

TIPOLOGIAS DE DESMATAMENTO E DESENVOLVIMENTO NO CEARÁ: UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA

DEFORESTATION AND DEVELOPMENT OF TYPOLOGIES IN CEARÁ: AN EXPLORATORY ANALYSIS

TIPOLOGÍAS DE DEFORESTACIÓN Y DESARROLLO EN CEARÁ: UN ANÁLISIS EXPLORATORIO

José Alex do Nascimento Bento¹
Kilmer Coelho Campos²

RESUMO

O estudo descreve a relação entre dinâmica do desmatamento, do desenvolvimento e da saúde humana para os 184 municípios do estado do Ceará no ano de 2018. Construiu-se uma tipologia para os municípios por meio da Análise Fatorial (AF) e de *Cluster*. Como resultado, encontraram-se quatro grupos bem definidos que exibem interações distintas entre perda florestal, níveis de desenvolvimento humano e saúde. Por fim, apresentaram-se as implicações para as políticas públicas que buscam promover a recuperação florestal e a conservação em longo prazo por meio de práticas de desenvolvimento local e regional ligadas à convivência com a região semiárida.

Palavras-chave: Desenvolvimento local sustentável. Métodos multivariados. Políticas públicas.

ABSTRACT

The study describes the relationship between deforestation dynamics, development and human health among the 184 municipalities in the state of Ceará. The typology of municipalities was constructed through Factor and Cluster analysis. As a result, four well-defined groups were found that exhibit distinct interactions between loss forest, levels of human development and health. Finally, the implications for public policies that seek to promote recovery forest and long-term conservation were presented through development-focused at local and regional practices related to living with the semi-arid region.

Keywords: Sustainable local development. Multivariate methods. Public policy.

¹Doutor em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará. Pós-Doutorando em Economia pela Universidade Federal da Paraíba. Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: josealex18l@yahoo.com.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7003-2487>.

²Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa. Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER) da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: kilmer@ufc.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7752-2542>.

RESUMEN

El estudio describe la relación entre la dinámica de la deforestación, el desarrollo y la salud humana entre los 184 municipios del estado de Ceará. Se construyó una tipología de municipios a través de Análisis Factorial y el por Conglomerados. Como resultado, se encontraron cuatro grupos bien definidos que exhiben interacciones distintas entre la pérdida de bosques, los niveles de desarrollo humano y la salud. Finalmente, las implicaciones para las políticas públicas que buscan promover la recuperación forestal y la conservación a largo plazo se presentaron a través de prácticas centradas en el desarrollo a nivel local y regional relacionadas con la convivencia con la región semiárida.

Palavras clave: Desarrollo local sostenible. Métodos multivariantes. Política pública.

Como citar este artigo: BENTO, José Alex do Nascimento; CAMPOS, Kilmer Coelho. Tipologias de desmatamento e desenvolvimento no Ceará: uma análise exploratória. **DRd – Desenvolvimento Regional em debate**, v. 14, p. 972-992, 20 dez. 2024. Doi: <https://doi.org/10.24302/drd.v14.5484>.

Artigo recebido em: 18/06/2024

Artigo aprovado em: 16/12/2024

Artigo publicado em: 20/12/2024

1 INTRODUÇÃO

A literatura econômica deixa claro que o meio ambiente é impulsionador de desenvolvimento econômico e humano. Segundo Pinto, Lopes e Coronel (2014) colocam o meio ambiente como variável-chave para geração de energia e de diversos produtos que puxam esse desenvolvimento. Contudo, nas últimas décadas (2010-2020), notam-se transformações constantes no meio ambiente, e muitas destas geram danos à sociedade, pois vêm ligadas às práticas de desmatamento e queimadas, o que levam a significativas alterações em ecossistemas, a saber: emissão de CO₂; mudanças de padrões climáticos; elevação de custos ambientais, sociais e econômicos; e, dentre outros, elevação na incidência de doenças (Aquino; Almeida; Oliveira, 2012; Saccaro Junior; Mation; Sakowski, 2015).

Assim, a preocupação mundial com a degradação do meio ambiente é notória, pois envolve as práticas de queimadas, desmatamento, contaminação da água e do solo, dentre outros. Nesse panorama, o combate ao desmatamento tornou-se uma das prioridades da política ambiental brasileira que busca, muitas vezes, equilíbrio entre a questão da preservação das florestas nativas e o desenvolvimento econômico, mas esquecem que o desmatamento impacta diretamente na saúde humana (Saccaro Junior; Mation; Sakowski, 2015).

No caso do estado do Ceará, dado seu processo histórico de utilização do meio ambiente, sem as devidas preocupações necessárias, evidencia a utilização de técnicas de manejo inadequadas para sua conservação, tais como as próprias práticas de desmatamento, queimadas e utilização de aditivos químicos e fertilizantes. Nesse processo de degradação ambiental no território cearense, nota-se a perda e destruição dos recursos naturais renováveis e acentuação da miséria, fome, desertificação e seca (Cunha; Guerra, 2011; Teixeira; Silva; Farias, 2017).

Segundo a Sena (2012), a degradação do bioma caatinga no estado do Ceará ocorre devido atividades econômicas e sociais inadequadas como, por exemplo, a caça predatória e o desmatamento para produção de madeira, lenha e carvão. E, nesse aspecto, registrou-se, em 2019, no território cearense, elevação no número de ocorrências de incêndios que foram resultados de uma combinação de altas temperaturas, baixa humidade relativa do ar, alta intensidade dos ventos e cultura da população do estado em utilizar queimadas para limpeza das áreas agricultáveis (Mariano da Silva *et al.*, 2021).

Neste panorama, a realidade vem mostrando para a sociedade e para os formuladores de políticas públicas que o uso inadequado de técnicas de manejos ligadas às atividades econômicas, principalmente do setor agricultura, sem a correta preocupação com a biodiversidade, pode desencadear ou a extinção de muitas espécies silvestres ou a sua fuga do habitat natural, carregando consigo doenças infecciosas transmitidas de animais para humanos (doenças zoonóticas) (UNEP, 2016). Ainda, segundo Unep (2016), as doenças zoonóticas representam um risco à saúde humana, como é o caso da COVID-19. Dados do Ministério da Saúde (2021) indicam que cerca de 60% das doenças infecciosas que afetam os seres humanos são oriundas da interação homem-animal e salientam que de cada cinco novas doenças que aparecem todos os anos, três delas são de origem zoonóticas. Por este motivo, relacionar desmatamento, variáveis socioeconômicas e incidência de doenças pode ajudar na minimização de custos de tratamentos que são, muitas vezes, negligenciados e avançar nos debates sobre esta temática torna-se de suma importância para geração de informações completas para uma maior eficiência da prestação de serviços de saúde (Saccaro Junior; Mation; Sakowski, 2015). Assim, o objetivo desse estudo foi fazer uma tipologia entre os padrões de desmatamento nos municípios cearenses em 2018, e sua relação com o desenvolvimento, com um olhar crítico em saúde pública da população a partir da incidência de doenças respiratórias, dengue, malária e leishmaniose. Analisar essa relação pode ser útil para o gerenciamento da saúde na região Nordeste, cuja vulnerabilidade social é uma das maiores do país – o que pode amplificar o impacto dos desequilíbrios ambientais sobre a saúde. Como hipóteses, concentrou-se nas seguintes questões de pesquisa. (1) Existem diferentes padrões de desmatamento na área de estudo, e, se verdadeiro, quais são esses padrões e sua relação com as variáveis sociais e ambientais? (2) Como essa tipologia realizada pode ser usada para contribuir em políticas que buscam desenvolvimento sustentável nos municípios cearenses?

Este trabalho busca contribuir com a literatura ao responder à essas questões, a partir da análise exploratória do efeito do desmatamento sobre variáveis socioeconômicas, e em especial na incidência de doenças. Para isto, utilizou-se a abordagem da Análise Fatorial (AF), por meio da Análise de Componentes Principais (ACP) e análise de cluster, usando os 184 municípios cearenses no ano de 2018. Esse período foi selecionado devido à disponibilidade de dados municipais.

Além dessa introdução, a segunda seção descreve a literatura relacionada. A área de estudo, base de dados e métodos econométricos utilizados são descritos na terceira seção, enquanto os principais resultados são apresentados na quarta seção, e por fim, as considerações finais são discutidas na quinta seção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Na literatura científica nacional e internacional mostra que desequilíbrios ambientais, principalmente relacionados ao desmatamento, aumentam a incidência de doenças. Vora (2008) descreveu diversos exemplos, de diferentes regiões do mundo, em que alterações ambientais antropogênicas parecem ser responsáveis pela disseminação de doenças transmitidas por vetores, notadamente devido à redução de biodiversidade.

Em investigação mais específica, Gottwalt (2013) apresentou uma relação entre desmatamento e casos de malária no Peru, leishmaniose cutânea na Costa Rica e hantavirose no Panamá, apontando que as populações perto de bordas de florestas desmatadas têm um risco maior de contágio devido ao maior contato com vetores e à reduzida biodiversidade nessas áreas.

Além disso, tem-se às queimadas sendo associadas ao aumento das internações por doenças respiratórias. Nesse sentido, encontram-se os primeiros estudos internacionais, a partir da década de 1980, nos Estados da Califórnia nos Estados Unidos e no sudeste do continente asiático apresentando evidências empíricas desta relação.

O Estado da Califórnia destaca-se em incêndios florestais nos Estados Unidos ao longo de sua história (Fried; Torn; Mills, 2004). Segundo os resultados de Jacobs, Kreutzer e Smith (1997) apontaram que as queimadas de resíduos de plantações de arroz na região de Butte, Califórnia, durante os anos de 1983 a 1992, estavam associadas com as internações de asma. Utilizando regressão em séries temporais, mostraram que o aumento de um acre no total de área queimada aumentaria em 23% as internações de asma.

A Ásia apresentou diversos episódios de grandes queimadas de longa duração, principalmente na região sudeste. Em sua história, por exemplo, os incêndios mais severos ocorreram nos anos de 1997/98 relacionados ao fenômeno climático *El nino*, que resultaram na destruição de 11,7 milhões de hectares de floresta, propriedades e outros tipos de vegetação (Tacconi; Moore; Kaimowitz, 2007; Field; Shen, 2008).

Na literatura nacional, encontram-se uma série de estudos que aponta os impactos na saúde humana por diferentes tipologias de fontes de emissões, tais como: queima de combustíveis fósseis para geração de energia no transporte (Andrade *et al.*, 2017; Vormittag *et al.*, 2018; ISS, 2019); processos industriais (Spektor *et al.*, 1991; Braga *et al.*, 2007); atividades agrossilvipastoris associadas a queimadas, incêndios florestais e movimentação do solo (Arbex *et al.*, 2014; Cançado *et al.*, 2006), além de queimadas nas regiões Norte e Centro-Oeste (Reddington *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2016; Alves, 2019), contribuindo para o acúmulo de conhecimentos nessa temática e evidências para embasar ações de controle da poluição e gestão da qualidade do ar.

Não há dúvidas que a Amazônia é a região nacional com mais estudos sobre desmatamento e doenças, em contexto recente, incêndios e queima de biomassa também são importantes fontes de poluição atmosférica com relevantes efeitos na saúde da população como apontam os estudos de (Ignotti *et al.*, 2010; Carmo *et al.*, 2010, Machin *et al.* 2019, Sant'anna; Rocha, 2020), em particular crianças (Jacobson *et al.*, 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

O Estado do Ceará possui uma área total de 148.886,3 km², situando-se na Região Nordeste do Brasil, tendo como Estados limítrofes o Piauí a Oeste, o Rio Grande do Norte e a Paraíba a Leste, Pernambuco ao Sul e o Oceano Atlântico ao Norte. No tocante a divisão político-administrativa, o Ceará é composto por 184 municípios em 14 Regiões de Planejamento, destacando-se as Regiões Metropolitanas de Fortaleza, do Cariri e de Sobral, constituídas de 19 e 9 e 18 municípios, respectivamente. O clima predominante é semiárido, abrangendo 175 (95%) dos 184 municípios (INSA/MCTI, 2024). Esse tipo climático possui características de escassez e irregularidade pluviométrica, associados a altas taxas de evapotranspiração, condições que tornam o estado susceptível ao fenômeno das secas, sua população residente era 9.075.649 de habitantes em 2018 (IPECE, 2020).

3.2 Base de Dados

Foram analisadas 15 variáveis selecionadas que refletem a relação do desmatamento com o desenvolvimento dos municípios cearenses, distribuídas entre as seguintes dimensões: desmatamento e floresta, demográficas, educação, desenvolvimento humano, econômico, desigualdade, pobreza, e serviços básicos (Quadro 1). Essas variáveis foram selecionadas com base nos trabalhos de (Sathler; Adamo; Lima, 2018; Viana; Freitas; Giatti, 2015).

Quadro 1 – Dimensão, variáveis, descrição e fonte dos dados da pesquisa*.

Dimensão	Var.	Variável	Descrição (Unidade)	Fonte
Desmatamento e floresta	X ₁	Desm_2018	Desmatamento em 2018 em km ²	(SEEG, 2022)
	X ₂	Proporcao_DES2018	proporção do desmatamento em %, área desmatada em 2018 comparada com área de floresta em 2018	(SEEG, 2022)
	X ₃	Flo_2018	área em km ² de floresta em 2018	(SEEG, 2022)
	X ₄	Proporcao_Flo_2018	proporção da área de floresta em 2018 em %, área de floresta em 2018 comparada com área total do município.	(SEEG, 2022)
Demográfico e educacional	X ₅	POP_2018	População residente em 2018	IBGE (2022)
	X ₆	Analfabetismo_2010	Taxa de analfabetismo - 18 anos ou mais de idade em 2010 (%)	IBGE (2022)
	X ₇	% de pessoas em domicílios em que nenhum morador tem ensino fundamental completo 2010		IBGE (2022)
Desenvolvimento Humano	X ₈	IDHM 2010	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal em 2010	PNUD (2022)
	X ₉	PIB_2018	Produto interno bruto (R\$) em 2018	IBGE (2022)
Desigualdade e pobreza	X ₁₀	% da população extremamente pobre 2010		IBGE (2022)
	X ₁₁	Redução em (%) da extrema pobreza entre 2000-2010		IBGE (2022)
	X ₁₂	% da população pobre 2010		IBGE (2022)
Saúde	X ₁₃	num_doenca_respiratoria_2018	Número de Internações por doenças respiratórias em 2018.	DATASUS (2022)

X ₁₄	num_casos_dengue_2018	Número de Internações por dengue, Zika e Chikungunya em 2018	DATASUS (2022)
X ₁₅	num_casos_Malaria_Leish_2018	Número de Internações por Malária e Leishmaniose tegumentar e cutânea em 2018	DATASUS (2022)

*As variáveis X₆, X₇, X₈, X₁₀, X₁₁ e X₁₂ foram obtidas no censo de 2010 sendo os dados mais recentes possíveis. Fonte: Elaboração dos autores, 2024.

A dimensão desmatamento e floresta é composta por quatro variáveis, X₁, Desmatamento, X₂ proporção do desmatamento, X₃ corresponde a área total do município coberta por floresta, medida em Km², e X₄ a proporção de floresta todas para o ano de 2018. O declínio na cobertura florestal anual, portanto, indica a presença de desmatamento e possivelmente uma piora na qualidade do ar (De Simoni *et al.* 2021). No entanto, tais declínios não sugere a eliminação completa das florestas (INPE, 2008). Assim, o desmatamento torna-se muito útil para a avaliação do avanço das atividades agrossilvipastoris, da ocupação do homem e seu poder de artificialização do meio ambiente em geral, nas áreas recobertas por florestas no Brasil (Simoni *et al.* 2021).

A dimensão demográfica e educacional é composta por três variáveis, população residente em 2018 (X₅), taxas de analfabetismo em 2010, X₆, e percentual de pessoas em domicílios em que nenhum morador tem ensino fundamental completo em 2010 (X₇).

A dimensão desenvolvimento humano é formada por duas variáveis, IDHM 2010, X₈ e PIB em 2018, X₉. Segundo Rodrigues *et al.* (2009), Organização Pan-Americana da Saúde (2010) e Viana, Freitas e Giatti (2015), ao se comparar os níveis de IDH com os indicadores de desmatamento, observaram que há a seguinte relação: um relativo incremento no IDH levará em aumento do desmatamento.

A dimensão desigualdade e pobreza composta por três variáveis, percentual da população extremamente pobre de 2010 (X₁₀), redução em percentual da extrema pobreza (X₁₁), e percentual da população pobre (X₁₂). Assim, essas variáveis representam os resultados mais desfavoráveis nos indicadores sociais, expressando de alguma forma a exclusão da população.

Por fim, a dimensão saúde agrega três variáveis: número de internações por doenças respiratórias (X₁₃), representando todas as doenças com códigos de J00-J99. Ademais, as causas de hospitalização são registradas de acordo com a Classificação Internacional de Doenças, considerando sua 10^a revisão (CID-10). Contudo, essa dimensão agrega mais duas variáveis, número de internações de dengue, Zika e Chikungunya, e malária e leishmaniose tegumentar e cutânea (X₁₄ e X₁₅, respectivamente). Essas últimas têm relação direta com os processos antrópicos que promovem alterações ambientais (como o desmatamento, os fluxos migratórios, a abertura de estradas, a agricultura, a pecuária extensiva e a ocupação urbana sobre áreas de florestas nativas) (Organização Pan-Americana da Saúde, 2010; Viana; Freitas; Giatti, 2015).

3.3 Abordagem empírica

3.3.1 Análise Fatorial

Para estudar a relação desmatamento, desenvolvimento e seu perfil nos municípios cearenses, foi utilizada a Análise Fatorial (AF), que consiste em uma técnica estatística que procura simplificar um conjunto complexo de variáveis, identificando fatores comuns subjacentes a elas. Esse método é amplamente utilizado em pesquisas para reduzir a dimensionalidade dos dados e facilitar a interpretação dos resultados (Fávero *et al.*, 2009). Esta técnica tem sido adotada como instrumental de análise em vários estudos sobre desenvolvimento agrícola, como em Sathler, Adamo e Lima (2018), que adotou essa técnica como forma de captar a dinâmica do desmatamento e desenvolvimento local na Amazônia Legal brasileira.

A Análise Fatorial tem a finalidade de descrever a estrutura das inter-relações entre um grande número de variáveis, definindo um conjunto de dimensões latentes comuns ou fatores, isto é, a obtenção de um número menor de variáveis (Hair Junior. *et al.*, 2005). Em suma, o que o método proporciona, é a criação de novas variáveis não correlacionadas, obtidas de combinações lineares das variáveis iniciais ou originais, as quais são apresentadas em ordem decrescente relativas à sua capacidade de explicação (Corrar; Paulo; Dias Filho, 2007).

Neste trabalho, a técnica AF pelo método de componentes principais foi utilizada seguindo os seguintes passos: a) elaboração da matriz de dados (X_n); b) determinação da matriz de correlação (R) dos dados originais (X_n); c) aplicação dos testes *Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Adequacy* (KMO) e do teste de esfericidade de Bartlett. O primeiro teste investiga se a técnica AF é adequado a base de dados, traduz-se em uma medida de adequação que verifica o ajuste dos dados usando todas as variáveis simultaneamente. Como resultado deste teste, os valores aceitáveis variam de 0,7 a 0,9. Além disso, o teste de esfericidade de Bartlett examina a redundância entre as variáveis, comparando a matriz de correlação com a matriz de identidade, ou seja, a diagonal principal é igual a 1 e todos os outros valores são zero; d) extração dos autovalores (UL) – raízes características; e, por fim, e) chega-se os autovetores (x) que possibilitam encontrar as novas variáveis/escores (Y_n). O número de componentes selecionados corresponde ao total de autovalores que apresentaram valores superiores a um.

Dentre os critérios utilizados para encontrar a matriz ortogonal, o método de rotação Varimax foi utilizado e constitui uma das rotações ortogonais mais utilizadas em análise fatorial. Esse método busca maximizar as correlações de cada variável com apenas um fator, isto é, procura minimizar o número de variáveis em cada componente.

3.3.2 Análise de Clusters (Análise de agrupamento ou conglomerados)

A análise de cluster é um método estatístico que permite agrupar elementos em conjuntos homogêneos, ou seja, com características semelhantes. Essa técnica identifica padrões ocultos nos dados, agrupando elementos que são mais próximos uns dos outros em termos de atributos específicos. A formação desses grupos visa maximizar a similaridade intra-grupo e minimizar a similaridade inter-grupo (Fávero *et al.*, 2009)

A análise de agrupamentos foi realizada por meio do método de duas etapas (*Two Step Cluster*) para os 184 municípios cearenses buscando a identificação dos padrões de similaridade do desmatamento dos municípios cearenses segundo as características socioeconômicas e ambientais. Sendo que o agrupamento obtido com base nessa configuração permitiu identificar grupos de municípios relativamente homogêneos entre si, mas heterogêneos em relação a outros fora do grupo.

A análise de cluster subdivide dados ou objetos em uma série de grupos diferentes (clusters), que contêm características semelhantes (Fávero, 2009; Hair *et. al.*, 2005). A técnica multivariada adotada *two step*, ou em dois passos, no qual o procedimento consiste em duas etapas: na primeira, encontram-se vários pequenos subclusters e, na segunda, a partir desses subclusters, encontra-se uma resposta ótima para o melhor número de agrupamentos e os melhores clusters a segmentarem a base de dados, o qual tem como objetivo, manter a maior homogeneidade em cada grupo e a maior heterogeneidade entre os grupos. Para agrupar os elementos em cada cluster, é adotada uma medida de distância por máxima verossimilhança. Ademais, o número de grupos pode ser previamente fixado ou pode ser calculado a partir de dois critérios disponíveis – Critério de Informação de Akaike (AIC) e Critério Bayesiano de Schwarz (BIC) (Zhang; Ramakrishnan; Livny, 1996). No presente estudo, adotou-se o número de quatro clusters ótimos seguindo a tipologia de (Sathler; Adamo; Lima, 2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o resultado dos testes de KMO e Bartlett. Dessa maneira, em relação à estatística KMO obtida de 0,82, o resultado reflete uma adequação média muito boa para a análise fatorial. Já para o teste de esfericidade Bartlett, a hipótese nula de que a matriz de correlação da população seja uma matriz identidade foi rejeitada ($\text{sig} < 0,05$). Portanto, a ACP transformou o conjunto original de covariáveis em quatro componentes não correlacionados padronizados com valores numéricos variando de $-\infty$ a $+\infty$, média centrada em zero e desvio padrão igual a 1 (Fávero, 2009; Hair *et. al.*, 2005).

Os quatro fatores extraídos foram capazes de explicar, juntos, aproximadamente 84% da variância total do conjunto dos dados originais, que corresponde a aproximadamente três quartos das informações contidas no conjunto original de variáveis. Estes quatro componentes exibem autovalores superiores a 1. Os dois primeiros componentes (PC1 e PC2) apresentaram a maior proporção de variância (0,4191 e 0,2118 respectivamente) enquanto os outros dois componentes também forneceram informações relevantes para a definição do cluster. O modelo conseguiu explicar 84% da variância original dos dados e por conseguinte houve a sintetização das 15 variáveis em 4 componentes principais ou fatores.

Tabela 1 - Valores dos eigenvalues e percentagem da variância total explicada pelos quatro fatores, Ceará, 2018.

Componente	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas de rotação de carregamentos ao quadrado			
	Total	% de variância	% cumulative	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa	
1	6,29	41,91	41,91	6,29	41,91	41,91	4,79	31,96	31,96	
2	3,18	21,18	63,09	3,18	21,18	63,09	4,62	30,82	62,78	
3	1,80	12,01	75,10	1,80	12,01	75,10	1,83	12,21	74,99	
4	1,29	8,58	83,68	1,29	8,58	83,68	1,30	8,69	83,68	
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy									0,82	
Bartlett's Test of Sphericity									Approx. Chi-Square	3820,75
Graus de Liberdade									105	
Sig.									0,000	

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

A Tabela 2 apresenta as cargas fatoriais rotacionadas e a comunalidades das variáveis da pesquisa com a matriz de correlação dos componentes obtidos via rotação varimax.

Tabela 2 - Cargas fatoriais após a rotação e comunalidades, Ceará, 2018.

Variáveis	Componente				Comunalidades
	PC1 Desafios do desenvolvimento	PC2 Doenças	PC3 Floresta	PC4 Desmatamento	
% de extremamente pobres em 2010	0,944	-	-	0,103	0,911
% de pobres em 2010	0,926	-0,165	0,111	-	0,904
Taxa de analfabetismo - 18 anos ou mais de idade em 2010	0,889	-0,219	-0,146	-	0,860
IDHM em 2010	-0,881	0,296	-	0,160	0,890
% de pessoas em domicílios em que nenhum morador tem ensino fundamental completo em 2010	0,828	-0,159	-0,165	-0,128	0,755
reducao % extrema pobreza 2000 2010	0,781	-	-	0,269	0,686
num doenca respiratoria 2018	-0,173	0,974	-	-	0,981
POP 2018	-0,181	0,973	-	-	0,981
PIB 2018	-0,185	0,962	-	-	0,964
num_casos_dengue_2018	-0,141	0,945	-	-	0,925
num_casos_Malaria_Leish_2018	-0,117	0,834	,221	0,167	0,786
Flo_2018_km²	-	-	0,844	0,239	0,776
Proporcao Flo 2018 %	-0,210	-	0,815	-0,106	0,726
Desm 2018 km²	-	-	0,143	0,848	0,745
Proporcao DES2018 %	-	-	-0,554	0,591	0,661

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados citados na seção 3.2, 2024.

Desse modo, o primeiro componente principal (desafios de desenvolvimento) caracteriza municípios com altos níveis de pobreza, desigualdade e vulnerabilidade social. Este componente exibe uma correlação positiva alta com percentual de extremamente pobres em 2010 (0,94), percentual de pobres em 2010 (0,93), Taxa de analfabetismo - 18 anos ou mais de idade em 2010 (0,89) e percentual de pessoas em domicílios em que nenhum morador tem ensino fundamental completo em 2010 (0,83). Apresenta, ainda, uma alta correlação negativa

com IDHM em 2010 (-0,88). Os resultados também indicam uma correlação moderada positiva para o percentual de redução da extrema pobreza entre 2000-2010 (0,78).

O segundo componente principal (Doenças) caracteriza os municípios com os maiores números de internações por doenças respiratórias em 2018 (0,97), população de 2018 (0,97), PIB de 2018 (0,96), número de casos dengue em 2018 (0,94) e números de casos de Malária e Leishmaniose em 2018 (0,83).

O terceiro componente principal (Floresta) apresenta uma forte correlação positiva com área de floresta em 2018 (0,84) e a proporção de áreas de floresta em 2018 (0,81). Por fim, o quarto componente principal (Desmatamento) apresenta uma forte correlação positiva com incremento do desmatamento em 2018 (0,85) e moderada baixa com a proporção de desmatamento em 2018 (0,59).

Do conjunto de 15 variáveis selecionadas neste estudo, a partir da utilização da ACP, todas apresentaram valor $>0,5$ em suas comunalidades, ou seja, significando que todas expressaram que mais da metade da variância da variável é reproduzida pelos fatores comuns (Tabela 2).

A integração de dados espaciais e a análise estatística forneceram vários resultados relevantes. Levou-se em consideração, 5 dimensões contendo 15 variáveis relacionadas ao meio ambiente, sociodemográficas, econômicas e de saúde em nível municipal no Ceará. Na ACP, os componentes desafios de desenvolvimento e doenças foram decisivos para a definição do cluster e na explicação de um indicador maior denominado saúde ambiental, enquanto os componentes Floresta e Desmatamento foram relevantes como informações complementares para compreender a dinâmica de desenvolvimento na área de estudo e sua relação com a incidências de doenças.

A Tabela 3 apresenta a tipologia de municípios, realizada por meio da ACP, utilizando a análise de cluster em dois passos. Com base em Sathler, Adamo e Lima (2018), foram escolhidos quatro clusters como a melhor solução para o agrupamento realizado. A distribuição espacial desses grupos foi definida em quatro modalidades de desmatamentos: estagnado, dinâmico, consolidado e nova fronteira de exploração (Figura 1, Tabelas 3, 4 e Anexo 1).

Tabela 3 – Tipologia dos municípios cearenses obtidos pela análise de cluster, Ceará, 2018

		PC1 Desafios do desenvolvimento Média	PC2 Doenças Média	PC3 Floresta Média	PC4 Desmatamento Média	N
Dinâmico	(Cluster 1)	0,015	-0,059	-0,844	0,678	55
Nova fronteira de exploração	(Cluster 2)	-0,147	-0,079	1,060	0,241	51
Estagnado	(Cluster 3)	0,871	0,002	-0,154	-0,462	45
Consolidado	(Cluster 4)	-0,985	0,218	-0,021	-0,874	33

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

O desmatamento dinâmico (Cluster 1) agrega 55 municípios (ver Anexo A), apresentou valor médio para o componente de desmatamento (0,678) e alto para o componente floresta (-0,844). Além disso, esses municípios apresentaram médias baixas para os componentes desafios do desenvolvimento e doenças (0,015 e -0,059, respectivamente).

A nova fronteira de exploração (Cluster 2) agrega 51 municípios (ver Anexo A), com valores médios elevados para os componentes floresta (1,060) e baixo para desmatamento (0,241). Já, o componente de desafios do desenvolvimento apresentou média baixa (-0,147), assim como, em doenças (-0,079).

O desmatamento estagnado (Cluster 3) agrupa 45 municípios, (ver Anexo A), com os maiores valores médios para o componente de desafios de desenvolvimento (0,871) e valor médio baixo para o componente desmatamento (-0,462). Apresentou-se, também, baixas médias nos componentes Doenças e Floresta (0,002 e -0,154, respectivamente).

Por fim, a tipologia de desmatamento consolidado (Cluster 4) apresentou a menor média para os desafios de desenvolvimento e desmatamento (-0,985 e -0,874, respectivamente), para seus 33 municípios (ver Anexo A).

A Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis relacionada com os grupos de municípios formados pela análise de cluster.

A variável (X_1) incremento do desmatamento em 2018 apresentou o maior valor médio encontrado para o grupo dinâmico (271,50), seguido do grupo nova fronteira de exploração (265,10). Para proporção do desmatamento (X_2), o grupo dinâmico apresentou maior valor médio (14,32), seguido do grupo nova fronteira de exploração (1,33). Em relação à área total do município coberta por floresta em 2018 (X_3), o maior valor médio registrado foi no grupo nova fronteira de exploração (254,70), seguido do grupo consolidado (77,62). Para a proporção de floresta (X_4), destacaram-se, os grupos nova fronteira de exploração e consolidado, com valores médios 45,31 e 24,40, respectivamente.

Já a variável população em 2018 (X_5), os grupos que registram maiores valores médios foram, o consolidado e nova fronteira de exploração, com 132.003 e 37.524 habitantes respectivamente. Para as taxas de analfabetismo em 2010 (X_6), os grupos que apresentaram maior valores médios foram o estagnado e dinâmico. Para o primeiro grupo, 35,12 e 30,07, respectivamente. Já para o percentual de pessoas em domicílios em que nenhum morador tem ensino fundamental completo em 2010 (X_7), destacaram-se os grupos estagnado e dinâmico, com taxas de 41,33 e 36,22, respectivamente.

Para o IDHM em 2010 (X_8) observaram-se os melhores valores médios nos grupos consolidado e empate entre os grupos dinâmico e nova fronteira de exploração, para o primeiro 0,64 e 0,62 para ambos, respectivamente. Em relação ao PIB em 2018 (X_9) destacaram-se os grupos consolidado e nova fronteira de exploração. Para o primeiro, R\$ 3.021.985,80 e R\$ 507.137,16 respectivamente.

O percentual da população extremamente pobre de 2010 (X_{10}) destacaram-se os grupos estagnado e dinâmico, apresentaram taxas de 30,39 e 24,04 respectivamente. Já a redução em percentual da extrema pobreza (X_{11}), os grupos consolidado e nova fronteira de exploração apresentaram os maiores valores médios -56,74 e -45,92 respectivamente. Em relação ao percentual da população pobre de 2010 (X_{12}), as maiores médias registradas foram de 50,07 e 43,34 para os grupos estagnado e nova fronteira de exploração, respectivamente.

As variáveis número de internações por doenças respiratórias (X_{13}) e número de casos de dengue (X_{14}) apresentaram maiores médias nos grupos consolidado e dinâmico com valores 674,33 e 254,55 respectivamente, para a primeira. E médias de 11,36 e 3,4 respectivamente

para a segunda variável. Por fim, o número de casos de malária e leishmaniose (X_{15}) tem os grupos nova fronteira de exploração e consolidado, apresentando maiores médias, iguais a 2,84 e 2,7 respectivamente.

Tabela 4 – Estatísticas descritivas das variáveis em relação aos grupos, Ceará, 2018

Variáveis	Estatística	Dinâmico	Nova fronteira de exploração	Estagnado	Consolidado
X1	Média	271,50	265,10	72,69	-95,06
	Mínimo	3,20	-834,44	-153,12	-977,131
	Máximo	1.477,65	2.116,38	264,85	270,48
X2	Média	14,32	1,33	1,26	-1,49
	Mínimo	1,79	-2,58	-3,37	-11,44
	Máximo	87,80	8,54	5,18	5,62
X3	Média	33,15	254,70	71,92	77,62
	Mínimo	0,04	22,91	6,06	2,17
	Máximo	179,86	1199,42	258,16	384,62
X4	Média	3,73	45,31	13,92	24,40
	Mínimo	0,01	3,32	0,75	0,29
	Máximo	18,58	97,87	62,40	83,42
X5	Média	35.075	37.524	19.483	132.003
	Mínimo	6.272	3.595	7.328	6.956
	Máximo	271.926	131.372	67.972	2.643.247
X6	Média	30,07	28,03	35,12	23,74
	Mínimo	17,36	16,03	28,99	7,30
	Máximo	37,54	42,37	43,41	35,49
X7	Média	36,22	33,46	41,33	30,72
	Mínimo	21,35	20,67	31,01	13,24
	Máximo	47,70	48,51	54,65	46,59
X8	Média	0,62	0,62	0,59	0,64
	Mínimo	0,56	0,56	0,54	0,57
	Máximo	0,71	0,71	0,63	0,75
Variáveis	Estatística	Dinâmico	Nova fronteira de exploração	Estagnado	Consolidado
X9	Média	433.146,13	507.137,16	144.250,25	3.021.985,80
	Mínimo	53.045,01	42.471,65	49.688,53	57.991,12
	Máximo	4.820.056,16	4.225.065,37	552.393,60	67.024.088
X10	Média	24,04	22,70	30,39	14,30
	Mínimo	6,73	8,09	21,79	3,36
	Máximo	42,11	43,63	41,75	32,31
X11	Média	-39,87	-45,92	-37,84	-56,74

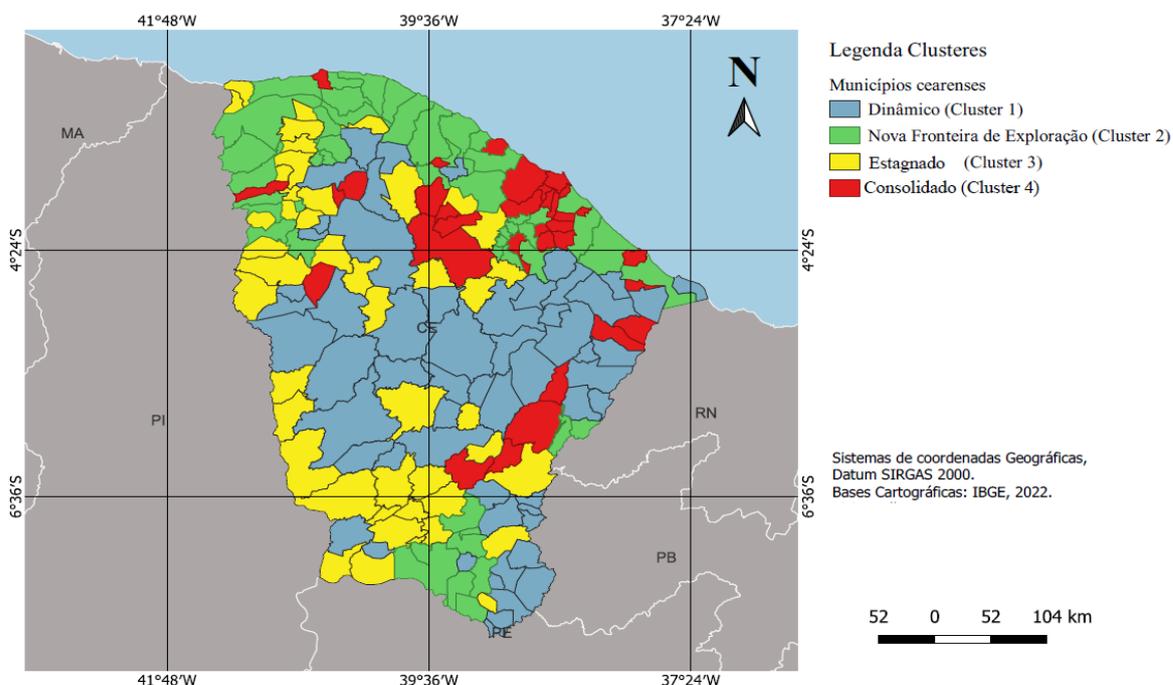
X12	Mínimo	-66,21	-69,04	-54,32	-76,68
	Máximo	-13,82	-19,78	-17,80	-34,03
	Média	42,48	43,34	50,07	32,09
X13	Mínimo	22,09	24,19	42,14	12,14
	Máximo	64,35	63,91	60,78	51,38
	Média	254,55	197,61	118,33	674,33
X14	Mínimo	15	9	18	28
	Máximo	1.443	612	387	14.193
	Média	3,4	1,12	1,56	11,36
X15	Mínimo	0	0	0	0
	Máximo	42	14	30	250
	Média	1,49	2,84	1,38	2,7
X15	Mínimo	0	0	0	0
	Máximo	12	26	10	48

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados citados na seção 3.2, 2024.

Esta tipologia apresentou padrões bem definidos em termos de localização e contiguidade (Figura 1). Os Municípios inseridos no grupo estagnado (cluster 3) têm os mais baixos indicadores, estando localizados principalmente no centro-sul do Estado, em áreas características do semiárido nordestino. Em média, observou-se níveis mais baixos de desenvolvimento humano, reduzida área florestal, baixa porcentagem de área desmatada e internações. Além disso, apresentou taxas elevadas de analfabetismo e pobreza. No entanto, o grupo estagnado encontra-se localizado na região marcada pelo clima semiárido, corroborando para percepção de altos níveis de esgotamento ambiental e baixos indicadores sociais.

Em contraste, os municípios agrupados na fronteira de exploração (cluster 2) apresentou melhores indicadores, estando localizados principalmente na parte norte do Estado, em áreas litorâneas. Observou-se em média, uma alta porcentagem de áreas desmatadas e alta porcentagem de floresta. Além disso, populações e economias médias. Portanto, essa tipologia de desmatamento apresenta, em média, significativo crescimento econômico. Esses municípios estão localizados em regiões com portos regionais importantes e grandes projetos agrícolas.

Figura 1 - Municípios do estado do Ceará conforme análise de cluster, 2018.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os municípios agrupados no grupo consolidado (cluster 4) estão localizadas principalmente na parte norte do Estado, com presença dos melhores indicadores, além de apresentarem maior urbanização. Verificou-se a presença de indicadores sociais mais favoráveis entre os grupos, em média, os maiores valores de IDHM e os menores valores nas taxas de analfabetismo, porcentagem de pessoas com vulnerabilidade à pobreza e sem o ensino fundamental completo, e pobreza extrema. Os resultados demonstraram que os componentes de doenças foram altos e o de floresta apresentou valores baixos. A fronteira consolidada também tem maiores médias no PIB. Além disso, este grupo apresentou a menor média nas variáveis de desmatamento.

Por fim, os municípios agrupados no grupo dinâmico (cluster 1) estavam localizadas principalmente na região centro-norte do Estado, especialmente, em áreas próximas dos grupos 2 e 4, apresentaram, também, valores médios na PIB. Além disso, possuem médias baixas para os componentes desafios do desenvolvimento e doenças.

A tipologia realizada permitiu associar os municípios cearenses em quatro macrofronteiras de desmatamento, ou seja, estagnado, nova fronteira de exploração, dinâmico, e consolidado, que corresponderam a distintas interações entre desmatamento, níveis de desenvolvimento humano e saúde ambiental.

Além disso, os resultados encontrados podem auxiliar na formulação de políticas que busquem e o desenvolvimento local sustentável para a preservação, regeneração das florestas e na redução das internações de doenças, especificamente, doenças respiratórias, dengue, malária e leishmaniose nos municípios avaliados.

O grupo estagnado merece atenção especial na implementação de iniciativas de desenvolvimento sustentável, ou mais característico, o desenvolvimento ligado à convivência com as secas, dado seu limitado estoque florestal e níveis de desenvolvimento humano extremamente baixos.

As políticas precisam se concentrar na promoção da exploração florestal sustentável, a partir da adoção de tecnologias adaptadas as áreas semiáridas. Políticas de desenvolvimento local que apoiem à diversificação econômica podem atrair mais investimentos em setores não tradicionais, como turismo, além de melhorar os serviços existentes, como saneamento, abastecimento de água, tecnologias de captação e armazenamento de água, entre outras, sem impacto negativo ao meio ambiente. Assim, os estoques de floresta limitados e as condições climáticas adversas, prejudicam significativamente as populações que vivem no grupo estagnado, o que pode dificultar o crescimento nas taxas dos indicadores de desenvolvimento humano.

No grupo dinâmico, o fortalecimento contínuo das políticas ambientais e de controle é vital no curto e médio prazo. No longo prazo, as políticas que buscam o desenvolvimento sustentável podem promover um paradigma de mudança importante, o que implicaria a redução de gastos com monitoramento e controle de desmatamento e aumento da renda por atividades sustentáveis como a silvicultura, serviços ecológicos e turismo. Caso contrário, a proteção das áreas de floresta será indefinida seja pelo o aumento da demanda por recursos florestais ou pelos recursos financeiros investidos em iniciativas de monitoramento e controle. Além disso, as políticas públicas precisam ser adaptadas às intensas mudanças nas atividades econômicas e características demográficas. Os governos locais enfrentarão o desafio de transformar o crescimento econômico em desenvolvimento sustentável, especialmente em áreas dependentes da atividade agrícola que claramente requerem políticas de diversificação de cultivos e com tecnologias de convivência com o semiárido.

O grupo consolidado apresentou os melhores indicadores sociais entre os demais, que, em tese, pode contribuir como uma meta de desenvolvimento sustentável, objetivando assim a redução do desmatamento. Entretanto, são urgentes políticas interessadas em ações para regenerar as áreas de floresta. Ademais, essas políticas devem buscar a ecoeficiência das atividades econômicas, por meio de estratégias locais a fim de reduzir os já bastante limitados

recursos naturais. Portanto, o grupo de desmatamento consolidado pode tornar-se a nova fronteira do desenvolvimento sustentável.

A nova fronteira de exploração apresentou médio nível de desenvolvimento e com estoques significativos de área florestal. O desmatamento desse grupo não tem sido impulsionado principalmente por fatores econômicos externos como exportação ou investimentos de outras regiões. Em vez disso, tem sido fortemente associado a fatores internos ligados as características demográficas e socioeconômicas, atividades econômicas e ocupação da terra. No entanto, esses municípios exigem mais atenção na manutenção dos estoques florestais e na melhoria das condições de vida. Portanto, o fortalecimento das políticas nas áreas de conservação é fundamental para conter a expansão do desmatamento, e na exploração sustentável de seus recursos naturais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a utilização da análise exploratória no estado do Ceará, permitiu-se dividir os municípios em quatro macrofronteiras de desmatamento: Estagnado, Dinâmico, Consolidado e Nova fronteira de exploração. Bem definidas, exibindo-se as interações distintas entre perda florestal, características sociodemográficas, econômicas, níveis de desenvolvimento humano, e interações por doenças respiratórias, dengue, malária e leishmaniose.

Os resultados encontrados apoiam políticas públicas que buscam abordar o desmatamento e degradação florestal por meio de iniciativas local e regional voltadas ao desenvolvimento sustentável e a convivência com o semiárido. O grupo estagnado, formado por municípios apresentando os níveis mais baixos de desenvolvimento humano e com baixa área de floresta, as políticas públicas enfrentarão o desafio de promover a diversificação econômica em nível local e explorar os recursos florestais ecologicamente. O grupo dinâmico precisa fortalecer seu monitoramento e controle ambiental continuamente no curto e médio prazos.

O grupo consolidado formado por municípios que apresentaram os indicadores sociais mais favoráveis, as políticas públicas podem reduzir impactos ambientais ao promover a regeneração florestal, turismo ecológico ou aumentar a eficiência em grandes áreas afetadas pela pecuária e/ou produção agrícola. Finalmente, na nova fronteira de exploração compreende municípios que apresentaram dimensões florestais favoráveis, assim as políticas podem proteger a floresta pelo fortalecimento de áreas de conservação e promoção de iniciativas de desenvolvimento sustentável, além de políticas de monitoramento e controle.

Portanto, a questão do desmatamento é evidente em temas de estudos e debates acerca dos seus impactos tanto econômicos como sobre o bem-estar dos agentes que residem nesses municípios. Nesse sentido, o Estado do Ceará deve evitar que o desmatamento contribua com uma piora na saúde pública da região. As autoridades precisam de um sistema de monitoramento da qualidade do ar eficaz que possa cumprir padrões de qualidade que protejam a saúde por meio de ações preventivas e reativas. Desse modo, os gestantes devem dar mais atenção às taxas de desmatamento, de maneira a conciliar os interesses do desenvolvimento econômico com uso sustentável dos recursos florestais e as condições de saúde da população.

Finalmente, cabe expor que os resultados obtidos com a presente pesquisa fornecem base empírica e teórica que permite a ocorrência de novos estudos. Logo, à medida que novas pesquisas empíricas que corroborem e validem os resultados obtidos venham a ocorrer, estes resultados poderão servir como referência a ser considerados pelos agentes envolvidos com o processo de formulação e financiamento de políticas ao combate do desmatamento e preservação do meio ambiente; seja na definição de políticas e estratégias públicas para alavancar o desenvolvimento regional sustentável, seja nas estratégias de ONGs, em que ambos podem configurar suas ações para induzir o desempenho econômico e social das localidades, com isso, podendo apontar um desenvolvimento com preservação. A adoção destas posturas políticas e estratégicas por parte de agentes públicos e privados, de forma eficiente, poderá permitir um maior entendimento dos mecanismos-chave pelos quais o desmatamento impacta às condições econômicas e sociais de uma região, nessa pesquisa, considerou-se a saúde humana.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. Surge of respiratory illnesses in children due to fires in Brazil's Amazon region. **The Lancet Respiratory Medicine**. Elsevier BV, v. 8, n. 1, p. 21-22, 2019.
- ANDRADE, M. F. *et al.* Air Quality in the Megacity of São Paulo: Evolution over the Last 30 Years and Future Perspectives. **Atmospheric Environment**, v. 159, p. 66–82, 2017.
- AQUINO, C. M. S.; ALMEIDA, J. A. P.; OLIVEIRA, J. G. B. Estudo da cobertura vegetal/uso da terra nos anos de 1987 e 2007 no núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato – Piauí. **Ra' E Ga**. Curitiba, v.25, p.252-278, 2012.
- ARBEX, M.A. *et al.* The effect of air pollution on pneumonia-related emergency department visits in a region of extensive sugar cane plantations: a 30-month time-series study. **J Epidemiol Community Health**, v. 68, n. 7, p. 669- 674, 2014.
- BARBIER, E. B. The economic determinants of land degradation in developing countries. **Philosophical Transactions: Biological Sciences**, v. 352, n. 1356, p. 891-899, 1997.
- BEGNINI, S.; ALMEIDA, L.E.D.F. Grau de desenvolvimento dos municípios da mesorregião oeste catarinense: caracterização e classificação. **Revista Interações**, Campo Grande, v.17, n. 4, p. 547-560, out./dez. 2016.
- BRAGA, A. L. F. *et al.* Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, Suppl. 4, p. S570-S578, 2007.
- CANÇADO, J. E.D. *et al.* The Impact of sugar cane–burning emissions on the respiratory system of children and the elderly. **Environmental Health Perspectives**, v. 114, n. 5, p. 725-729, 2006. Doi: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.8485>.
- COE, H.; SPRACKLEN, D. V. Air quality and human health improvements from reductions in deforestation-related fire in Brazil. **Nature Geoscience**, v. 8, n. 10, p. 768-771, 2015.

CORRAR, Luis J.; PAULO, Edilson; DIAS FILHO, José Maria. **Análise multivariada:** para cursos de administração, ciências contábeis e economia. São Paulo: Atlas, 2007.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. *In:* CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia de meio ambiente**. 10 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

DATASUS. Ministério da Saúde. **Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS)**, CID-10. Brasília, 2021. Disponível em: www.datasus.gov.br. Acesso 02 jun. 2022.

DE SIMONI, W. (coord). **O estado da qualidade do ar no Brasil**. Working Paper. São Paulo, Brasil: WRI Brasil, 2021. Disponível online em <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes>. Acesso 02 maio 2022.

CARMO, C.N. *et al.* Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. **Rev. Panam. Salud Publica**, v. 27, p. 10–16, 2010.

FÁVERO, L. P. *et al.* **Análise de dados:** modelagem multivariada para tomada de decisões. São Paulo: Campus, 2009.

FIELD, R. D.; SHEN, S. S. P. Predictability of carbon emissions from biomass burning in Indonesia from 1997 to 2006. **J Geophys Res**, v. 113 (G4), G04024, 2008.

FREITAS, C.A.; PAZ, M.V.; NICOLA, D.S. Analisando a modernização da agropecuária gaúcha: uma aplicação de análise fatorial e *cluster*. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, a. 25, n. 47, p. 121-149, mar. 2007.

FRIED, J. S; TORN, M. S.; MILLS, E. The impact of climate change on wild fire severity: a regional forecast for northern California. **Clim Change**, v. 64, n. 1-2, p. 169-191, 2004.

HAIR JR., J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contas Econômicas Ambientais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores de desenvolvimento sustentável. **Estudos e pesquisas:** informação geográfica, n. 9. 2012. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/indicadores_desenvolvimento_sustentavel/2012/ids2012.pdf. Acesso em: 21 set. 2021.

IGNOTTI E. *et al.* Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in the subequatorial Amazon: a time series approach. **Cad saude publica**, v. 26, n. 4, p. 747-761, 2010.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Relatório monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites**. Sistemas PRODES, DETER, DEGRAD E QUEIMADAS 2007-2008. INPE, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2008.

INSA/MCTI. **INSA/MCTI disponibiliza mapas do Semiárido com a mais recente delimitação da região**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt->

br/assuntos/noticias/insa-mcti-disponibiliza-mapas-do-semiarido-com-a-mais-recente-delimitacao-da-regiao. Acesso em: 21 nov. 2024.

ISS - Instituto de Saúde e Sustentabilidade. **Avaliação do impacto da implementação da fase P-8 do Proconve para a frota de veículos pesados na saúde pública com sua respectiva valoração econômica em seis regiões metropolitanas brasileiras**, 2019.

Disponível em: https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2019/06/PROCONVE_ISS_ICCS_2019.pdf. Acesso 21 set. 2021.

JACOBS, J.; KREUTZER, R.; SMITH, D. Rice burning and asthma hospitalizations, Butte County, California, 1983-1992. **Environ Health Perspect.** v, 105, n. 9, p. 980-985, 1997.

JACOBSON, L. S. V. et al. Acute effects of particulate matter and black carbon from seasonal fires on peak expiratory flow of school children in the Brazilian Amazon. **PLoS ONE**, v. 9, e104177, 2014.

SACCARO JUNIOR, Nilo Luiz; MATION, Lucas Ferreira; SAKOWSKI, Patrícia Alessandra Morita. **Impacto do desmatamento sobre a incidência de doenças na Amazônia**. Brasília: Rio de Janeiro: IPEA, 2015. (Texto para discussão, n. 2142).

MACHIN, A.B. *et al.* Effects of exposure to fine particulate matter in elderly hospitalizations due to respiratory diseases in the South of the Brazilian Amazon. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 52, n. 2, e8130, 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1414-431X20188130>

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Sustentabilidade ambiental e de saúde na Amazônia Legal, Brasil: uma análise através de indicadores**. Organização Pan-Americana da Saúde. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2010.

QIN, X.; YU, W. Foreign direct investment, economic growth and environmental pollution: An empirical study based on spatial panel data of 259 prefecture level cities in China. **Macroeconomy Research**, v. 36, p. 99–103, 2016.

REDDINGTON, C. L. *et al.* Análise do desenvolvimento socioeconômico das microrregiões de Minas Gerais. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v.40, n. 2, p. 297-310, abr./jun. 2009.

REZENDE, M.L.; FERNANDES, L.P.S.; SILVA, A.M.R. Utilização da análise fatorial para determinar o potencial de crescimento econômico em uma região do Sudeste do Brasil. **Revista Economia e Desenvolvimento**. n 19, p. 92- 109, 2007.

SANT'ANNA, A. A.; ROCHA, R. Health impacts of deforestation-related fires in the Brazilian Amazon. **Technical Note**, São Paulo, n. 11. 2020. Disponível em: https://ieps.org.br/wp-content/uploads/2020/08/NT11_Amazon_eng-vf.pdf. Acesso em: 02 jun. 2022.

SATHLER, D.; ADAMO, S. B.; LIMA, E. E. C. Deforestation and local sustainable development in Brazilian Legal Amazonia: an exploratory analysis. **Ecology and Society**, v. 23, n. 2, p. 30, 2018. Doi: <https://doi.org/10.5751/ES-10062-230230>

SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa). 2021. **Plataforma SEEG**. Disponível em: <http://seeg.eco.br>. Acesso em: 23 mar. 2022.

SENA, L. M. M. **Conheça e conserve a caatinga**: o bioma Caatinga. Associação Caatinga, v. 1, Fortaleza, 2012. Disponível em: https://www.acaatinga.org.br/wp-content/uploads/Conhe%C3%A7a_e_Conserve_a_Caatinga_-_Volume_1__O_Bioma_Caatinga.pdf. Acesso em: 02 jun. 2022.

SILVA, P. R. S. *et al.* High risk of respiratory diseases in children in the fire period in Western Amazon. **Revista de Saúde Pública**, v. 50, n. 29, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1518-8787.2016050005667>

SPEKTOR, D. M. *et al.* Effects of heavy industrial pollution on respiratory function in the children of Cubatão, Brazil: a preliminary report. **Environmental Health Perspectives**, v. 94, p. 51-54, 1991. Doi: <http://dx.doi.org/10.2307/3431292>

TACCONI, L.; MOORE, P. F.; KAIMOWITZ, D. Fires in tropical forests: what is really the problem? Lessons from Indonesia. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 12, n.1, p. 55-66, 2007.

UNEP - United Nations Environment Programme. **UNEP Frontiers 2016 Report**: Emerging Issues of Environmental Concern. Nairobi, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.11822/7664>. Acesso: 01 maio 2022.

VIANA, Rosana Lima. FREITAS, Carlos Machado de. GIATTI, Leandro Luiz. Saúde ambiental e desenvolvimento na Amazônia legal: indicadores socioeconômicos, ambientais e sanitários, desafios e perspectivas. **Saúde Soc.** São Paulo, v.25, n.1, p.233-246, 2015. Doi: 10.1590/S0104-12902016140843.

VORMITTAG, E. M.P.A. *et al.* Assessment and valuation of public health impacts from gradual biodiesel implementation in the transport energy matrix in Brazil. **Aerosol and Air Quality Research**, v. 18, n. 9, p. 2375-2382, 2018.

ZHANG, T.; RAMAKRISHNAN, R.; LIVNY, M. BIRCH: an efficient data clustering method for very large databases. **ACM SIGMOD Record**, v. 25, n. 2, p. 103-114, 1996.

ANEXOS

Anexo A - Municípios do estado do Ceará conforme tipologia obtida pela análise de cluster, 2018

Tipologia	Municípios
Dinâmico	Abaiara, Acopiara, Alto Santo, Ararendá, Arneiroz, Baixio, Banabuiú, Barro, Boa Viagem, Brejo Santo, Campos Sales, Catarina, Cedro, Crateús, Ibaretama, Ibicuitinga, Icapuí, Independência, Iraporanga, Ipaumirim, Iracema, Jaguaratama, Jaguaruana, Jati, Juazeiro do Norte, Lavras da Mangabeira, Madalena, Mauriti, Milagres, Milhã, Miraíma, Morada Nova, Ocara, Palhano, Pedra Branca, Penaforte, Piquet Carneiro, Pires Ferreira, Potengi, Potiretama, Quixadá, Quixeramobim, Russas, Santana do Acaraú, Santa Quitéria, São João do Jaguaribe, Senador Pompeu, Sobral, Solonópole, Tabuleiro do Norte, Tamboril, Tauá, Umari, Umirim e Varjota.
Nova fronteira de exploração	Acaraú, Alcântaras, Amontada, Aquiraz, Aracati, Aracoiaba, Aratuba, Barbalha, Beberibe, Bela Cruz, Camocim, Capistrano, Caririaçu, Cascavel, Crato, Cruz, Ereré, Granja, Granjeiro, Guaiúba, Guaraciaba do Norte, Guaramiranga, Ibiapina, Ipu, Itapajé, Itapipoca, Itarema, Jardim, Marco, Massapê, Meruoca, Missão Velha, Mulungu, Nova Olinda, Pacoti, Pacujá, Palmácia, Paraipaba, Pentecoste, Pereiro, Redenção, Santana do Cariri, São Benedito, São Gonçalo do Amarante, São Luís do Curu, Senador Sá, Tianguá, Trairi, Tururu, Várzea Alegre e Viçosa do Ceará.
Estagnado	Aiuaba, Altaneira, Antonina do Norte, Apuiarés, Araripe, Assaré, Aurora, Barroquinha, Caridade, Cariré, Cariús, Carnaubal, Catunda, Chaval, Choró, Coreaú, Croatá, Deputado Irapuan Pinheiro, Farias Brito, Frecheirinha, Graça, Hidrolândia, Icó, Ipueiras, Irauçuba, Itapiúna, Itatira, Jucás, Martinópolis, Mombaça, Monsenhor Tabosa, Moraújo, Morrinhos, Mucambo, Novo Oriente, Parambu, Poranga, Porteiras, Quiterianópolis, Quixelô, Reriutaba, Saboeiro, Salitre, Tarrafas e Uruoca.
Consolidado	Acarape, Barreira, Baturité, Canindé, Caucaia, Chorozinho, Eusébio, Forquilha, Fortaleza, Fortim, General Sampaio, Groaíras, Horizonte, Iguatu, Itaiçaba, Itaitinga, Jaguaribara, Jaguaribe, Jijoca de Jericoacoara, Limoeiro do Norte, Maracanaú, Maranguape, Nova Russas, Orós, Pacajus, Pacatuba, Paracuru, Paramoti, Pindoretama, Quixeré, Tejuçuoca, Ubajara e Uruburetama.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados citados na seção 3.2, 2024.