimento e impacto ambiental: uma análise da Curva Ambiental de Kuznets. **Pesquisa e Planejamento econômico**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 3, p. 505-556, dez. 2015.

BUCHINSKY, M. Recent advances in quantile regression models: a practical guideline for empirical research. **J Hum Resour.** 33(1):88-126, 1998.

CULAS, R. J. Deforestation and the environmental Kuznets curve: an institutional perspective. **Ecological Economics**, v. 61, n. 2-3, p. 429-437, 2007.

CARVALHO W. D., MUSTIN K, HILÁRIO R. R., VASCONCELOS I. M., EILERS V. e FEARNESIDE P. M. Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed. **Perspect Ecol Conser** 17: 122-130, 2019.

CARVALHO, A. V. DE; CARVALHO, R. A. F. DE; CARVALHO, D. G. DE; GUIMARÃES, J. L. C. Análise do Programa Bolsa Verde na Amazônia Legal sob a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental. **Revista Ciências da Sociedade**, v. 4, n. 7, p. 69-89, 2020.

CASTELO, T. B.; ADAMI, M.; SANTOS, R. B. N. Fronteira Agrícola e a política de priorização dos municípios no combate ao desmatamento no estado do Pará, Amazônia. **Estudos, Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 434 – 457, 2020.

CROPPER, M.; GRIFFITHS, C. The interaction of population growth and environmental quality. **The American Economic Review**, v. 84, n. 2, p. 250-254, 1994.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics using Stata**. Texas: Stata Press, 2010.

COSTA, C. C. M et al. Fatores associados à eficiência na alocação de recursos públicos à luz do modelo de regressão quantílica. **Revista de Administração Pública**, v. 49, n. 5, p. 1319-1347, 2015.

DINIZ, M. B.; OLIVEIRA JR., J. N. de. Causalidades, clubes de convergência e análise quantílica. In: RIVAS, A. A. F.; MOTA, J. A.; MACHADO, J. A. DA C. (Eds.). **Instrumentos econômicos para a proteção da Amazônia: a experiência do Pólo Industrial de Manaus**. Curitiba: PIATAM, 2009.

DINDA, S. Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. **Ecological Economics**, v. 49, p. 431-455, 2004.

DAMETTE, O.; DELACOTE, P. On the economic factors of deforestation: What can we learn from quantile analysis? **Economic Modeling**, 2012.

DIAS, L. F. O.; DIAS, D. V.; MAGNUSSON, W. E. Influence of Environmental Governance on Deforestation in Municipalities of the Brazilian Amazon. **PLoS ONE**, v. 10, n. 7, 2015.

DINIZ, M. B. **Desmatamento e Ausência de Riqueza na Amazônia**. Belém, PA: Paka-Tatu, 2017.

FERREIRA, M. D. P.; COELHO, A. B. Desmatamento Recente nos Estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. **Resr**, 2015.

FARIA, W. R.; ALMEIDA, A. N. Relationship between openness to trade and deforestation: Empirical evidence from the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 121, p. 85-97, 2016.

FEARNESIDE P. M. Business-as-Usual: a resurgence of deforestation in the Brazilian Amazon. **Yale School of Forestry & Environmental Studies**, p. 1-5, 2017.

FERRANTE L. e FEARNESIDE P. M. Brazil's new president and "ruralists" threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. **Environ Conserv** 46: 261-263, 2019.

GOVERNO DO ESTADO. **Programa Municípios Verdes: lições aprendidas e desafios para 2013/2014**. (Programa Municípios Verdes, 2013).

GALVAO, A. F.; MONTES-ROJAS, G. V. Penalized quantile regression for dynamic panel data. **Journal of Statistical Planning and Inference**, v. 140, n. 11, p. 3476-3497, 2010.

HARDING, M.; LAMARCHE, C. A quantile regression approach for estimating panel data models using instrumental variables. **Economics Letters**, v. 104, n. 3, p. 133-135, 2009.

HECHT, S. B. The Natures of Progress: Land Use Dynamics and Forest Trends in Latin America and the Caribbean. **Inter-American Development Bank**, n. February, 2012.

INDARTO, J.; MUTAQIN, D. J. An overview of theoretical and empirical studies on deforestation. **Journal of International Development and Cooperation**, v. 22, n. 1 & 2, p. 107-120, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

JAFFÉ, R. et al. Forecasting deforestation in the Brasileira Amazon to prioritize conservation efforts. **Environmental Research Letters**, v.16, 2021.

KOENKER, R.; BASSETT, G. Regression Quantiles. **Econometrica**, 46(1), pp. 33- 49, 1978.

KOENKER, R.; XIAO, Z. Inference on the quantile regression process. **Econometrica**, p. 1583-1612, 2002.

LOENING, L. J.; MARKUSSEN, M. Pobreza, deforestación y sus eventuales implicaciones para labiodiversidaden Guatemala. **Economía, Sociedad y Territorio**, v. IV, n. 14, 2003.

LAMARCHE, C. Robust penalized quantile regression estimation for panel data. **Journal of Econometrics**, v. 157, n. 2, p. 396-408, 2010.

MARQUES, L. D. **Modelos dinâmicos com dados em painel: revisão da literatura**. Série Working Papers do Centro de Estudos Macroeconômicos e Previsão (CEMPRE) da Faculdade de Economia do Porto, Portugal, 100, 2000.

NEPSTAD, D. C. *et al.* Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. **The Royal Society**, n. February, p. 1737-1746, 2008.

\_\_\_\_\_. Slowing Amazon Deforestation Through Public Policy and Interventions in Beef and Soy Supply Chains. **Science**, n. June, 2014.

REYDON, B. P. **A questão agrária brasileira e a necessidade de mudanças na estrutura de governança da terra**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. **Anais**. Vitória: 2012

REYDON, B. P.; FERNANDES, V. B.; TELLES, T. S. Land Use Policy Land governance as a precondition for decreasing deforestation in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 94, n. November 2017, p. 104313, 2020.

SOARES-FILHO, B. S. *et al.* Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. **PNAS**, v. 107, n. 24, p. 10821-6, 15 jun. 2010.

SOARES, F. G. Desmatamento na Amazônia: o caso do Pará, uma aplicação no R. IV In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ESTATÍSTICA COM R, 2019, Niterói. **Anais... Niterói: UFF**, 2019.

SEYMOUR, F.; HARRIS, N. L. Reducing tropical deforestation. **Science**, v. 365, p. 756-757.

Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa - SEEG. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/tabela-geral-de-emissoes/>>. Acesso em: 11 out. 2020.

TORNEAU, F. M.; BURSZTYN, M. Assentamentos Rurais na Amazônia: contradições entre a política agrária e a política ambiental. **Ambiente & Sociedade**, v. 13, n. 1, p. 111–130, 2010

WEHKAMP, J. et al. Governance and deforestation — a meta-analysis in economics. **Ecological Economics**, v. 144, n. July 2017, p. 214–227, 2018.



*Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.*