



HIERARQUIZAÇÃO DO NÍVEL DE DESERTIFICAÇÃO NOS MUNICÍPIOS CEARENSES E SEUS DETERMINANTES SOCIOECONÔMICOS: UMA APLICAÇÃO DE REGRESSÃO QUANTÍLICA

EIXO TEMÁTICO: Crescimento e meio ambiente – Indicadores ambientais

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo quantificar o nível de desertificação nos municípios cearenses e identificar seus principais determinantes socioeconômicos. O Índice de Desertificação dos municípios cearenses foi calculado por meio da técnica multivariada de análise fatorial, especialmente o método de componentes principais. A identificação dos fatores determinantes do nível de desertificação foi realizada por meio do modelo de regressão quantílica. Os dados utilizados foram provenientes de fontes secundárias obtidas no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), considerando o ano de 2006. Os resultados da análise fatorial mostram que as treze variáveis consideradas na análise podem ser sintetizadas em quatro fatores de desertificação, sendo que as despesas totais agrícolas e a utilização de agrotóxicos e o destino de suas embalagens são responsáveis pela maior parte da variância total dos dados. A hierarquização dos municípios revela que a desertificação está dispersa espacialmente nas diferentes mesorregiões cearenses. No tocante aos resultados da regressão quantílica, verifica-se que a escolaridade desempenha papel relevante para explicar variações no nível de desertificação em todos os quantis analisados. Os indicadores de desenvolvimento fisiográfico, fundiário e agrícola influenciam negativamente o nível de desertificação dos municípios localizados na parte inferior da distribuição, ao passo que o índice de desenvolvimento demográfico e econômico exerce influência negativa no nível de desertificação dos municípios que estão na parte superior da distribuição.

Palavras-chave: desertificação; indicadores; Ceará.

ABSTRACT: This study intended to quantify the level of desertification in the municipalities of Ceará and identify its main socioeconomic determinants. The Index Desertification of municipalities in Ceará was calculated by multivariate factor analysis technique, especially the method of principal components. The identification of the determinants of the level of desertification was carried through quantile regression model. The data used were obtained from secondary sources at the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and the Institute for Research and Economic Strategy of Ceará (IPECE), considering the year 2006. The results of factor analysis show that the thirteen variables that can be summarized in four factors of desertification, and the total expenditure and the use of agricultural pesticides and the fate of their packaging are responsible for most of the total variance. The ranking of districts reveals that desertification is spatially dispersed in different regions. Regarding the results of quantile regression, it is found that education plays an important role in explaining variations in the level of desertification in all quantiles analyzed. Development indicators physiographic, agricultural land and negatively influence the level of desertification municipalities located on the bottom of the distribution, while the index of demographic and economic development exerts a negative influence on the level of desertification of the municipalities that are at the top of the distribution.

Keywords: desertification; indicators; Ceará.

1 INTRODUÇÃO

A desertificação é um problema mundial ocasionado, sobretudo, pela ação degradadora do homem sobre o meio ambiente. Para se compreender melhor o significado desta severa degradação ambiental, torna-se importante conhecer seus determinantes (VIANA, RODRIGUES, 1999).

De acordo com Lima et. al. (2009), a integração das economias das regiões semi-áridas aos mercados nacionais e internacionais vem estimulando uma exploração dos recursos para atender às crescentes demandas. Como consequência, formas inadequadas de manejo da terra vêm provocando a degradação dos solos, da vegetação e da biodiversidade.

Em que pese o crescente debate acerca da preservação ambiental, ainda há poucos estudos no Brasil que procuram quantificar o nível de degradação ambiental de uma região ou estado, podendo-se destacar, dentre eles, Lemos (2001), que determinou o nível de degradação ambiental dos municípios do Nordeste; Silva e Ribeiro (2004), que determinaram o nível de degradação dos municípios acreanos; Fernandes et al. (2005), que analisaram essa questão nos municípios de Minas Gerais; Cunha et al. (2008) que contemplaram as microrregiões do Cerrado brasileiro; e Pais et al. (2012), que mensuraram o índice de degradação ambiental para os municípios da Bahia.

No Ceará, por exemplo, dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2006) mostram que 10% do solo deste Estado está degradado. Os municípios da mesorregião de Jaguaribe, além de Irauçuba e região dos Inhamus, possuem os maiores índices de degradação ambiental. O município de Jaguaribe lidera o índice de degradação ambiental e desertificação na região do Médio Jaguaribe, com quase um quarto do município (23,54%) susceptível aos processos de desertificação.

Estudos sobre desertificação e degradação ambiental no Ceará foram desenvolvidos por Viana e Rodrigues (1999), que buscaram mensurar um índice interdisciplinar de propensão à desertificação aplicando o modelo estatístico multivariado de análise fatorial. Cruz et al. (2008) buscaram investigar os fatores de degradação ambiental nos agropolos cearenses de desenvolvimento agrícola determinando um índice de propensão à degradação ambiental como uma média dos indicadores econômicos, sociais e ambientais. Utilizando essa mesma ferramenta analítica, Lima et al. (2009) buscaram aferir um índice de propensão à degradação ambiental na mesorregião cearense de Jaguaribe. Com base nessas pesquisas realizadas, este trabalho buscou quantificar o nível de desertificação nos municípios cearenses e identificar seus principais determinantes socioeconômicos.

Conforme observado por Lima et. al. (2009), o estudo da degradação ambiental torna-se relevante por fornecer informações aos órgãos governamentais e comunidade local a fim de que possam elaborar políticas adequadas e adotar ações para atenuar ou mesmo extinguir o processo nos municípios estudados. Novaes (2002), por sua vez, ressalta que é necessário fornecer informações ambientais a todos os indivíduos para

que seja construída uma consciência ambiental capaz de deixar clara a importância que o meio ambiente representa para a sua qualidade de vida.

Este artigo é composto, além dessa introdução, de mais três seções. Na segunda seção, apresenta-se o método de análise utilizado para calcular o Índice Geral de Desertificação; em seguida, serão apresentados os resultados; e por fim, as conclusões.

2. METODOLOGIA

Para quantificar o nível de desertificação nos municípios cearenses, empregou-se a técnica multivariada de análise fatorial e para identificar seus principais determinantes socioeconômicos, utilizou-se o método de regressão quantílica.

Os fatores de degradação ambiental têm sido estudados em diferentes recortes geográficos, como, por exemplo, nos municípios do Nordeste brasileiro, desenvolvidos por Lemos (2001); nos municípios do Acre, por Silva e Ribeiro (2004); nos municípios de Minas Gerais, por Fernandes et al. (2005); nas microrregiões do Cerrado brasileiro, por Cunha et al. (2008); e nos municípios da Bahia, por Pais et al. (2012).

A técnica de análise fatorial avalia a estrutura das inter-relações entre um grande número de variáveis, definindo um conjunto de dimensões latentes comuns, chamadas de fatores, que são formados para maximizar seu poder de explicação do conjunto inteiro de variáveis (HAIR JR et al, 2005; HARDLE ; SIMAR, 2007; JOHNSON ; WICHERN, 2007).

Para Mingoti (2005), esse modelo construído a partir da matriz de correlação relaciona linearmente as variáveis padronizadas e os fatores comuns, podendo ser representado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} Z_1 &= l_{11} F_1 + l_{12} F_2 + \dots + l_{1m} F_m + \varepsilon_1 \\ Z_2 &= l_{21} F_1 + l_{22} F_2 + \dots + l_{2m} F_m + \varepsilon_2 \\ &\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ Z_p &= l_{p1} F_1 + l_{p2} F_2 + \dots + l_{pm} F_m + \varepsilon_p \end{aligned} \tag{1}$$

Em que:

Z_i são as variáveis originais padronizadas, sendo $i = 1, 2, \dots, p$;

F_j são os fatores comuns, com $j = 1, 2, \dots, m$, que explicam as correlações entre as variáveis e terão que ser identificados;

L_{ij} são as cargas fatoriais, que representam o grau de relacionamento linear entre Z_i e F_j ; e

ε_i são os erros aleatórios e correspondem aos erros de medida e à variação de Z_i , que não é explicada pelos fatores comuns F_j incluídos no modelo.

Neste trabalho, empregou-se análise fatorial por meio do método de componentes principais. A partir das cargas fatoriais, obtêm-se as comunalidades, que podem ser interpretadas como a proporção da variabilidade das variáveis originais que são explicadas pelos fatores comuns.

Para verificar se a análise fatorial é apropriada aos dados do estudo, considerou-se o teste de esfericidade de Bartlett, que consiste em testar a presença de correlações entre as variáveis. Esse teste fornece a probabilidade estatística de que a matriz de correlação tenha correlações significantes entre pelo menos algumas das variáveis (HAIR JR et al., 2005).

A adequabilidade dessa técnica de análise fatorial também foi aferida pelo *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO), que consiste na razão entre o somatório dos quadrados das correlações de todas as variáveis dividida por essa mesma soma acrescida pela soma dos quadrados das correlações parciais de todas as variáveis. Para que o modelo de análise fatorial seja adequado, recomenda-se que tenha elevados coeficientes de correlação simples e pequenos coeficientes de correlações parciais (MINGOTI, 2005).

Com o intuito de se obter uma estrutura mais simples de ser interpretada, utilizou-se, neste estudo, o recurso da transformação ortogonal dos fatores originais pelo método Varimax, que permite maximizar as correlações de cada variável com apenas um fator. Feito isto, estimaram-se os escores fatoriais para cada município cearense, os quais foram utilizados na mensuração do Índice Geral de Desertificação (IGD) desses municípios.

Tomando como base os estudos desenvolvidos por Cunha et al. (2008) e Pais et al. (2012), o Índice Geral de Desertificação pode ser indicado por:

$$IGD_i = \sum_{j=1}^p \frac{\lambda_j}{\sum \lambda_j} F_{ji}^*, \quad (2)$$

em que:

IGD_i corresponde ao índice do i-ésimo município;

j refere-se a j -ésima raiz característica;

p é número de fatores extraídos na análise;

F_{ji}^* é o j -ésimo escore fatorial do i -ésimo município e $\sum \lambda_j$, representa o somatório das raízes características referentes aos p fatores extraídos, sendo que $\lambda_j / (\sum \lambda_j)$ diz respeito à participação relativa do fator j na explicação da variância total captada pelos p fatores extraídos.

Antes de calcular os Índices de Desertificação para cada um dos municípios cearenses, empregou-se uma padronização de modo que todos os escores fatoriais apresentem valores positivos. Para isso, utilizou-se a seguinte expressão: $F_{ji}^* = (F_{ji} - F_j^{\min}) / (F_j^{\max} - F_j^{\min})$, em que F_j^{\min} e F_j^{\max} correspondem, respectivamente, ao menor e ao maior escore observado para o j -ésimo fator.

As variáveis consideradas na análise fatorial foram expressas em relação ao número total de estabelecimentos ou a área agricultável para os 184 municípios cearenses. De acordo com Hoffmann (1992), a área agricultável é constituída pela soma das áreas com lavouras permanentes e temporárias; pastagens naturais e plantadas; e matas naturais e plantadas, incluindo as áreas em descanso e produtivas, porém não utilizadas.

Assim, as variáveis que fizeram parte do modelo de análise fatorial foram definidas como: (V1) valor das despesas com adubação/área agricultável; (V2) valor das despesas com agrotóxicos/área agricultável; (V3) valor das despesas com medicamentos veterinários/área agricultável; (V4) valor das despesas com combustível/área agricultável; (V5) valor das despesas com energia elétrica/área agricultável; (V6) número de estabelecimentos que utilizam agrotóxicos/número total de estabelecimentos; (V7) número de estabelecimentos que deixam as embalagens de agrotóxicos no campo/número total de estabelecimentos; (V8) número de estabelecimentos que queimam ou enterram as embalagens de agrotóxicos/número total de estabelecimentos; (V9) número de estabelecimentos com uso de adubos/número total de estabelecimentos; (V10) número de estabelecimentos que aplicam corretivos/número total de estabelecimentos; (V11) número de tratores/área agricultável; (V12) número de estabelecimentos com nascentes não protegidas por matas/número total de

estabelecimentos; (V13) número de estabelecimentos com rios ou riachos não protegidos por matas/número total de estabelecimentos.

A seleção das variáveis listadas anteriormente foi baseada nos trabalhos realizados por Cunha et al. (2008) e Pais et al. (2012). Os dados relacionados a essas variáveis foram obtidos no Censo Agropecuário, versão 2006, publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013).

Para identificar os principais determinantes socioeconômicos que influenciam a desertificação nos municípios cearenses, utilizou-se o método de regressão quantílica, que permite captar esses fatores determinantes ao longo de pontos distintos da distribuição dos índices de desertificação.

Esse modelo foi elaborado inicialmente por Koenker e Bassett (1978), que destacaram benefícios deste método se comparado com o modelo dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), como o fato de ser utilizado para expressar toda a distribuição condicional de uma variável resposta por meio de um conjunto de regressores; possuir a forma de programação linear, o que facilita a estimação dos parâmetros; ser robusto a *outliers*; e seus estimadores serem mais eficientes que os obtidos através do MQO, já que seus erros não apresentam distribuição normal.

Considerando que as variáveis explicativas não influenciam de forma idêntica os diferentes níveis de desertificação nos municípios cearenses, foram estimadas regressões para os quantis: 0,25; 0,50 e 0,75, com o intuito de verificar os efeitos dos fatores determinantes desses índices de desertificação ao longo da distribuição, sendo que o θ_h refere-se ao quantil condicional do nível de desertificação, podendo ser expresso por:

$$Q_{\theta}(y_i | x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = \beta_0 + \sum_{j=1}^5 \beta_j x_j, \theta \in [0,1] \quad e \quad j = 1, 2, \dots, 5.$$

(3),

em que y_i corresponde aos índices de desertificação obtidos a partir dos escores fatoriais do modelo de análise fatorial; x_1 , indicador de desenvolvimento fisiográfico, fundiário e agrícola; x_2 , indicador de desenvolvimento demográfico e econômico; x_3 , indicador de emprego e renda; x_4 , indicador de desenvolvimento social; e x_5 , escolaridade, expressa pelo percentual de estabelecimentos agropecuários em que o dirigente possui ensino médio ou superior, sendo que a última variável foi obtida a

partir do Censo Agropecuário, versão 2006, publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013).

Esses indicadores que compõem as variáveis explicativas do modelo de regressão quantílica foram selecionados a partir do grupo de indicadores de desenvolvimento fisiográfico, fundiário e agrícola; demográfico e econômico; e social, que fazem parte do Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) do Ceará 2006, elaborado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2008) e do indicador de emprego e renda, que faz parte do Índice de Desenvolvimento Social de Oferta (IDS-O) (SILVA et al., 2010).

De acordo com o IPECE (2008), o indicador de desenvolvimento fisiográfico, fundiário e agrícola é constituído pelas variáveis: precipitação pluviométrica, índice de distribuição de chuvas, percentual da área explorável utilizada, percentual do valor da produção vegetal, percentual do valor da produção animal, salinidade média da água e consumo de energia rural. O indicador de desenvolvimento demográfico e econômico é formado pelas variáveis: densidade demográfica, taxa de urbanização, PIB *per capita*, percentual do PIB do setor industrial sobre o PIB total do município, percentual do consumo de energia industrial e comercial sobre o consumo total, receita orçamentária *per capita* e percentual de trabalhadores do emprego formal recebendo mais de dois salários mínimos mensais. Por sua vez, o indicador de desenvolvimento social é composto pela taxa de escolarização no ensino médio, taxa de aprovação no ensino fundamental, bibliotecas e/ou salas de leitura e/ou laboratórios de informática por escola, equipamentos de informática por escola, percentual de função docente no ensino fundamental com grau de formação superior, taxa de mortalidade infantil, leitos por mil habitantes, médicos por mil habitantes e taxa de cobertura de abastecimento de água.

As variáveis concernentes ao indicador emprego e renda compreendem a relação da malha rodoviária pavimentada pela área do município, operações de créditos/depósitos totais, percentual de pessoas com 12 anos ou mais anos de estudo, investimento/receita corrente líquida, PIB *per capita* real defasado (SILVA et al., 2010).

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis consideradas na mensuração dos escores fatoriais. Conforme se observa pelos valores dos coeficientes

de variação, há uma grande heterogeneidade dessas características nos diferentes municípios cearenses, sendo que as maiores dispersões estão presentes nas variáveis concernentes aos valores relativos às despesas com adubação (V1), com agrotóxicos (V2), com medicamentos (V3), com combustível (V4) e com energia elétrica (V5) em relação à área agricultável. Isso significa dizer que os maiores intervalos entre os valores máximo e mínimo encontram-se nessas variáveis, sendo que a capital cearense, Fortaleza, destaca-se com os maiores valores despendidos com adubação, combustível e energia elétrica em termos de área agricultável, estando, portanto, propensa a apresentar um dos maiores níveis de desertificação no estado do Ceará. Em contrapartida, dos 184 municípios cearenses considerados no estudo, 16 deles não tiveram nenhuma despesa com adubação, sendo que Barroquinha e Chaval, ambos situados no Noroeste cearense, não registraram despesas nem com adubação e nem com agrotóxicos.

Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis consideradas.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	CV (%)
V1	0	342,94	13,64	41,13	301,54
V2	0	206,40	6,95	20,41	293,67
V3	0,85	126,21	6,95	15,53	223,45
V4	0	525,84	23,88	45,74	191,54
V5	1,33	981,11	36,06	80,88	224,29
V6	0,004	0,83	0,29	0,20	68,96
V7	0	0,47	0,09	0,08	88,88
V8	0	0,58	0,16	0,13	81,25
V9	0	0,08	0,011	0,01	90,91
V10	0	0,13	0,011	0,02	181,82
V11	0	0,007	0,001	0,001	100,00
V12	0	0,099	0,014	0,01	71,43
V13	0,002	0,486	0,125	0,09	72,00

Fonte: Elaborado pelos autores com base no Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2013).

Por outro lado, as menores variabilidades foram evidenciadas no número de estabelecimentos que utilizam agrotóxicos (V6), no número de estabelecimentos com nascentes não protegidas por matas (V12) e no número de estabelecimentos com rios ou riachos não protegidos por matas (V13) em relação ao número total de estabelecimentos agropecuários.

Dentre os municípios cearenses, Ibicuitinga, localizado na mesorregião do Jaguaribe, apresentou a maior participação relativa do número de estabelecimentos agropecuários que utilizam agrotóxicos. O município de Pacoti, pertencente à

mesorregião do Norte cearense, liderou a maior participação relativa do número de estabelecimentos com nascentes não protegidas por matas, enquanto a maior participação relativa do número de estabelecimentos com rios ou riachos não protegidos por matas foi encontrada no município de Deputado Irapuan Pinheiro, localizado na mesorregião do Sertão cearense.

Apresentadas as principais estatísticas descritivas das variáveis em estudo, buscou-se verificar se esse conjunto de dados é apropriado para se empregar o método de análise fatorial. Com base no teste de esfericidade de Bartlett, rejeitou-se a hipótese nula de que a matriz de correlação seja uma matriz identidade ao nível de 1% de probabilidade, o que sinaliza que a matriz de correlação não é diagonal. Em relação ao teste do Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), obteve-se um valor de 0,559, confirmando a adequabilidade desses dados, já que, segundo Hair et al. (2005), valores acima de 0,5 indicam que a amostra é adequada ao emprego da análise fatorial.

Assim, como esse instrumental se mostrou apropriado, utilizou-se a análise fatorial pelo método dos componentes principais. Entretanto, como uma variável pode relacionar-se com mais de um fator em sua versão original, dificultando sua interpretação, adotou-se a rotação ortogonal pelo método Varimax com o intuito de que cada variável esteja relacionada a um único fator. Na tabela 2, encontram-se as raízes características da matriz de correlações maiores que a unidade, com suas respectivas porcentagens de variância total explicada. Conforme se observa, as treze variáveis consideradas estão sintetizadas em quatro fatores de desertificação, sendo capazes de explicar 70,9% da variância total dos dados.

As cargas fatoriais rotacionadas e as communalidades para esses quatro fatores de desertificação analisados estão indicadas na Tabela 3. Neste estudo, destacaram-se em negrito as cargas fatoriais com valores absolutos a partir de 0,60, sinalizando as variáveis mais fortemente associadas a um dado fator. Em relação às communalidades, verifica-se que todas as variáveis possuem sua variabilidade captada e representada pelos quatro fatores considerados.

Tabela 2 – Autovalores da matriz de correlações simples (184 x 13) para os municípios cearenses.

Fatores	Autovalor	Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulada (%)
1	2,794	21,490	21,490
2	2,637	20,283	41,773
3	2,359	18,143	59,916
4	1,428	10,984	70,900

Fonte: Elaborado pelos autores com base no Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2013).

A partir dos resultados apresentados na Tabela 3, constata-se que as variáveis V1, V3, V4 e V5, que representam, respectivamente, a participação relativa do valor das despesas com adubação, com medicamentos veterinários, com combustível e com energia elétrica em termos da área agricultável apresentaram correlação positiva e elevada com o fator F1. Desta forma, todas as variáveis associadas com as despesas, excetuando as despesas com agrotóxicos, estão fortemente relacionadas a esse fator, sendo, portanto, indicado pelas despesas totais agrícolas. Esse fator é capaz de explicar a maior parte da variabilidade dos dados, ou seja, 21,49% da variância total dos dados podem ser atribuídas às despesas totais agrícolas.

Tabela 3 – Cargas fatoriais após rotação ortogonal e comunalidades.

Variáveis	Cargas Fatoriais				Comunalidades
	F1	F2	F3	F4	
V1	0,717	-0,029	0,465	0,040	0,732
V2	0,251	0,053	0,649	0,062	0,491
V3	0,644	-0,073	0,358	0,045	0,550
V4	0,917	-0,066	-0,088	-0,127	0,869
V5	0,950	-0,050	0,122	-0,050	0,922
V6	-0,036	0,971	0,145	0,003	0,966
V7	-0,072	0,842	-0,058	0,126	0,733
V8	-0,057	0,882	0,143	-0,061	0,806
V9	-0,015	0,078	0,600	-0,183	0,400
V10	0,137	-0,058	0,692	0,300	0,591
V11	0,150	0,139	0,804	-0,137	0,708
V12	-0,025	-0,138	0,079	0,838	0,729
V13	-0,093	0,377	-0,177	0,733	0,719

Fonte: Elaborado pelos autores com base no Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2013).

O fator F2 está fortemente associado, de forma positiva, às variáveis V6, que corresponde à participação relativa de estabelecimentos que usam agrotóxicos em termos do número total de estabelecimentos agropecuários; e V7 e V8, que indicam,

respectivamente, a participação de estabelecimentos que deixam as embalagens de agrotóxicos no campo e que queimam ou enterram as embalagens de agrotóxicos em relação ao número total de estabelecimentos agropecuários. Assim, esse fator representa a utilização de agrotóxicos e o destino de suas embalagens, sendo responsável por 20,28% da variância total dos dados.

O terceiro fator F3 apresenta correlação positiva e elevada com as variáveis V2, que se refere ao valor das despesas com agrotóxicos em relação à área agricultável; V9 e V10, que indicam, respectivamente, a participação relativa entre os estabelecimentos com uso de adubos e que aplicam corretivos em termos do número total de estabelecimentos; e V11, que corresponde à relação entre o número de tratores e a área agricultável. Em suma, esse fator pode ser sintetizado como as tecnologias que buscam aumentar a produção agrícola.

Por sua vez, o quarto fator (F4) compõe a dimensão que representa a falta de preservação dos recursos hídricos, traduzido pelas variáveis V12 (número de estabelecimentos com nascentes não protegidas por matas/número total de estabelecimentos) e V13 (número de estabelecimentos com rios ou riachos não protegidos por matas/número total de estabelecimentos).

A figura 1 ilustra a distribuição espacial dos índices de desertificação dos municípios cearenses. Conforme se observa, os maiores níveis de desertificação estão concentrados nas mesorregiões do Centro-Sul e Sul cearense.

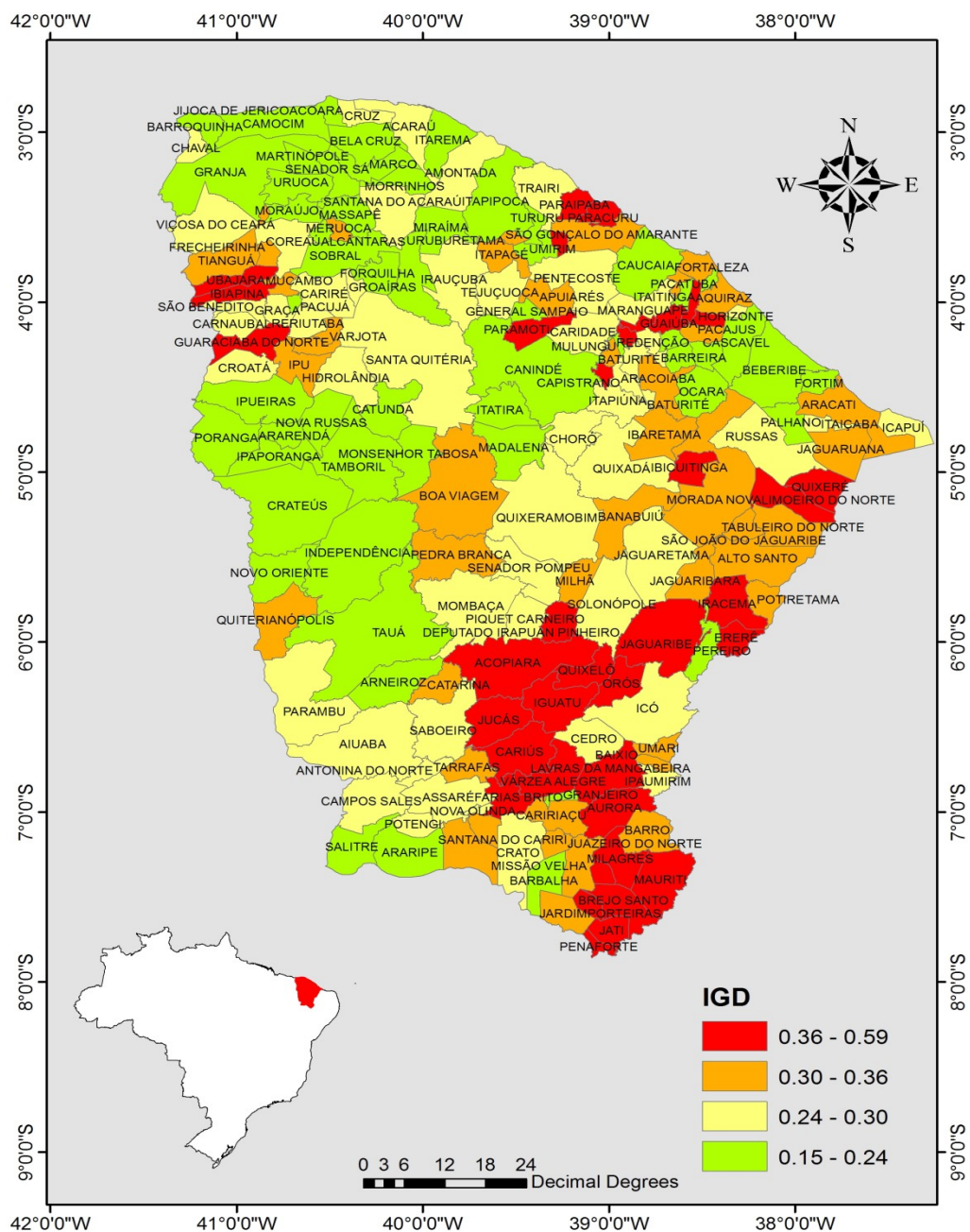


Figura 1 – Índice Geral de Desertificação (IGD) para os municípios do Ceará.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

A tabela 4 mostra os seis melhores e os seis piores municípios quanto ao índice de desertificação e as mesorregiões em que se encontram tais municípios. A partir desses resultados, constata-se que, dentre os seis municípios que se destacaram com melhores resultados, três deles estão localizados no Norte cearense, sendo que o município de General Sampaio apresenta escore fatorial original negativo para todos os

fatores avaliados e Guaramiranga e Chorozinho registraram escores fatoriais originais positivos apenas para o fator 3 referente ao uso de tecnologias capazes de aumentar a produção. Em outros termos, tais municípios apresentaram, dentre outras variáveis, pequenos valores referentes ao número de estabelecimentos com nascentes e com rios ou riachos não protegidas por matas em relação ao número total de estabelecimentos.

Tabela 4 – Municípios cearenses que se destacam com os melhores e os piores resultados do Índice Geral de Desertificação (IGD) e suas mesorregiões onde se localizam.

Municípios com melhores resultados	Mesorregiões	IGD	Municípios com piores resultados	Mesorregiões	IGD
Araripe	Sul	0,1500	Ibiapina	Noroeste	0,4890
Guaramiranga	Norte	0,1535	Quixelô	Centro Sul	0,4944
Chorozinho	Norte	0,1561	Guaraciaba do Norte	Noroeste	0,5041
Granja	Noroeste	0,1584	Quixeré	Jaguaribe	0,5181
General Sampaio	Norte	0,1607	Horizonte	Metropolitana	0,5212
Barroquinha	Noroeste	0,1639	Ubajara	Noroeste	0,5925

Fonte: Elaborado pelos autores com base no Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2013).

Com base nos dados revelados pela Tabela 4, observa-se que a desertificação está dispersa espacialmente nas diferentes mesorregiões. Um exemplo disso é a mesorregião Noroeste cearense, onde, dentre os seis municípios com melhores resultados, dois deles fazem parte dessa mesorregião (Granja e Barroquinha). Entretanto, essa mesorregião também possui três municípios (Ibiapina, Guaraciaba do Norte e Ubajara) dentre os seis com piores indicadores de desertificação, podendo ser atribuída principalmente aos elevados valores das variáveis que estão fortemente associadas ao primeiro fator, que apresentam maior poder de explicação da desertificação no Estado.

Conforme se verifica pela estimação da regressão quantílica, apresentada na tabela 5, somente a variável nível de escolaridade do dirigente do estabelecimento agropecuário consiste em um fator determinante capaz de explicar o nível de desertificação ao longo da distribuição, sendo que quanto maior a escolaridade, maior o nível de desertificação. Este resultado pode está relacionado ao fato que um nível de instrução mais elevado na administração da atividade agropecuária está associado a

propriedades com maiores escalas de produção, requerendo, em sua maioria, a utilização de técnicas agrícolas que contribuem para degradação do meio ambiente.

Além dessa variável, o indicador fisiográfico, fundiário e agrícola também influencia o nível de desertificação nos municípios que se encontram na parte inferior da distribuição, ou seja, no quantil 25, verifica-se que esse indicador apresenta uma relação inversa com o nível de desertificação, sinalizando que quanto maior o desenvolvimento fisiográfico, fundiário e agrícola menor será o nível de desertificação do município, nesta parte da distribuição.

Tabela 5 – Estimativa das variáveis explicativas do nível de desertificação nos municípios cearenses através do modelo de regressão quantílica.

Variáveis explicativas	Quantis		
	0,25	0,50	0,75
Constante	0,1898 (0,000)	0,2165 (0,000)	0,2700 (0,000)
x ₁ (Fisiogfundagric)	-0,0007 (0,010)	0,0001 (0,889)	0,0006 (0,281)
x ₂ (Demogecon)	-0,0005 (0,213)	-0,0017 (0,001)	-0,0024 (0,001)
x ₃ (Empregorenda)	0,2464 (0,045)	0,1230 (0,319)	0,0442 (0,753)
x ₄ (Social)	-0,0006 (0,227)	-0,0000 (0,999)	-0,0001 (0,938)
x ₅ (Escolaridade)	0,0085 (0,000)	0,0132 (0,000)	0,0157 (0,000)

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Nota: Os valores entre parênteses referem-se ao *p-value*.

O indicador de emprego e renda também exerce influência nos municípios que fazem parte deste quantil, sendo que, neste caso, percebe-se uma associação positiva entre essa variável e o nível de desertificação, podendo ser traduzida pelo fato que as variáveis constituintes deste índice se relacionam de forma direta com a desertificação, como é o caso, por exemplo, da malha rodoviária pavimentada pela área do município. Essa evidência é corroborada no estudo desenvolvido por Cruz et al. (2008), que ressaltam que a construção de estradas tem um impacto prejudicial ao meio ambiente, pois afeta a hidrologia da região, a qualidade da água e ocasiona a perda de biodiversidade. Portanto, quanto mais extensa a rede rodoviária do município maior a sua propensão à degradação, gerando um maior nível de desertificação.

Em contrapartida, o indicador desenvolvimento demográfico e econômico exerce papel importante no nível de desertificação dos municípios que estão situados a partir do meio da distribuição, indicando uma relação negativa com o nível de desertificação, enquanto o indicador de desenvolvimento social neste estudo não influenciou o nível de desertificação em nenhum dos quantis analisados.

4. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo elaborar um índice de desertificação capaz de aferir o atual estágio de desertificação dos municípios cearenses e identificar seus principais determinantes socioeconômicos.

Os resultados da análise fatorial apontaram as despesas totais agrícolas (que corresponde à participação relativa do valor das despesas com adubação, com medicamentos veterinários, com combustível e com energia elétrica em termos da área agricultável) e a utilização de agrotóxicos e o destino de suas embalagens (que corresponde à participação relativa de estabelecimentos que usam agrotóxicos em termos do número total de estabelecimentos agropecuários; pela participação de estabelecimentos que deixam as embalagens de agrotóxicos no campo e que queimam ou enterram as embalagens de agrotóxicos em relação ao número total de estabelecimentos agropecuários) como os principais fatores responsáveis pela desertificação nos municípios cearenses, já que esses dois fatores explicaram aproximadamente 42% da variância dos dados considerados.

Outra inferência obtida é que a hierarquização dos municípios com os melhores e os piores resultados do Índice Geral de Desertificação mostra que a mesma se encontra dispersa espacialmente nas diferentes mesorregiões cearenses.

Os resultados encontrados neste trabalho admitem, pelo menos, duas considerações para a redução da desertificação nos municípios cearenses. Primeiro, é necessário verificar se a produção agrícola nos municípios com maior IGD está sendo realizada de maneira eficiente, ou seja, com a aplicação de recursos em quantidades adequadas, e indicar técnicas que possam reduzir as despesas totais agrícolas nos municípios, onde esses recursos são aplicados demasiadamente. Segundo, torna-se evidente a importância da fiscalização quanto ao destino dado pelos agricultores às embalagens de agrotóxicos e, a conscientização desses produtores quanto ao excesso de utilização de produtos que agredem o meio ambiente.

Os resultados do modelo de regressão quantílica indicam que os municípios com menores níveis de desertificação podem ser explicados pelos indicadores de desenvolvimento fisiográfico, fundiário e agrícola; de emprego e renda; e escolaridade, enquanto o indicador demográfico e econômico e a variável escolaridade exercem influência significativa no nível de desertificação dos municípios que apresentaram maiores índices de desertificação.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros, indica-se a ampliação das variáveis que formam o índice geral de desertificação calculado neste trabalho, por meio, por exemplo, da incorporação de variáveis econômicas e sociais, o que levaria a uma visão ainda mais pormenorizada dos principais determinantes da desertificação nos municípios cearenses.

5. REFERÊNCIAS

CRUZ, C. E. B.; LIMA, J. S.; BRITO, A. V. C.; FARIAS, R. M. O.; LIMA, P. V. P. S. Fatores de degradação ambiental nos agropolos do Ceará. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 47, 2008. **Anais...** Rio Branco, AC: SOBER, 2008.

CUNHA, N. R. S.; LIMA, J. E.; GOMES, M. F. M.; BRAGA, M. J. A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Piracicaba, SP, v.46, n.2, p.291-323, 2008.

FERNANDES, E. A.; CUNHA, N. R. S.; SILVA, R. G. Degradação ambiental no estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Rio de Janeiro, v.43, n.1, p.179-198, 2005.

HARDLE, W.; SIMAR, L. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 2th Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. 458p.

HAIR JR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise Multivariada de Dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593p.

HOFFMANN, R. A dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões homogêneas do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília, DF, v. 30, n. 4, p. 271-290, 1992.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 de abril de 2013.

IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) Ceará 2006**. Fortaleza, IPECE, 2008, 106p.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 6th Edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2007. 773p.

KOENKER, R.; BASSET, G. Regression quantiles. **Econometrica**, v. 46, p.33-50, 1978.

LE MOS, J. J. S. Níveis de degradação no Nordeste brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**. Fortaleza, v. 32, n. 3, p. 406-429, 2001.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de Estatística Multivariada – uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 295p.

LIMA, P. V. P. S.; QUEIROZ, F. D. S.; MAYORGA, M. I. O.; CABRAL, N. R. A. J. A Propensão à Degradação Ambiental na Mesorregião de Jaguaribe no Estado do Ceará. In: CARVALHO, E. B. S.; HOLANDA, M. C.; BARBOSA, M. P. (org.) **Economia do Ceará em Debate 2008**. Fortaleza: IPECE, 2009. 211p

NOVAES, W. A questão ambiental deve estar no centro de tudo. **Ecologia e Desenvolvimento**. Ano 12, nº 100, p. 12 - 14, 2002.

PAIS, P. S. M.; SILVA, F. F.; FERREIRA, D. M. Degradação ambiental no estado da Bahia: uma aplicação da análise multivariada. **GEONORDESTE**. Aracaju, v. 23, n. 1, p. 1-21, 2012.

SILVA, R. G.; RIBEIRO, C. G. Análise da degradação ambiental na Amazônia Ocidental: um estudo de caso dos municípios do Acre. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Rio de Janeiro, v.42, n.1, p.91-110, 2004.

SILVA, V. H. M. C.; FEITOSA, D. G.; RIBEIRO, E. C. M. **Resultados do Índice de Desenvolvimento Social (IDS) – 2008**. Fortaleza, IPECE, 2010, 47p.

VIANA, M. O. L.; RODRIGUES, M. I. V. Um índice interdisciplinar de propensão à desertificação (IPD): instrumento de planejamento. **Revista Econômica do Nordeste**. Fortaleza, v. 30, n. 3, p. 264-294, 1999.