

ANAIS

Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e
Pesquisa em Ambiente e Sociedade

IX ENANPPAS

ISBN: 978-65-80049-00-4

O Encontro Autores Grupos Temáticos Trabalhos Comissões Memória

Apresentação

Desde a sua criação em 2002, a **Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS)** – Associação de Pesquisa e Pós-graduação busca se destacar por congregar pesquisadores, docentes e discentes de programas pós-graduação brasileiros cujas áreas de concentração tenham relação com as interfaces Ambiente e Sociedade e que cultivem abordagens interdisciplinares inovadoras.

Nosso principal evento são os encontros anuais promovidos a cada dois anos, que vêm acontecendo ininterruptamente desde a criação da associação. Mais recentemente, em 2017 e em 2018, realizamos os primeiros encontros regionais, o primeiro na Amazônia, em Manaus pela UFAM e o segundo no Sudeste, em São Paulo pela USP Leste. De volta ao Planalto Central, ao bioma Cerrado, na cidade de Brasília, patrimônio cultural da humanidade e sob os auspícios do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, ambos centro e universidade referência para instituições de ensino superior do país, esse próximo encontro nacional de nossa associação convoca o debate a partir de três palavras chave: conexões, democracia e sustentabilidade. O que nos leva a considerar fortemente a necessária e urgente tarefa de reconectar saberes, integrar os conhecimentos e abraçar o pensamento complexo para fomentarmos o diálogo sociedade e ambiente. Nos leva ainda a afirmar que o engajamento da academia na afirmação dos valores democráticos da sociedade brasileira são um compromisso da ANPPAS pela sustentabilidade.

Convidamos a todos e todas interessados a colaborarem e participarem ativamente de nosso 9º encontro, quando, uma vez mais, iremos promover

o debate crítico de qualidade e elevar ainda mais nossa compreensão e capacidade de agir no enfrentamento das crises socioambientais em nossas localidades, regiões e no país e, com nossos parceiros, até onde mais nossas atividades acadêmicas e profissionais nos levarem.

Prof. Dr. Henrique dos Santos Pereira (Presidente – ANPPAS)

Prof. Dra. Sylmara Gonçalves-Dias (Secretaria Executiva – ANPPAS)

Realização:  **UnB-CDS**



Apoio:  **CAPES**  **cirad**  **IABS**  **ODYSSEA**  **inspira verde**

Parceiros:  **UniEVANGÉLICA**
CENTRO UNIVERSITÁRIO  **UFG**
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS 



IX ENCONTRO NACIONAL DA



CONEXÕES - DEMOCRACIA - SUSTENTABILIDADE

GT 10: MUDANÇAS CLIMÁTICAS: POLÍTICAS E GOVERNANÇA PARA A ADAPTAÇÃO E A
REDUÇÃO DAS VULNERABILIDADES EM ÁREAS URBANAS, PERIURBANAS E RURAIS

Emissão De Co2 E Crescimento Econômico Na Amazônia: A Curva Ambiental De Kuznets Usando Um Modelo Dinâmico De Painel De Dados

Júlio César dos Reis

Pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril e da Sub rede de Desenvolvimento
Regional da Rede Clina;

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento
Sustentável do CDS/UnB

Email: julio.reis@embrapa.br

Mariana Yumi Takahashi Kamoi

Consultora, Rede ILPF

Email: mariana.ytakahashi@gmail.com

Miqueias Michetti

Analista, Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária

Email: miqueias@imea.com.br

Renato de Aragão Ribeiro Rodrigues

Pesquisador, Embrapa Solos

Email: renato.rodrigues@embrapa.br

Rachael Garrett

Departments of Environmental System Science and Humanities, Social, and Political Science,
ETH Zurich, Switzerland.

Email: rachaelgarrett@gmail.com

Judson Ferreira Valentim

Pesquisador, Embrapa Acre.

Email: judson.valentim@embrapa.br

Saulo Rodrigues Filho

Professor, Centro de Desenvolvimento Sustentável CDS/UnB. Email: saulofilhocds@gmail.com

Resumo

Encontrar o caminho para o desenvolvimento sustentável é um dos principais desafios da atualidade. Avaliar os impactos ambientais decorrentes do crescimento econômico é fundamental para o planejamento de políticas públicas voltadas para a promoção do desenvolvimento sustentável. Este trabalho avaliou a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental, tendo como indicador a emissão de CO₂, para a Amazônia brasileira no período de 1990 a 2014, utilizando um multivariado *GMM panel data model* para avaliar a hipótese de existência da Curva de Kuznets Ambiental. Os resultados indicaram uma Curva de Kuznets Ambiental em formato de “N”. Ainda, observou-se a importância de ações do governo para a redução das emissões de CO₂ na Amazônia, como o PPCDAM implementado em 2005 e a necessidade de fomentar inovações tecnológicas adaptadas às especificidades da Amazônia e conectadas às necessidades da população como estratégias para reverter o crescimento do desmatamento observado nos últimos anos.

JEL: Q10; Q50; Q56

Palavras Chave: Curva Ambiental de Kuznets; Amazônia, Agricultura, Paineis Dinâmicos

CO₂ emission and economic growth in the Amazon: Environmental Kuznets Curve using GMM panel data model

Abstract

Currently, one of the main global challenges is achieving sustainable development. Assessing environmental impacts resulting from economic growth is central for planning or reframing public policies aiming at promoting sustainable development. This study evaluated the relationship between economic growth and environmental degradation using CO₂ emissions from the agricultural sector in the Brazilian Amazon from 1990 to 2014 as environmental indicator and states GDP *per capita* as economic performance indicator. By using a multivariate Generalized Method of Moments (GMM) panel data model, the paper aims at evaluating the hypothesis of the existence of the Environmental Kuznets Curve (EKC) for the Brazilian Amazon. The results indicate an N-shaped EKC and the importance of government policy actions to reduce CO₂ emission in the Amazon (e.g. the after-effects of the Action Plan for Prevention and Control of Deforestation in the Legal Amazon (PPCDAm) implemented in 2005). In conclusion, the results confirm the need for governmental policy actions to promote technological innovations adapted to the environmental and socio-economic specificities of the Amazon. The main goals of these policies should be to ensure the food security of traditional family farmers, improve the income and wellbeing of the population, and reverse the rise of deforestation over the past few years.

Keywords: Environmental Kuznets Curve; Brazilian Amazon; Sustainable Agriculture, GMM panel data

1- Introdução

As discussões sobre os impactos ambientais decorrentes das ações humanas vem ganhando cada vez mais espaço nas reuniões multilaterais sobre mudança do clima, nas questões sobre economia e comércio internacional e envolvem toda a preocupação em relação ao estabelecimento de um processo de desenvolvimento sustentável em escala global.

O grande desafio consiste em estabelecer condições para se atender a crescente demanda global por produtos e serviços tendo em conta que a dotação de recursos produtivos disponíveis, especialmente os recursos naturais, assim como a capacidade do meio ambiente em suportar os rejeitos produtivos é limitada (GEOGESCU-ROEGEN, 1973; STEFFEN et al., 2015). Os aumentos desordenados da produção e do consumo em escala global tendem a implicar na piora das condições ambientais em função da sobreutilização dos recursos naturais (DASGUPTA, 2010; MUNASINGHE, 1995; STEFFEN et al., 2015).

Duas questões importantes são pano de fundo para essa discussão: i) um processo de crescimento econômico contínuo contribui para a deterioração das condições ambientais? Ou, ii) aumentos nos níveis de renda são componentes importantes para reduzir os problemas ambientais? As discussões teóricas decorrentes dessas perguntas se remetem aos campos da economia ambiental e ecológica. Do ponto de vista empírico, no início dos anos 1990, uma agenda de pesquisa surgiu como desdobramento dos trabalhos seminais de GROSSMAN; KRUEGER (1991; 1995), PANAYOTOU (1993) SHAFIK; BANDYOPADHYAY (1992).

Esses trabalhos consistiram em avaliar a relação temporal entre um indicador para a degradação ambiental (ex: medidas para qualidade da água, saneamento básico, volume de lixo, emissão de poluentes, desmatamento....) e um indicador para o desempenho econômico (PIB *per capita*). Os resultados não apresentaram um padrão definido⁴³⁴. Mas, em virtude das semelhanças, tanto

⁴³⁴ Para alguns dos indicadores ambientais, observou-se uma redução monotônica em função do crescimento da renda: partículas suspensas (GROSSMAN; KRUEGER, 1991); ausência de água tratada, ausência de saneamento básico, oxigênio dissolvido nos rios e coliformes fecais nos rios (SHAFIK; BANDYOPADHYAY, 1992). Para outros, observou-se um crescimento monotônico: lixo municipal e emissão de carbono *per capita* (SHAFIK; BANDYOPADHYAY, 1992). Para os indicadores de desmatamento, não se observou relação entre crescimento e degradação ambiental (SHAFIK; BANDYOPADHYAY, 1992). Por fim, em algumas situações: SO₂ e fumaça (GROSSMAN; KRUEGER, 1991); SO₂ e partículas suspensas (SHAFIK; BANDYOPADHYAY, 1992);

em relação à estratégia empírica utilizada quanto a alguns dos resultados observados, essa abordagem recebeu o nome de Curva de Kuznets Ambiental (CKA) GROSSMAN; KRUEGER (1991; 1995), PANAYOTOU (1993) SHAFIK; BANDYOPADHYAY (1992).

A hipótese teórica subjacente à validade da CKA ressalta que nos estágios iniciais de crescimento econômico em virtude do baixo nível de renda, do baixo padrão tecnológico das atividades produtivas e da necessidade de estabelecimento de condições mínimas de bem-estar da sociedade, a população não teria grandes preocupações com os impactos ambientais das atividades produtivas – essa fase estaria associada à parte ascendente da curva. Esse processo teria um limite, um ponto de inflexão, a partir do qual haveria uma reversão na curva representada por um aumento da demanda por melhores condições ambientais assim como por mudanças estruturais da economia e por avanço da tecnologia que permitiram uma continuidade da trajetória de crescimento econômico, mas com redução dos impactos ambientais. Esse segundo momento caracterizaria a parte descendente da curva, formando o “U” invertido (DE BRUYN; VAN DEN BERGH; OPSCHOOR, 1998; DINDA, 2005; GROSSMAN; KRUEGER, 1991, 1995; MUNASINGHE, 1999; PASCHE, 2002; SELDEN; SONG, 1994; STERN, 2004; STERN; COMMON; BARBIER, 1996).

A literatura sobre a validação empírica para essa hipótese é enorme⁴³⁵. Todavia, em virtude da grande diversidade de resultados, existe um amplo debate sobre a validade e a consistência dos resultados observados. Esses questionamentos baseiam-se: i) utilização de modelos reduzidos, não evidenciando a complexidade de relações entre crescimento econômico e meio ambiente; ii) uso de indicadores simples, que não refletem os reais impactos ambientais do crescimento

SO₂, NO_x, partículas suspensas e desmatamento (PANAYOTOU, 1993) observou-se um padrão em forma de “u” invertido, semelhante à relação encontrada por Kuznets (1955) entre crescimento econômico e desigualdade de renda.

⁴³⁵ Para uma ampla revisão de trabalhos empíricos sobre CKA ver: (DINDA, 2004; KIJIMA; NISHIDE; OHYAMA, 2010; LEE; CHIU; SUN, 2009; ROY CHOWDHURY; MORAN, 2012; STERN, 2004).

IX Encontro Nacional da ANPPAS *CONEXÕES, DEMOCRACIA e SUSTENTABILIDADE*

econômico; iii) resultados dependentes da especificação do modelo empírico, das informações disponíveis, da localização da análise, da conjuntura político-econômica, e do nível de crescimento atribuído como inicial; iv) análises baseadas em dados *cross-section* não captando as interações dinâmicas subjacentes à relação crescimento econômico e meio ambiente (DE BRUYN; VAN DEN BERGH; OPSCHOOR, 1998; KIJIMA; NISHIDE; OHYAMA, 2010; STERN, 2004). A consideração desses questionamentos é importante para a elaboração de políticas públicas decorrentes das análises baseadas na CKA (DASGUPTA et al., 2002; DINDA, 2005; MUNASINGHE, 1999; PASCHE, 2002).

Com o objetivo de contribuir e avançar nessa discussão, e considerando as fragilidades empíricas apontadas na literatura, o presente trabalho se propõe a avaliar a validade da hipótese da CKA para a região da Amazônia Brasileira no período 1990 a 2014 utilizando um modelo de painel dinâmico multivariado tendo como indicador ambiental a emissão de CO₂ pelo setor agropecuário, utilizando a base de dados recentemente disponibilizada pelo Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE)⁴³⁶ vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC).

A escolha da região Amazônica é justificada pela centralidade que esse ecossistema apresenta para a provisão de serviços ambientais em escala global (FEARNSIDE, 2005; MALHI et al., 2008; NEPSTAD et al., 2006) e pelo intenso processo de pressão antrópica que a floresta vem sofrendo ao longo do tempo. Nos últimos 15 anos a taxa de desmatamento médio na Amazônia foi de 12,5 mil Km²/ano, com crescimento nos últimos dois anos de 16% a.a., após um período de redução nessas taxas com a implementação do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM) em 2004 (INPE, 2017). Ademais, são poucos, e limitados, os trabalhos que se dedicam a analisar a validade da hipótese da CKA para a Amazônia (OLIVEIRA et al., 2011; TEIXEIRA; BERTELLA; ALMEIDA, 2012).

⁴³⁶ <http://sirene.mcti.gov.br/>

Além dessa introdução o presente trabalho se divide em mais 4 seções. Na seção dois é apresentada uma revisão da literatura sobre CKA com foco nos trabalhos que utilizam a abordagem dinâmica e a emissão de CO₂ como indicador de degradação ambiental. Na seção seguinte apresentaremos o modelo empírico e as informações utilizadas. Na seção 4 discutiremos os resultados. Uma última seção será destinada às considerações finais e recomendações para os formuladores de políticas públicas tendo em conta os resultados encontrados.

2- Revisão de literatura

A promoção do desenvolvimento sustentável é um dos principais desafios da agenda política em escala global. A diversidade de objetivos e de condições políticas e socioeconômicas observadas ao redor do mundo implicam esforços de coordenação para as tomadas de decisão que, em muitas situações, dificultam mudanças de trajetória tendo em conta a necessidade de promover o bem-estar da sociedade respeitando as limitações do meio ambiente.

Dentro do conjunto de fatores que chamam a atenção da comunidade internacional merece especial destaque as emissões de gases de efeito estufa (GEE), responsáveis pela mudança do clima. Os cenários do *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC) para os próximos 100 anos apresentam perspectivas de aumento da temperatura entre (1°C – 8,5°C) (IPCC, 2013) e ressaltam que mudanças de trajetória no padrão de produção e consumo em escala global precisam ser considerados.

Do ponto de vista empírico, uma das principais estratégias metodológicas para avaliar as relações entre crescimento econômico e meio ambiente é a hipótese da CKA (MUNASINGHE, 1999; STERN; COMMON; BARBIER, 1996). Como indicadores de degradação ambiental, a literatura tem considerado, principalmente: a emissão de partículas suspensas e alguns gases de

IX Encontro Nacional da ANPPAS CONEXÕES, DEMOCRACIA e SUSTENTABILIDADE

efeito estufa como: o SO₂, o NO_x, e CO₂ (DINDA, 2004). Os resultados encontrados para partículas suspensas, SO₂ e o NO_x ratificam a hipótese da CKA (DE BRUYN; VAN DEN BERGH; OPSCHOOR, 1998; GROSSMAN; KRUEGER, 1991; HALKOS, 2003; PANAYOTOU, 1993; SELDEN; SONG, 1994; SHAFIK; BANDYOPADHYAY, 1992).

Contudo, os resultados para o CO₂ apresentam diferentes trajetórias. De Bruyn; Van den Bergh; Opschoor (1988) usando um painel com informações de 1960 a 1993 para a Holanda, Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha observaram uma trajetória em formato de “N” para a relação entre crescimento econômico e emissão de CO₂ indicando que a hipótese da CKA é um aspecto de curto prazo e que os efeitos tecnologia e mudança estrutural na economia não seriam suficientes para reverter os impactos negativos do crescimento econômico. Com o passar do tempo, os esforços de abatimento tendem a se tornar mais caros, implicando no “re linking” entre crescimento e degradação ambiental (DE BRUYN; VAN DEN BERGH; OPSCHOOR, 1998). Martinez-Zarzoso and Bengochea-Morancho (2004) usando um modelo de dados em painel com estimadores ajustados para corrigir os vieses causados pela heterogeneidade das trajetórias de crescimento de 22 países da OCDE no período 1975 e 1998 encontraram o mesmo padrão em formato de “N” para todos os países da amostra.

Galeotti et al. (2006) ao analisar a relação entre CO₂ e PIB *per capita* para dois conjuntos de países: da OCDE e não OCDE confirmaram a hipótese da CKA para o grupo de países da OCDE e encontraram uma relação crescente entre CO₂ e PIB *per capita* para os países não OCDE. O mesmo resultado de relação crescente entre crescimento econômico e emissão de CO₂ foi encontrado por Shafik e Bandyopadhyay (1992) ao testar a hipótese da CKA usando diferentes formas funcionais (log-linear, log-quadrático e log-cúbico) para um conjunto de 149 países com informações entre 1960 a 1990.

Trabalhos mais recentes, usando a abordagem de painel dinâmico, também apresentaram resultados diversos. Kang; Zhao; Yang (2016) usando um modelo de dados em painel espacial avaliaram a hipótese da CKA para a China com informações entre 1997 e 2012. Os resultados indicaram um formato de “N” para a relação entre crescimento econômico e CO₂. Bakirtas; Bayrak; Cetin (2014) investigaram a hipótese da CKA para 34 países da OCDE e para os 5 países dos BRICS no período entre 1990 e 2010 usando técnicas de co-integração para dados em painel. Os resultados indicaram que para 36% dos países da OCDE e para China e Rússia a hipótese da CKA foi aceita. Usando estimadores system GMM panel data para informações de 28 províncias da China no período entre 1996 a 2012, Li; Wang; Zhao (2016) encontraram evidências para validar a hipótese da CKA. Também usando a metodologia GMM panel data, Aperis; Ozturk (2015) testaram a hipótese da CKA para 14 países asiáticos usando dados de 1990 a 2011. Os resultados indicaram o padrão de “U” invertido para a relação entre crescimento econômico e CO₂. Finalmente, Lee; Chiu; Hung-Sun (2009) usando estimadores GMM avaliaram a relação entre PIB *per capita* e CO₂ para 89 países no período entre 1960 a 2000. Os resultados indicaram o formato de “N” para o conjunto dos países. Mas, quando esses foram divididos por faixas de renda, a hipótese do “U” invertido foi aceita apenas para os países classificados como de renda média, os países americanos e europeus.

A característica inercial do CO₂, sua maior persistência no ambiente e seu impacto em escala global são fatores que explicam a diversidade de resultados observados. (BAKIRTAS; BAYRAK; CETIN, 2014; DE BRUYN; VAN DEN BERGH; OPSCHOOR, 1998; GALEOTTI; LANZA; PAULI, 2006; ROY CHOWDHURY; MORAN, 2012). Ainda, é importante destacar que as diferentes abordagens econométricas utilizadas assim como as diferenças em relação aos conjuntos de informações disponíveis contribuem para a divergência de resultados.

A importância e a preocupação com os impactos da emissão de CO₂ são evidenciadas pelo volume de trabalhos recentes utilizando a hipótese da CKA para avaliar a trajetória do

crescimento da China (APERGIS; OZTURK, 2015; KANG; ZHAO; YANG, 2016; LEE; CHIU; SUN, 2009; LI; WANG; ZHAO, 2016).

Outra região que merece atenção especial pela importância central para a manutenção das condições climáticas em escala global, mas que tem sido pouco considerada nessa literatura é a Amazônia.

A floresta Amazônica é a maior reserva de biodiversidade do planeta e presta um enorme conjunto de serviços ecossistêmicos vitais para a manutenção das condições ambientais em escala global, especialmente, sua influência no regime de chuvas e como sumidouro de carbono (FEARNSIDE, 2005; MALHI et al., 2008). A provisão desses serviços sofre grande influência negativa decorrente da ocupação do solo na região, caracterizada por um processo de intenso desmatamento e conversão das áreas de floresta em espaços de produção, especialmente, agropecuária (HARGRAVE; KIS-KATOS, 2013; MALHI et al., 2008; MARGULIS, 2004).

Inicialmente, a estratégia de ocupação da Amazônia foi determinada por questões políticas (BECKER, 2004; IANNI, 1979). Todavia, com o passar do tempo a lógica econômica dominou completamente a dinâmica de ocupação da floresta. (ANDERSEN et al., 2002; FEARNSIDE, 2005; IANNI, 1979). A variação das taxas de desmatamento acompanham as variações nos preços dos produtos agropecuários produzidos na região, assim como os preços no mercado de madeira (CAVIGLIA-HARRIS et al., 2016; HARGRAVE; KIS-KATOS, 2013; MARGULIS, 2004).

As pressões sociais em escala global, assim como o reconhecimento do governo brasileiro da necessidade de propor ações e incentivos para enfrentar o avanço do desmatamento, têm sido responsáveis pelo estabelecimento de políticas públicas voltadas, especificamente, para promover a redução do desmatamento na região amazônica. Exemplos recentes e bem sucedidos são o estabelecimento de uma ampla rede de monitoramento por satélite, o Projeto

de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES), iniciado em 1988 e coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (HARGRAVE; KIS-KATOS, 2013; NEPSTAD et al., 2006; NOLTE et al., 2013) e o PPCDAM, em 2004.

Em que pese a efetividade dessas ações e a redução nas taxas de desmatamento após 2005, os números ainda são elevados e a tendência de crescimento recente, impulsionada pela intensificação da crise econômica e pelo papel importante que o setor agropecuário representa para a economia brasileira, indicam que soluções para se encontrar um caminho sustentável para a ocupação do espaço da floresta Amazônica ainda são necessárias. Durante o período 2004 – 2012 a taxa anual de desmatamento apresentou uma redução de 18% ao ano. Contudo, após 2012, essa taxa apresentou um crescimento de 6% ao ano. (FIG. 1).

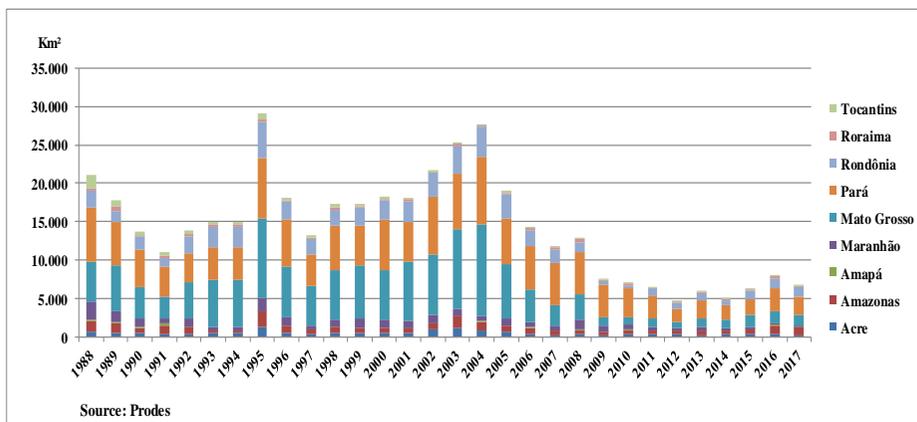


Figura 1 - Taxa de Desmatamento na Amazônia Legal 1988 - 2017

Em virtude da participação e da liderança brasileira nas reuniões multilaterais sobre mudanças do clima, o governo implementou um amplo programa de monitoramento de emissões de GEE segmentado por setores a nível estadual e os primeiros resultados foram disponibilizados recentemente.

O uso dessa base de dados para avaliar a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental na Amazônia é inédito na literatura. Os trabalhos anteriores encontrados em nossa pesquisa de revisão que avaliaram a hipótese da CKA para a região da Amazônia utilizaram como indicador de degradação ambiental as informações sobre desmatamento. Oliveira et. al. (2011) utilizou um modelo de dados em painel com dependência espacial para os municípios da Amazônia legal no período 2001 a 2006 e encontrou uma relação em forma de “N” invertido entre PIB *per capita* municipal e desmatamento, sugerindo que para níveis mais elevados de renda, a taxa de desmatamento tende a diminuir. Analisando o caso de Mato Grosso, historicamente o estado responsável pelas maiores taxas de desmatamento na Amazônia, Teixeira; Bertella; Almeida (2012) estimaram um modelo *cross-section*, controlando a correlação espacial, para o ano de 2006 considerando informações de 139 municípios. Os resultados indicaram a validade da hipótese de “U” invertido para a taxa de desmatamento em Mato Grosso.

3- Metodologia

3-1. Especificação do modelo e método de estimação

A literatura que busca testar as hipóteses da CKA utiliza como métodos de avaliação a abordagem de dados em painel ou *cross-section*. Nesse trabalho, considerando a estrutura longitudinal das informações, a heterogeneidade entre as unidades de análise assim como o período de avaliação e, principalmente, a natureza dinâmica e inercial da variável utilizada como indicador de degradação ambiental (CO₂), avançaremos nessa temática aplicando a técnica de painel dinâmico proposta por Arellano; Bond (1991) e Arellano; Bover (1995), seguindo trabalhos recentes encontrados em nossa pesquisa (APERGIS, 2016; APERGIS; OZTURK, 2015; BAKIRTAS; BAYRAK; CETIN, 2014; KANG; ZHAO; YANG, 2016; LEE; CHIU; SUN, 2009; LI; WANG; ZHAO, 2016).

O uso da metodologia de dados em painel dinâmico, além de captar as especificidades da relação dinâmica entre crescimento econômico e meio ambiente, permite superar as limitações econométricas destacadas por (DE BRUYN; VAN DEN BERGH; OPSCHOOR, 1998; KIJIMA; NISHIDE; OHYAMA, 2010; STERN, 2004), especialmente as inconsistências e os vieses dos estimadores associados aos problemas de autocorrelação, heterocedasticidade e endogeneidade presentes no conjunto de dados (HALKOS, 2003; KANG; ZHAO; YANG, 2016; LI; WANG; ZHAO, 2016). Ainda, permite um melhor ajuste em relação à crítica relacionada ao tratamento das diferentes trajetórias que compõem a unidades da amostra (APERGIS, 2016; KANG; ZHAO; YANG, 2016; LEE; CHIU; SUN, 2009).

O conjunto de informações será composto por dados dos estados brasileiros que compõem a Amazônia Legal⁴³⁷ para o período 1990 a 2014. A forma funcional inicial para testar a validade das hipóteses e o formato para a CKA, considerando a dinâmica de emissões de CO₂, será dada por:

$$CO_{2it} = \alpha_i + \theta CO_{2i,t-1} + \phi_1 PIB_{it} + \phi_2 PIB_{it}^2 + \phi_3 PIB_{it}^3 + \beta_n X_{it} + \eta_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Em que:

CO₂ = Emissão *per capita* de CO₂ pela agropecuária para cada um dos estados da Amazônia Legal;

PIB = Produto Interno Bruto *per capita*, a preços correntes;

X = Conjunto de variáveis de controle, para cada um dos estados e variante no tempo;

η_i = Efeito individual não observado, fixo no tempo.

⁴³⁷ Amazonas, Acre, Pará, Mato Grosso, Roraima, Rondônia, Amapá, Maranhão e Tocantins.

ε_{it} , = Termo de erro.

A equação geral foi definida na forma polinomial de ordem 3 para avaliar a hipótese de CKA em forma de “U” invertido, se $\phi_1 > 0$, $\phi_2 < 0$ e $\phi_3 = 0$, ou, se a perspectiva de curva em formato de “N” com $\phi_1 > 0$, $\phi_2 < 0$ e $\phi_3 > 0$ conforme (DE BRUYN; VAN DEN BERGH; OPSCHOOR, 1998; KANG; ZHAO; YANG, 2016; LEE; CHIU; SUN, 2009; MARTÍNEZ-ZARZOSO; BENGOCHEA-MORANCHO, 2004) pode ser observada.

Considerando a estrutura das relações que se pretende avaliar, para a definição do conjunto de estimadores mais consistentes, estimou-se a equação (1) utilizando os dois processos - Arellano-Bond (1991) e Arellano; Bover, (1995), Blundell; Bond (1998). A escolha do conjunto de estimadores mais ajustado ao conjunto de dados utilizado foi baseada no resultado do teste de Sargan. Ainda, para a especificação das funções, as variáveis que compõem o conjunto X foram consideradas exógenas, ou seja, $E[X_{it}\varepsilon_{is}] = 0 \quad \forall t \text{ e } s$. Já para a variável de renda, espera-se que ela seja correlacionada com o termo de erro, sendo, então, considerada endógena, ou seja, $E[X_{it}\varepsilon_{is}] \neq 0$ para $t \leq s$, mas $E[X_{it}\varepsilon_{is}] = 0$ para $t > s$.

Ainda, foi realizado o teste para autocorrelação dos erros proposto por (ARELLANO; BOND, 1991) para verificar o pressuposto de não autocorrelação serial para ordem maior do que 1 para os erros em primeira diferença (APERGIS; OZTURK, 2015; BALTAGI, 2013; BAUM, 2006).

Fonte de Dados

Para avaliar a validade da hipótese da CKA para a Amazônia legal brasileira foi construído um painel de dados balanceado para o período 1990 a 2014. A variável utilizada como indicador de degradação ambiental será a emissão total de CO₂ equivalente da agricultura. O total de GEE emitido pelo setor agrícola, para cada estado, considera, além da emissão de CO₂, as emissões de CH₄ e N₂O convertidas em CO₂ equivalente usando os valores definidos pelo Global Warming Power - 100 (GWP) 1995⁴³⁸. Espera-se que esse indicador permita uma avaliação mais consistente sobre a validade dos pressupostos teóricos subjacentes à hipótese da CKA: o efeito escala, responsável pela parte ascendente da curva (*linking*), e os efeitos composição e tecnológico, responsáveis pela parte descendente da curva (*delinking*) (DE BRUYN; VAN DEN BERGH; OPSCHOOR, 1998; DINDA, 2004; GROSSMAN; KRUEGER, 1991; STERN, 2004)

O conjunto de variáveis explicativas é composto Produto Interno Bruto estadual *per capita*, definido como variável chave para verificar a validade da CKA. Para reduzir os vieses de erros de especificação do modelo e considerando as hipóteses teóricas sobre os determinantes para o formato da CKA, um conjunto de variáveis de controle foi incorporado a modelo empírico inicial:

- i) uma variável sobre escolaridade (Anosest) que indica o número médio de anos de estudo para a população residente em cada estado com 25 ou mais anos de idade. Essa variável será usada como *proxy* para testar a hipótese de maior preocupação com o meio ambiente para sociedades com maior nível de escolaridade.
- ii) o índice de Gini para a renda estadual (Gini). O objetivo de incluir esse indicador de desigualdade da renda é avançar nas discussões sobre demanda e meio ambiente. Índices de Gini menores, indicando níveis de desigualdade menores, teriam efeitos positivos sobre a degradação ambiental.
- iii) uma variável para o tamanho do rebanho bovino estadual (Rebov). Como destacado na literatura, a atividade pecuária é muito importante para a economia

⁴³⁸ Disponível em: <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/greenhouse-gas-data-unfccc/global-warming-potentials>

da região amazônica e, também, uma das principais causas da degradação ambiental em função do desmatamento. Ainda, é uma variável central para a contabilização da emissão de CO₂ pela atividade agropecuária em função da emissão de metano (CH₄) pelos animais.

- iv) uma variável para o tamanho da área de lavoura temporária⁴³⁹ (ArLav). Assim como a pecuária, a agricultura é um importante vetor de degradação ambiental para a Amazônia. Ademais, com a intensificação da ocupação observada nos últimos 10 anos, especialmente nos estados de Mato Grosso e Pará em função do aumento dos preços das *commodities* no mercado internacional, a agricultura em larga escala atualmente é a principal atividade econômica da região. A inclusão das variáveis (Rebov) e (ArLav) possibilitará discutir aspectos sobre a hipótese de adoção e transformação tecnológica assim como sobre a hipótese da escala produtiva;
- v) uma variável para controlar os efeitos anuais (ano); e
- vi) uma variável *dummy* para avaliar o efeito do estabelecimento do PPCDAM após 2005⁴⁴⁰.

4- Resultados e discussão

Os resultados observados para a relação entre emissão de CO₂ e PIB estadual para a Amazônia brasileira no período 1990 a 2014, considerando os efeitos das variáveis de controle nesse trabalho, estão apresentados na Tabela 1⁴⁴¹. Além dos resultados para os estimadores, apresentamos os resultados para os teste sobreidentificação de Sargan (*Sargan test*) e os testes

⁴³⁹ Áreas plantadas ou em preparo para o plantio de culturas de curta duração (via de regra, menor que um ano) e que necessitassem, geralmente de novo plantio após cada colheita (IBGE, 2017).

⁴⁴⁰ As variáveis (ArLav), (Rebov), (PIB estadual) e população foram disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As variáveis (Anosest) e (Gini) foram disponibilizadas pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aliplicadas (IPEA).

⁴⁴¹ Seguindo a literatura, as estimações foram feitas usando as variáveis transformadas em logaritmo.

de autocorrelação de primeira e segunda ordem dos erros (Ar (1) test e Ar (2) test), que foram utilizados para identificar o modelo empírico melhor ajustado às características das informações disponíveis. Os resultados estão apresentados para os estimadores *system* GMM *one-step* robusto, para reduzir as inconsistências devidas à heterocedasticidade.

O modelo A apresenta os resultados observados para os estimadores GMM Arellano – Bond. Os resultados para os parâmetros do PIB *per capita* foram estatisticamente significativos (ϕ_1 e ϕ_3 : *p-value* < 1% - e ϕ_2 : *p-value* < 10 %). Para o conjunto dos estimadores das variáveis de controle, apenas a variável (Anosest) não se mostrou significativa. Todavia, o resultado do teste de Sargan, que avalia a consistência dos instrumentos utilizados, sugere a rejeição da hipótese nula de validade das restrições. Esse resultado indica que o modelo estimado não é o adequado devido a problemas de erros de especificação e/ou os instrumentos considerados não se mostraram consistentes (BALTAGI, 2013; BAUM, 2006; BLUNDELL; BOND; WINDMEIJER, 2001). O resultado observado para o estimador $\theta(\Delta CO_{2i,t-1})$ evidencia esse aspecto. Embora estatisticamente significativo (θ : *p-value* < 10%), o valor do coeficiente é extremamente baixo, não refletindo a característica inercial e persistente desse indicador de degradação ambiental. A limitação em relação ao conjunto de instrumentos considerados pelos estimadores Arellano – Bond e a complexidade das relações entre o conjunto de informações considerado indicam que um número maior de instrumentos deve ser utilizado.

O Modelo B apresenta os resultados para os estimadores GMM Arellano-Bover/Blundell-Bond considerando o conjunto de variáveis-chave (CO₂ e PIB *per capita*) como endógenas. O valor observado para o estimador $\theta(\Delta CO_{2i,t-1})$ assim como sua significância estatística (θ : *p-value* < 1%) indicam que a escolha pelos estimadores para painel dinâmico é adequada.

One-step robust system GMM

Modelo A (Arellano - Bond estimator)			Modelo B (Arellano - Bover /Blundell - Bond estimator)			Modelo C (Arellano - Bover /Blundell - Bond estimator)			Modelo D (Arellano - Bover /Blundell - Bond estimator)		
			(Variáveis chave endógenas)			(Todas variáveis endógenas)			(PPCDAM dummy)		
	Coef.	P- value		Coef.	P- value		Coef.	P- value		Coef.	P- value
ICO ₂ pc	,0607	0,076	ICO ₂ pc	,9743	0,000	ICO ₂ pc	,9845	0,000	ICO ₂ pc	,9751	0,000
IPIBpc	,0086	0,000	IPIBpc	,0053	0,005	IPIBpc	,0013	0,731	IPIBpc	,0037	0,129
IPIBpc2	-,0010	0,069	IPIBpc2	-,0030	0,007	IPIBpc2	-,0014	0,317	IPIBpc2	-,0030	0,008
IPIBpc3	-,0001	0,008	IPIBpc3	,0002	0,001	IPIBpc3	,0000	0,273	IPIBpc3	,0002	0,002
IAnosest	,0027	0,922	IAnosest	,1069	0,001	IAnosest	,1186	0,000	IAnosest	,1115	0,000
IGini	,0647	0,077	IGini	,3660	0,002	IGini	,3311	0,006	IGini	,3415	0,008
IARlav	,0596	0,000	IRebov	,0480	0,000	IRebov	,0392	0,000	IRebov	,0478	0,000
IRebov	,7313	0,000	IARlav	-,0223	0,002	IARlav	-,0201	0,000	IARlav	-,0219	0,002
ano	-,0106	0,000	ano	-,0021	0,256	ano	-,0017	0,344	PPCDAM	-,0353	0,072
constant	4,004	0,106	constant	3,8293	0,298	constant	3,0880	0,384	constant	-,5012	0,000
Nº obs	205		Nº obs	215		Nº obs	215		Nº obs	215	
Sargan test	289,97		Sargan test	248,92		Sargan test	403,65		Sargan test	243	
Chi ²	0,00		Chi ²	0,1518		Chi ²	0,1935		Chi ²	0,2231	
Abond	z	Prob > z	Abond	z	Prob > z	Abond	z	Prob > z	Abond	z	Prob > z
Ar(1) test	,6152	0,538	Ar(1) test	-21,75	0,029	Ar(1) test	-2	0,031	Ar(1) test	-2	0,026
Ar(2) test	-2	0,053	Ar(2) test	-,8702	0,384	Ar(2) test	-,830	0,406	Ar(2) test	-0,874	0,385

IX Encontro Nacional da ANPPAS CONEXÕES, DEMOCRACIA e SUSTENTABILIDADE

Esse resultado expressa a característica inercial e persistente do CO₂ no ambiente, além de indicar que mudanças na trajetória de emissões CO₂ tendem a ser demoradas em virtude da relação entre $CO_{2i,t}$ e $CO_{2i,t-1}$ ⁴⁴². Assim como no Modelo A os parâmetros para as informações de renda foram estatisticamente significativos (ϕ_1 , ϕ_2 e ϕ_3 : *p-value* < 1%)

Para o conjunto de informações de controle apenas a informação de ano não foi significativa. O resultado para o teste de Sargan não rejeitou a hipótese de validade das restrições do modelo dado o conjunto de instrumentos utilizados, indicando que o modelo estimado é adequado ao conjunto de dados. Esse resultado é confirmado pelos resultados dos testes de autocorrelação dos erros. Os resultados indicaram que a hipótese de ausência de autocorrelação dos erros de primeira ordem foi rejeitada, conforme esperado em função desse erro ser, por construção, um processo MA (1) (BALTAGI, 2013; BAUM, 2006). Todavia, o resultado para a segunda ordem sugere que a hipótese de ausência de autocorrelação dos erros é válida, implicando em ausência de autocorrelação dos erros para a equação em nível, indicando a consistência dos estimadores apresentados pelo Modelo B (APERGIS; OZTURK, 2015; BALTAGI, 2013; BAUM, 2006).

Os coeficientes para as variáveis de renda apresentaram os sinais esperados para uma relação entre degradação ambiental (CO₂) e crescimento econômico em formato de “N” ($\phi_1 > 0$, $\phi_2 < 0$ e $\phi_3 > 0$), conforme os resultados encontrados por (DE BRUYN; VAN DEN BERGH; OPSCHOOR, 1998; KANG; ZHAO; YANG, 2016; LEE; CHIU; SUN, 2009; MARTÍNEZ-ZARZOSO;

⁴⁴² Conforme (BLUNDELL; BOND; WINDMEIJER, 2001), a validade dos instrumentos do Modelo Arellano – Bover/ Blundell-Bond permanece mesmo quando o parâmetro estimado para a variável na diferença se aproxima de 1. Ainda, conforme (HOLTZ-EAKIN; NEWEY; ROSEN, 1988), mesmo com valores próximos de 1, em função das características estruturais dos dados em painel, o estimador observado tende a não apresentar os problemas decorrentes da presença de raiz unitária na série da variável dependente.

BENGOCHEA-MORANCHO, 2004; PASCHE, 2002) e (OLIVEIRA et al., 2011) para a Amazônia usando como indicador de degradação ambiental a taxa de desmatamento. Esse resultado de curva em formato de “N” indica a maior intensidade do fator escala em relação aos fatores mudança tecnológica e mudança estrutural considerando a dinâmica econômica observada na Amazônia nos últimos 25 anos.

A lógica de ocupação da região amazônica, altamente condicionada pela atividade econômica baseada na exploração de recursos naturais e voltada para o abastecimento de mercados externos de produtos primários implica em uma reduzida diferenciação do sistema produtivo. O setor de serviços presente na região pode ser considerado de baixa complexidade se comparado aos disponíveis na região centro-sul do Brasil, locais com maiores níveis de renda. Por outro lado, os setores conectados ao mercado externo, especialmente a agricultura de larga escala, apresenta elevado grau de sofisticação e crescente adoção de tecnologias que contribuem para a redução da emissão de CO₂. Contudo, a intensificação da agricultura tende a apresentar, como efeito final, uma contribuição positiva para a degradação ambiental⁴⁴³, representado pelo parâmetro ($\phi_3 > 0$).

A crescente ocupação de áreas de passagens degradadas, locais de baixas produtividades e altamente emissores de CO₂, pela agricultura de larga escala, processo observado principalmente nos estados de Mato Grosso, Pará e Rondônia, a conexão desse setor ao mercado internacional de *commodities* e a crescente preocupação da comunidade internacional em

⁴⁴³ Esse efeito é identificado na literatura como paradoxo de Jevons: o aumento da eficiência técnica faz com que sejam utilizados menos recursos produtivos por unidade de produto. Contudo, à medida que a escala de produção aumenta, a quantidade total de recursos utilizada tende a superar a redução observada individualmente (CEDDIA et al., 2013).

IX Encontro Nacional da ANPPAS CONEXÕES, DEMOCRACIA e SUSTENTABILIDADE

relação aos impactos ambientais dessa atividade (ex: moratória da soja), contribuem para o processo de reversão na trajetória de emissões representada pelo parâmetro ($\phi_2 < 0$).

Outro aspecto fundamental para a mudança na trajetória das emissões é a intensificação da fiscalização e das políticas públicas de combate ao desmatamento na região Amazônica implementadas pelo governo brasileiro, como o PPCDAM. O efeito do crescimento da renda sobre essa trajetória, assim como das transformações estruturais na economia que esse processo tende a desencadear, tende a ser reduzido em função do baixo nível de renda observado para a região. Com PIB *per capita* médio de R\$19.095,94 em 2014⁴⁴⁴, com grande parcela da população ocupada em atividades com baixa remuneração, e com indicadores de pobreza e desigualdade de renda entre os mais elevados do Brasil, espera-se que o efeito de demanda por melhores condições ambientais seja uma realidade ainda distante para grande parcela população da Amazônia, em que pese seja uma preocupação global os impactos das atividades econômicas nessa região.

Essas observações são ratificadas pelos resultados observados pelas variáveis de controle (Rebov) e (ArLav). Como esperado, o sinal para o tamanho do rebanho bovino foi positivo, indicando que um aumento no tamanho do rebanho tem impacto positivo sobre o aumento da emissão de CO₂. A atividade pecuária na Amazônia, caracterizada por apresentar baixo nível tecnológico, por utilizar grandes extensões de área e ser condicionada pela lógica de exploração dos recursos naturais apresenta, como contrapartida, alta contribuição para a degradação ambiental pela combinação da emissão de NH₄ pelos animais com a conversão da floresta em áreas de pastagem.

⁴⁴⁴ Brasil R\$ 24.185,95 e região Centro-Sul (Centro Oeste, Sul e Sudeste) R\$ 36,042,95 (IBGE, 2017).

Resultado oposto foi observado pela variável (ArLav). A agricultura praticada na Amazônia, principalmente a agricultura de larga escala tem se transformado nos últimos anos em uma atividade altamente tecnificada, incorporando inovações tanto em relação ao processo de produção (rotação de culturas, intensificação no uso da terra, sistema de plantio direto...) quanto em relação ao uso de máquinas mais eficientes, contribuindo para a redução da emissão de CO₂/ha⁻¹. Ademais, o processo de aumento das áreas destinadas à agricultura, seja de áreas novas ou pela ocupação de áreas de pastagens degradadas, tende a apresentar um resultado positivo, relativo e de curto prazo, tendo em conta a contribuição dos setores produtivos agropecuários para a emissão CO₂/ha⁻¹.

O efeito da escolaridade (Anosest) apresentou sinal contrário ao esperado considerando a literatura sobre CKA. Os resultados indicaram uma relação positiva entre escolaridade e emissão de CO₂, contrariando a hipótese de que maiores níveis de escolaridade estariam associados a maior demanda por melhores condições ambientais. Esse resultado evidencia a especificidade da região, marcada por índices socioeconômicos abaixo do observado em outras regiões do Brasil. A média observada para o conjunto dos dados foi de 5,8 anos de estudo para a população com 25 ou mais anos de idade, valor extremamente baixo. Considerando a associação positiva entre escolaridade e renda, esse resultado reforça o efeito escala observado pelo parâmetro ($\phi_3 > 0$), implicando em uma maior preocupação com a geração de condições materiais para a promoção do bem estar e, por conseguinte, uma menor preocupação relativa com as condições ambientais.

O parâmetro para o índice de Gini apresentou o sinal esperado indicando uma relação positiva entre desigualdade de renda e emissão de CO₂. Maiores níveis de desigualdade de renda tendem a caracterizar um perfil de consumo, assim como de ocupação, relacionados positivamente com a degradação ambiental por parte da parcela da população com menores níveis de renda que, em termos absolutos, representa a maior parte da população. Mesmo que o efeito para a parcela

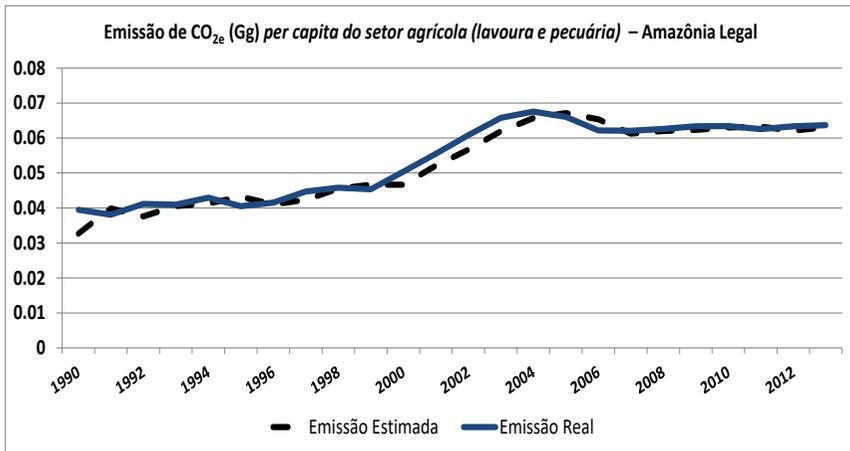
IX Encontro Nacional da ANPPAS *CONEXÕES, DEMOCRACIA e SUSTENTABILIDADE*

com maior nível de renda seja o oposto, seja pela diversificação do consumo no sentido de valorizar bens e serviços que respeitem o meio ambiente como pela ocupação de postos de trabalhos em setores que contribuem menos para a emissão de CO₂ e até mesmo pela maior demanda por melhores condições ambientais, seguindo a perspectiva teórica de que o meio ambiente poderia ser considerado um bem de luxo (DINDA, 2004; STERN, 2004), o efeito final dessa relação tende a ser positivo em relação ao aumento das emissões. Essa perspectiva é reforçada pelo baixo nível de PIB *per capita* e escolaridade observados na Amazônia. As escolhas para suprir das necessidades materiais de curto prazo tendem a apresenta como contrapartida impactos negativos crescentes sobre as condições ambientais.

O Modelo C é apresentado para validar a hipótese de endogeneidade apenas para as variáveis chave que compõem a relação entre degradação ambiental e crescimento econômico. No Modelo C todas as variáveis são consideradas endógenas, o que implica em um aumento no número de instrumentos. Embora apresente os resultados esperados para o teste de Sargan e para os testes de autocorrelação dos resíduos de primeira e segunda ordem, o aumento considerável do número de instrumentos tende a enfraquecer o poder do teste de Sargan, (BAUM, 2006) fazendo com que esse apresente uma tendência a aceitar a hipótese nula de validade das restrições associadas aos instrumentos, mesmo que essas não sejam válidas (BALTAGI, 2013; GREENE, 2012). Esse resultado, indicando problemas de especificação do modelo ajudam a explicar a ausência de significância estatística para os parâmetros associados ao PIB *per capita*. Embora tenham apresentado os sinais esperados, nenhum deles se mostrou significativo. Esses resultados indicam que a hipótese de endogeneidade apenas para as variáveis chave (Modelo B) é a mais adequada para o conjunto de dados utilizado nesse estudo.

Por fim, o Modelo D apresenta os resultados do Modelo B ajustado para a inclusão de uma variável *dummy* para avaliar o efeito do PPCDAM, implementado em 2005. Esse plano contribuiu de forma positiva para a redução do desmatamento na Amazônia pela intensificação da

fiscalização e pela organização de uma série de ações e programas para reduzir a pressão sobre a floresta. Como esperado, o sinal para a variável PPCDAM foi negativo e se mostrou estatisticamente significativo (β : p -value <10%).



Figura

2 – Emissão de CO₂ eq. na Amazônia Legal – Modelo D

Esse resultado ratifica a perspectiva de que o PPCDAM foi um importante instrumento de política pública para reduzir a pressão sobre a floresta amazônica. Contudo, a subordinação das ações de proteção ambiental à lógica econômica implica na grande variação nas taxas de desmatamento observadas ao longo dos anos (INPE, 2017) e também ajuda a explicar o crescimento nas taxas de desmatamento nos últimos anos. Os resultados econômicos ruins apresentados pelo Brasil nos últimos anos tendem a intensificar a dependência da economia brasileira em relação ao setor agropecuário. E, como evidenciado pelos resultados apresentados

pelo Modelo B, esse aprofundamento da agropecuária na Amazônia, em função do efeito escala, tende a contribuir de forma positiva para o aumento da degradação ambiental.

5- Considerações finais e recomendações para políticas públicas

A determinação dos impactos das ações humanas sobre as condições ambientais é tarefa complexa e exige uma abordagem multidisciplinar, que vai muito além da proposta apresentada pela literatura sobre a CKA. Todavia, essa literatura apresenta resultados e considerações importantes que podem contribuir para a elaboração de políticas públicas voltadas para a promoção de um processo de crescimento econômico que tenha como base a perspectiva de que os recursos ambientais são limitados.

As contribuições teóricas da perspectiva da sustentabilidade forte, que tem como premissa que o avanço tecnológico não consegue compensar as restrições impostas pelo meio ambiente e que alguns recursos naturais, dado a especificidade dos serviços ecossistêmicos que oferecem, podem ser considerados como insubstituíveis, ajudam a explicar o formato de “N” observado nesse trabalho para a relação entre a emissão de CO₂ e o crescimento econômico na Amazônia nos últimos 25 anos.

Os resultados observados nesse trabalho indicam a necessidade de planejamento e políticas públicas direcionadas para a melhoria dos indicadores socioeconômicos na Amazônia como estratégia fundamental para reduzir os impactos das atividades econômicas, principalmente a agropecuária, sobre a floresta. A característica estrutural da economia amazônica de ser voltada para o atendimento de demandas externas de produtos primários limita os efeitos de transbordamentos dos setores mais dinâmicos para os menos desenvolvidos. Esse fato reforça as desigualdades socioeconômicas, reduz a possibilidade de adoção de tecnologias mais sofisticadas nos demais setores econômicos além de dificultar o fortalecimento de atividades

associadas ao crescimento do nível de renda, como o setor de serviços, que tenderia a contribuir de forma positiva para a redução das emissões de CO₂.

A abordagem *system GMM panel data*, além de inovadora para a Amazônia e adequada ao conjunto de dados utilizados, indicou uma forte dependência temporal do indicador de degradação ambiental. Essa característica evidencia que medidas para a mudança de trajetória de emissões precisam considerar que, dificilmente, resultados consistentes serão observados curto prazo, o que reforça a necessidade de planejamento.

As taxas elevadas de desmatamento, em que pese as ações positivas como o PPCDAM, permanecem como um dos principais desafios para a promoção da sustentabilidade na Amazônia. Intensificar as ações de fiscalização e monitoramento são medidas fundamentais para a reversão da tendência crescente observada nos últimos anos.

Por fim, é preciso intensificar o desenvolvimento e a utilização de tecnologias adaptadas às condições produtivas da região e às necessidades da população, e que, além disso, contribuam para a redução dos impactos ambientais, especialmente do setor agropecuário. O governo brasileiro vem trabalhando nessa linha, com a implementação do Plano Setorial de Mitigação de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) em 2010. Esse plano apoia um conjunto de tecnologias que contribuem para a redução de emissões de GEEs pela agricultura (ex: sistema de planto direto, recuperação de pastagens degradadas, sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, fixação biológica de nitrogênio, florestas plantadas) por meio de oferta de linhas de créditos específicas e subsidiadas, além de apoiar ações de transferência dessas tecnologias para os produtores.

IX Encontro Nacional da ANPPAS **CONEXÕES, DEMOCRACIA e SUSTENTABILIDADE**

Contudo, a efetividade desse plano ainda é reduzida. Fatores como burocracia pra acessar o crédito e falta de resultados de viabilidade econômica para o uso das tecnologias ajudam a explicar esse cenário. A superação do paradoxo de Jevons indicado pelo formato de “N” é fator decisivo para a promoção do desenvolvimento sustentável na Amazônia. Encontrar alternativas para a promoção de um setor agropecuário sustentável, além de se configurar uma enorme vantagem competitiva para a região, possibilitará a manutenção dos serviços ecossistêmicos oferecidos pela floresta, essenciais para todo o mundo.

6- Referências Bibliográficas

ANDERSEN, L. E. et al. **The dynamics of deforestation and economic growth in the Brazilian Amazon**. Cambridge: [s.n.].

APERGIS, N. Environmental Kuznets curves: New evidence on both panel and country-level CO2 emissions. **Energy Economics**, v. 54, p. 263–271, 2016.

APERGIS, N.; OZTURK, I. Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries. **Ecological Indicators**, v. 52, p. 16–22, 2015.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **The Review of Economic Studies**, v. 58, n. 2, p. 277–297, 1991.

ARELLANO, M.; BOVER, O. Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Component Models. **Journal of econometrics**, v. 68, n. 1, p. 29–52, 1995.

BAKIRTAS, I.; BAYRAK, S.; CETIN, A. Economic Growth And Carbon Emission: A Dynamic Panel Data Analysis. **European Journal of Sustainable Development**, v. 3, n. 4, p. 91–102, 2014.

BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. [s.l.: s.n.]. v. 1

BAUM, C. F. An Introduction to Modern Econometrics Using Stata. **STATA Press**, p. 341, 2006.

BECKER, B. K. **Amazônia: geopolítica na virada do III milênio**. Rio de Janeiro, RJ: Garamond, 2004.

BLUNDELL, R.; BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. **Journal of Econometrics**, v. 87, n. 1, p. 115–143, 1998.

BLUNDELL, R.; BOND, S.; WINDMEIJER, F. Estimation in Dynamic Panel Data Models: Improving on the Performance of the Standard GMM Estimator. **Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels**, v. 15, p. 53–91, 2001.

CAVIGLIA-HARRIS, J. et al. Busting the Boom-Bust Pattern of Development in the Brazilian Amazon. **World Development**, v. 79, p. 82–96, 2016.

CEDDIA, M. G. et al. Sustainable agricultural intensification or Jevons paradox? The role of public governance in tropical South America. **Global Environmental Change**, v. 23, n. 5, p. 1052–1063, 2013.

DASGUPTA, P. Nature's role in sustaining economic development. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v. 365, n. 1537, p. 5–11, 2010.

DASGUPTA, S. et al. Confronting the environmental Kuznets curve. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 16, n. 1, p. 147–168, 2002.

DE BRUYN, S. M.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M.; OPSCHOOR, J. B. Economic growth and emissions: Reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. **Ecological Economics**, v. 25, n. 2, p. 161–175, 1998.

DINDA, S. Environmental Kuznets Curve hypothesis: A survey. **Ecological Economics**, v. 49, n. 4, p. 431–455, 2004.

DINDA, S. A theoretical basis for the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, v. 53, n. 3, p. 403–413, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates, and consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680–688, 2005.

GALEOTTI, M.; LANZA, A.; PAULI, F. Reassessing the environmental Kuznets curve for CO₂ emissions: A robustness exercise. **Ecological Economics**, v. 57, n. 1, p. 152–163, 2006.

IX Encontro Nacional da ANPPAS
CONEXÕES, DEMOCRACIA e SUSTENTABILIDADE

GEOGESCU-ROEGEN, N. The Entropy Law & The Economic Problem. In: **Toward a Steady State Economy**. [s.l: s.n.]. p. 33–49.

GREENE, W. W. H. . **Econometric analysis**. [s.l: s.n.]. v. 97

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. **Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement**National Bureau of Economic Research Working Paper Series. Cambridge, MA: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w3914>>.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Economic Growth and the Environment. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 110, n. 2, p. 353–377, 1995.

HALKOS, G. E. Environmental Kuznets Curve for sulfur: evidence using GMM estimation and random coefficient panel data models. **Environment and Development Economics**, v. 8, n. 4, p. 581–601, 2003.

HARGRAVE, J.; KIS-KATOS, K. Economic Causes of Deforestation in the Brazilian Amazon: A Panel Data Analysis for the 2000s. **Environmental and Resource Economics**, v. 54, n. 4, p. 471–494, 2013.

HOLTZ-EAKIN, D.; NEWEY, W.; ROSEN, H. S. Estimating Vector Autoregressions with Panel Data. **Econometrica**, v. 56, n. 6, p. 1371–1395, 1988.

IANNI, O. **Colonização e contra-reforma agrária na Amazônia**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1979.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadcm>>. Acesso em: 20 set. 2017.

INPE. **Prodes - Projeto de Monitoramento da Floresta Amazonica Brasileira por Satélite**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2016.htm>. Acesso em: 18 set. 2017.

IPCC. IPCC Fifth Assessment Report (AR5). **IPCC**, p. s. 10-12, 2013.

IPEA. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. IPEADATA**. Disponível em:

<<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 20 set. 2017.

KANG, Y.-Q.; ZHAO, T.; YANG, Y.-Y. Environmental Kuznets curve for CO₂ emissions in China: A spatial panel data approach. **Ecological Indicators**, v. 63, p. 231–239, 2016.

KIJIMA, M.; NISHIDE, K.; OHYAMA, A. Economic models for the environmental Kuznets curve: A survey. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 34, n. 7, p. 1187–1201, 2010.

LEE, C.-C.; CHIU, Y.-B.; SUN, C.-H. Does One Size Fit All? A Reexamination of the Environmental Kuznets Curve Using the Dynamic Panel Data Approach. **Review of Agricultural Economics**, v. 31, n. 4, p. 751–778, 2009.

LI, T.; WANG, Y.; ZHAO, D. Environmental Kuznets Curve in China: New evidence from dynamic panel analysis. **Energy Policy**, v. 91, p. 138–147, 2016.

MALHI, Y. et al. Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. **Science**, v. 319, n. 5860, p. 169–172, 2008.

MARGULIS, S. **Causes of deforestation of the Brazilian Amazon**. [s.l.: s.n.].

MARTÍNEZ-ZARZOSO, I.; BENGOCHEA-MORANCHO, A. Pooled mean group estimation of an environmental Kuznets curve for CO₂. **Economics Letters**, v. 82, n. 1, p. 121–126, 2004.

MUNASINGHE, M. Making economic growth more sustainable. **Ecological Economics**, v. 15, n. 2, p. 121–124, 1995.

MUNASINGHE, M. Is environmental degradation an inevitable consequence of economic growth: tunnelling through the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, v. 29 (1), p. 89–109, 1999.

NEPSTAD, D. et al. Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. **Conservation Biology**, v. 20, n. 1, p. 65–73, 2006.

NOLTE, C. et al. Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.

110, n. 13, p. 4956–4961, 2013.

OLIVEIRA, R. C. DE et al. Desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise da curva de Kuznets ambiental para a Amazônia legal. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, p. 709–739, 2011.

PANAYOTOU, T. **Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development** Technology Environment and Employment Geneva International Labour Office, 1993.

PASCHE, M. Technical progress, structural change, and the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, v. 42, n. 3, p. 381–389, 2002.

ROY CHOWDHURY, R.; MORAN, E. F. Turning the curve: A critical review of Kuznets approaches. **Applied Geography**, v. 32, n. 1, p. 3–11, 2012.

SELDEN, T. M.; SONG, D. Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions? **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 27, n. 2, p. 147–162, 1994.

SHAFIK, N.; BANDYOPADHYAY, S. **Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence** Policy Research Working Paper Series. [s.l.: s.n.].

SIRENE. **Sistema de Registro Nacional de Emissões - SIRENE. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Brasil.** Disponível em: <<http://sirene.mcti.gov.br/>>. Acesso em: 15 set. 2017.

STATA CORP. **Longitudinal-Data / Panel-Data Reference Manual.** Version 14 ed. Texas: Stata Press, 2015.

STEFFEN, W. et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science (New York, N.Y.)**, v. 348, n. 6240, p. 1217, 2015.

STERN, D. I. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. **World Development**, v. 32, n. 8, p. 1419–1439, 2004.

STERN, D. I.; COMMON, M. S.; BARBIER, E. B. Economic growth and environmental degradation:

The environmental Kuznets curve and sustainable development. **World Development**, v. 24, n. 7, p. 1151–1160, 1996.

TEIXEIRA, R. F. A. P.; BERTELLA, M. A.; ALMEIDA, L. T. Curva de Kuznets Ambiental para o Estado de Mato Grosso. **Análise Econômica**, n. 57, p. 313–337, 2012.