

# Avaliação do impacto da desertificação no ambiente e na população do Semiárido brasileiro por meio de uma base de dados geográficos

*Assessment of the impact of desertification impact on the natural environment and the resident population of the Brazilian semiarid region by means of an integrated geographical database*

*Evaluación de impacto de la desertificación en el ambiente y en la población del la región semiárida de Brasil mediante una base de datos geográficos*

Rita Márcia da Silva Pinto Vieira<sup>a</sup>  
Marcelo Francisco Sestini<sup>b</sup>  
Javier Tomasella<sup>c</sup>  
Daniel Andrés Rodríguez<sup>d</sup>  
Alexandre Augusto Barbosa<sup>e</sup>  
Francisco Carneiro Barreto Campello<sup>f</sup>  
Marcos Oliveira Santana<sup>g</sup>  
Jean Pierre Henry Balbaud Ometto<sup>h</sup>  
Giane de Fatima Valles<sup>i</sup>

<sup>a</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.  
End. Eletrônico: rita.marcia@inpe.br

<sup>b</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.  
End. Eletrônico: mfsestinisap@gmail.com

<sup>c</sup>Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil.  
End. Eletrônico: javier.tomasella@cemaden.gov.br

<sup>d</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.  
End. Eletrônico: daniel.andres@inpe.br

<sup>e</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.  
End. Eletrônico: alexandre.barbosa@inpe.br

<sup>f</sup>Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Distrito Federal, Brasil.  
End. Eletrônico: fbarretocampello@gmail.com

<sup>g</sup>Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Distrito Federal, Brasil.  
End. Eletrônico: marcos-oliveira.santana@mma.gov.br

<sup>h</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.  
End. Eletrônico: jean.ometto@inpe.br

<sup>i</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.  
End. Eletrônico: giane.valles@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v7nEsp.2016.18654

Recebido em 02.05.2016

Aceito em 10.10.2016

ARTIGO

## RESUMO

A região Nordeste do Brasil é marcada fortemente pelas desigualdades regionais apresentando altos índices de analfabetismo, baixa renda, migração para os grandes centros urbanos, exclusão social, entre outros. Além da desigualdade cultural e econômica, a região é afetada com a degradação/desertificação da terra exacerbada por fatores antrópicos. O entendimento das mudanças na paisagem e como essas alterações impactam a vulnerabilidade da população é um desafio, pois essas alterações ocorrem em amplas escalas espaciais e temporais. Assim, o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de integrar informações físicas, ambientais e socioeconômicas, em diferentes escalas e resoluções torna-se essencial para a compreensão do processo. Mais importante que o desenvolvimento da ferramenta é saber analisar de forma conjunta as informações geradas. Dessa forma, este trabalho visa descrever a metodologia em desenvolvimento no Sistema de Alerta Precoce contra Seca e Desertificação – SAP, bem como analisar, por meio de cruzamento de informações relacionadas à degradação/desertificação do solo, a vulnerabilidade da população ante a essas alterações. O objetivo é facilitar e agilizar a análise dos tomadores de decisão de maneira a permitir tomadas de decisões em áreas onde ambos os processos estejam ocorrendo de forma mais acelerada.

**Palavras-chave:** Degradação/desertificação da terra. Vulnerabilidade social. Nordeste brasileiro.

## ABSTRACT

*The Northeast Region of Brazil is strongly characterized by regional differences such as high rates of illiteracy, low income levels, migration to urban centers, social exclusion, among others. Besides cultural and economic differences, the region is affected by land degradation and desertification exacerbated by anthropogenic factors. Understanding landscape changes and how they affect the vulnerability of the population poses a scientific challenge, because these changes take place at wider spatial and temporal scales. Therefore, the development of a geographical database that can enable the integration and assimilation of bio-geophysical and socioeconomic information is crucial for understanding those changes. More important than the development of the tool is learning how to perform a joint analysis of the information generated. This paper describes the development of a methodology that generates an early drought and desertification warning system and analyzes the population's vulnerability to those changes, by integrating information related to land degradation. The goal is to enable analyses by decision makers allow the implementation of measures in areas where both processes are happening in a more intense manner.*

**Keywords:** Land degradation/desertification. Social vulnerability. Brazilian northeast.

## RESUMEN

*La región Nordeste de Brasil está fuertemente marcada por las desigualdades regionales que presentan altos índices de analfabetismo, los bajos ingresos, la migración hacia los grandes centros urbanos, la exclusión social, entre otros. Además de la desigualdad cultural y económica, la región se ve afectada por la degradación / desertificación de las tierras exacerbada por factores antropogénicos. La comprensión de los cambios en el paisaje y cómo estas alteraciones afectan a la vulnerabilidad de la población es un reto, debido a que estas alteraciones se producen en amplias escalas espaciales y temporales. Así, el desarrollo de una herramienta que sea capaz de integrar la información física, ambiental y socioeconómica en diferentes escalas y resoluciones es esencial para la comprensión del proceso. Más importante que el desarrollo de la herramienta es saber analizar de forma conjunta las informaciones generadas. De esta forma, este trabajo tiene como objetivo describir la metodología que se encuentra en desarrollo en el Sistema de Alerta Temprana contra la Sequía y la Desertificación – SAP, así como analizar, mediante el cruce de informaciones relacionadas con la degradación / desertificación de los suelos, la vulnerabilidad de la población frente a estas alteraciones. El objetivo es facilitar y agilizar el análisis de los tomadores de decisiones con el fin de permitir la toma de decisiones en las zonas donde se producen más rápidamente ambos procesos.*

**Palabras clave:** Degradación/desertificación de la tierra. Vulnerabilidad social. Nordeste brasileño.

## INTRODUÇÃO

Os ecossistemas de terras secas são frágeis, altamente vulneráveis às alterações climáticas e susceptíveis à desertificação. Essas regiões compreendem 41% da área terrestre do mundo e estão presentes em todos os continentes, colocando em risco mais de 1 bilhão de pessoas que são dependentes dessas terras para a sobrevivência (UNITED NATIONS, 2011; ONU, 1997). Estudos indicam que aproximadamente 10% a 20% dessas regiões estão sofrendo processos de degradação/desertificação (DEICHMANN; EKLUNDH, 1991; REYNOLDS *et al.*, 2007). Além disso, 44% das áreas agrícolas do mundo e cerca de 2 bilhões de pessoas estão localizadas sobre essas terras, e a maioria (90%) corresponde a países em desenvolvimento (D'ODORICO *et al.*, 2014).

Nessas regiões de terras secas a degradação do solo ocorre por meio da combinação da exploração humana excessiva e gestão da terra, que vai além das capacidades naturais desta, afetando o solo, os recursos hídricos, a vegetação e a qualidade de vida das pessoas que vivem nesses locais.

O processo de degradação ambiental e vulnerabilidade socioeconômica funcionam como um mecanismo de *feedback*, de forma que um processo de origem socioeconômica leva à degradação do solo, a qual, por sua vez, eleva a exposição da população aos efeitos negativos da degradação uma vez que a população pode não ter condições de se adaptar às mudanças ambientais e, conseqüentemente, às novas condições econômicas geradas por essas. Por essa razão, muitas vezes os indicadores utilizados para explicar as mudanças físicas do terreno são os mesmos para entender as alterações socioeconômicas, podendo até ser aplicado o mesmo peso de susceptibilidade/vulnerabilidade em ambos os casos (HANET *et al.* 2009; SALVATI; BAJOCCHO, 2011; SYMEONAKIS *et al.* 2014; MATALLO, 1999; GEIST; LAMBIN, 2004; ADGER *et al.*, 2004; EAKIN; LUERS, 2006; FIGUEIRÊDO *et al.*, 2010; REYNOLDS *et al.*, 2011; KOSMAS *et al.*, 2014).

Por outro lado, a variação de um indicador, por si só, não explica a desertificação, mas se um conjunto de indicadores combinados entre si apresentarem modificações, então pode-se inferir que há uma tendência à degradação/desertificação (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978). O mesmo aplica-se à vulnerabilidade social.

Alguns trabalhos têm focado em desenvolver modelos capazes de analisar a desertificação com base na análise integrada de seus indicadores (KEPNER *et al.*, 2006; SOMMER *et al.*, 2011) sendo o modelo baseado na metodologia do Medalus, denominada Índice de Área Ambientalmente Sensível (do inglês ESAI) um dos mais utilizados atualmente em países da Europa, como Itália, Espanha, Portugal, Grécia, entre outros, por diversos autores (SANTINI *et al.*, 2010; SALVATI *et al.*, 2011; BASSO *et al.*, 2000; BRANDT; GEESON, 2003). A vantagem em se usar esse modelo é que ele pode ser adaptado para diferentes condições climáticas, ambientais e sociais, e em diferentes escalas.

Benabderrahmane e Chenchouni (2010), por exemplo, ao utilizar o Medalus para identificar áreas com sensibilidade à desertificação na parte ocidental da Argélia, constataram que o clima é o fator que mais contribui para o processo de desertificação na região. Segundo os autores, a irregularidade de chuvas, secas constantes, deficiência de umidade do solo e mudanças da qualidade da água causam diminuição na cobertura vegetal e, conseqüentemente, expõem o solo à erosão.

Symeonakis *et al.* (2014) também identificaram áreas ambientalmente sensíveis à desertificação na Ilha de Lesbos (Grécia), por meio do ESAI. Os autores incluíram parâmetros relacionados à erosão do solo, à qualidade das águas subterrâneas, à pressão demográfica e ao pastoreio e constataram que fatores relacionados à atividade antrópica são os que mais contribuem para o processo da desertificação na região.

Como pode ser observado, os fatores que originam a desertificação são múltiplos e complexos,

apresentam inúmeros mecanismos de retroalimentação, sendo necessário definir a influência de cada um deles (SAMPAIO, 2006). Além disso, diversas alterações estão ocorrendo no ambiente terrestre e entender como a população faz uso da terra e como diversas causas influenciam a dinâmica dessa mudança em escalas locais, regionais e globais é fundamental (GLP, 2005).

Dessa forma, visando contribuir com os estudos que estão sendo desenvolvidos, o objetivo deste trabalho é apresentar a base de dados geográfica, que está sendo elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que permite a integração e assimilação de dados físicos, climáticos e socioeconômicos possibilitando a delimitação de áreas mais susceptíveis ao processo de degradação/desertificação e a avaliação da vulnerabilidade social da população ante as mudanças de uso e degradação da terra. Nesse intuito, o sistema denominado Sistema de Alerta Precoce contra Seca e Desertificação (SAP) é uma importante ferramenta para avaliação contínua das áreas sob risco de degradação/desertificação, melhorando a compreensão dos efeitos combinados da seca e desertificação e seus impactos na população.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

A região de estudo localiza-se no Nordeste do Brasil e está situada na faixa próxima à zona equatorial (1-21°S, 32-49°W), totalizando uma área de aproximadamente 1.797.123 km<sup>2</sup>, dos quais 969.589 km<sup>2</sup> abrangem o semiárido.

A climatologia da região inclui três diferentes regimes climáticos: i) Na área sul sudoeste, a estação chuvosa ocorre de outubro a fevereiro e está associada com o deslocamento de frentes frias vindas do sul; ii) No norte da região, a precipitação ocorre de fevereiro a maio e está associada com o movimento em direção ao sul da Zona de Convergência Intertropical (Zcit); iii) Na área estreita que fica perto da costa leste, a estação chuvosa ocorre de abril a agosto, provocada por diferenças de temperatura entre os oceanos e o continente (KOUSKY, 1979; MARENGO, 2008).

A taxa de evaporação na região é muito alta e pode chegar a 1000 mm ano<sup>-1</sup> na região do litoral e até 2000 mm ano<sup>-1</sup> no interior (XAVIER *et al.*, 2016). Devido às altas taxas de evaporação, à curta duração da estação chuvosa e à pouca espessura do solo, a maioria dos rios são temporários (MMA, 2010).

A região apresenta alta diversidade biológica, com predominância de Caatinga e Cerrado, e por tipos de vegetação caracterizada por diversos padrões morfológicos que são determinados pela sua localização geográfica e condições climáticas. Assim, encontra-se no litoral a presença da Mata Atlântica; no meio norte (estados do Maranhão e Piauí) a mata de cocais (babaçu e carnaúba); em todo o sertão existe a presença de manguezal e Caatinga; e, finalmente, no sul do Maranhão e oeste da Bahia existe a presença do Cerrado e restinga (KAYANO; ANDREOLI, 2009).

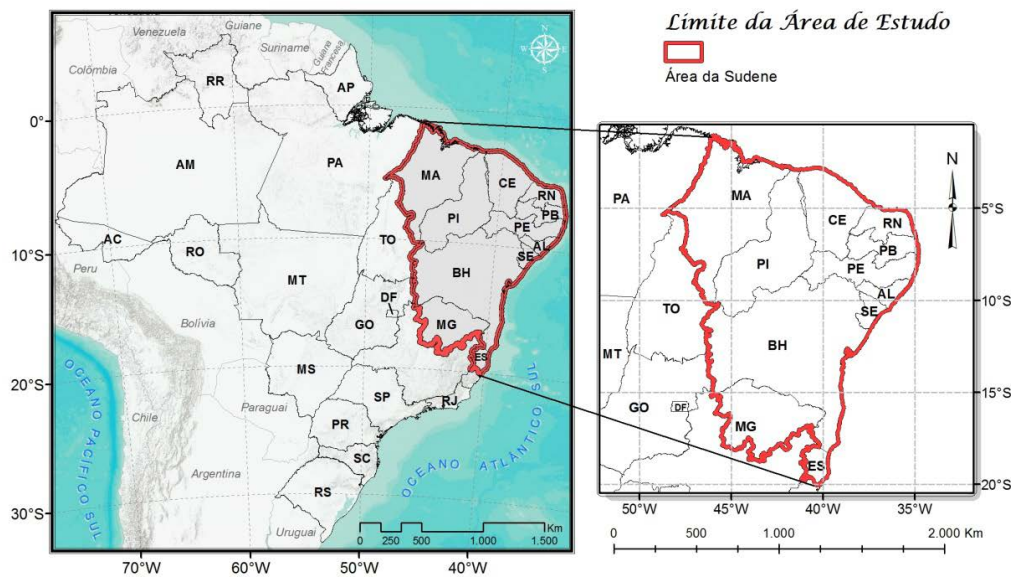


Figura 1 – Delimitação da área de estudo

Fonte: Dados cartográficos, IBGE 2010.

A área, ilustrada na figura acima, foi delimitada pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) que definiu quais municípios seriam considerados como pertencentes ao Polígono das Secas levando em consideração a precipitação pluvial média anual igual ou inferior a 800 mm (GONDIM FILHO, 2004; LINS, 2004; PAES; SANTANA, 2004; SABINO; ALMIRO, 2004; TOMASELLA, 2004).

## SELEÇÃO DOS INDICADORES

A primeira etapa do trabalho foi a seleção dos indicadores para avaliar a degradação/desertificação e a vulnerabilidade social da população em relação ao processo de degradação/desertificação e a vulnerabilidade social.

Os indicadores considerados incluem fatores físicos (índice de aridez), ambientais (pedologia, geologia, geomorfologia, declividade), manejo (uso e cobertura da terra, unidades de conservação, focos de queimada, densidade de bovinos) e socioeconômicos que de alguma forma causam desequilíbrio ambiental e diminuição da qualidade de vida – IDH, densidade de população rural, proporção de pensionistas, índice de envelhecimento, razão de sexo, proporção de população feminina rural, proporção de mulher chefe de família, regime de posse, área de estabelecimentos rurais, produção de madeira, carvão e lenha (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978; FERREIRA *et al.*, 1994; VIANA; RODRIGUES, 1999; LEMOS, 2001; PRATT *et al.* 2004; AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS – comp 2008; GBETIBOUO; RINGLER, 2009; HAHN *et al.* 2009; KOSMAS *et al.* 1999; KOSMAS *et al.*, 2014; ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE, 2002; ADGER *et al.* 2004; BIZIMANA *et al.* 2004; VINCENT, 2004; SULLIVAN, C.; MEIGH, 2005; BARBIERI; CONFALONIERI - coord 2008; LEITÃO JR, 2013). Para análise de indicadores socioeconômicos específicos dos municípios da região, utilizou-se: IBGE (2001; 2009; 2011) e Pnud – Fundação João Pinheiro (2015).

## DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS AMBIENTALMENTE SENSÍVEIS À DEGRADAÇÃO/DESERTIFICAÇÃO

Essa etapa do trabalho foi desenvolvida por Vieira *et al.* (2015) e Vieira (2015) que aplicaram o Índice de Área Ambientalmente Sensível (do inglês ESAI) para determinar as áreas ambientalmente sensíveis à degradação/desertificação no semiárido brasileiro.

Cada indicador foi subdividido em várias classes uniformes, e cada classe recebeu um peso de susceptibilidade, relacionado com a sua influência sobre o processo de degradação/desertificação. Os pesos variaram entre 1 (baixa susceptibilidade) a 2 (alta susceptibilidade), sendo produzidos 11 mapas de susceptibilidade (MS).

Os mapas foram agrupados, seguindo a metodologia de Kosmas *et al.* (1999), em quatro índices de qualidade:

- Índice de Qualidade Físico do Terreno – IQFT: composto pelos indicadores relacionados à pedologia, geologia, geomorfologia e declividade.

$$1) IQFT = [I_s * I_g * I_{gm} * I_d]^{1/4}$$

em que  $I_s$  é o MS do solo,  $I_g$  é o MS da geologia,  $I_{gm}$  é o MS da geomorfologia e  $I_d$  é o MS referente à declividade.

- Índice de Qualidade Climática – IQC: composto pelo índice de aridez.

$$2) IQC = [IA]$$

em que  $IA$  é o MS do índice de aridez.

- Índice de Qualidade de Manejo – IQM: composto por indicadores relacionados ao manejo como unidades de conservação, densidade de focos de queimada e uso e cobertura da terra.

$$3) IQM = [I_{uc} * I_p + I_{fq} + I_{ucob}]^{1/4}$$

sendo  $I_{uc}$  o MS das unidades de conservação,  $I_p$  o MS da densidade pecuária,  $I_{fq}$  o MS da densidade de fogo e  $I_{ucob}$  o MS do uso e cobertura da terra.

- Índice de Qualidade Social – IQS: composto pelo IDH e densidade de população rural.

$$4) IQS = [IDH + IPOP]^{1/2}$$

em que  $IDH$  é o MS do índice de desenvolvimento humano e  $IPOP$  é o MS de densidade da população rural.

Após determinar os índices de qualidade, foi determinado o índice final das áreas ambientalmente susceptíveis (ESAs), que foi obtido pelo cálculo da média geométrica entre os quatro índices, por meio da equação 5:

$$5) ESAI = [IQFT * IQC * IQM * IQS]^{1/4}$$

## DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE DA POPULAÇÃO À DEGRADAÇÃO (IVPD)

As categorias relacionadas à vulnerabilidade da população podem ser expressas nas dimensões exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa. Para este estudo, baseado na literatura (CONFALONIERI, 2001; SULLIVAN, C.; MEIGH, 2005; VILLA; MCLEOD, 2002; CUTTER *et al.*, 2003; ADGER *et al.*, 2004; VINCENT, 2004; BRAGA *et al.*, 2006; EAKIN; LUERS, 2006; HAHN *et al.*, 2009; FIGUEIRÊDO *et al.*, 2010; SOUSA *et al.*, 2010; FREITAS; CUNHA, 2012) tais categorias foram definidas e adaptadas como descrito abaixo:

- Exposição do sistema às pressões ambientais originadas das características biofísicas
  - > **componente físico**
    - subcomponentes susceptibilidade físico-ambiental, como aridez, características geomorfológicas, tipos de solo e rocha, tipo de cobertura vegetal e de uso.
- Sensibilidade do sistema às pressões exercidas, avaliada pelo uso de indicadores que mostram as características relacionadas à composição demográfica e sua influência na sustentabilidade
  - > **componente estrutura demográfica para sexo**
    - subcomponentes estrutura demográfica em relação a sexo (razão de sexo, proporção de mulher rural e de mulher chefe de família);
  - > **componente estrutura demográfica para idoso**
    - subcomponentes estrutura demográfica em relação à idade (índice de envelhecimento, proporção de pensionista);
  - > **componente estrutura demográfica para distribuição e tamanho da população**
    - subcomponentes estrutura demográfica em relação à distribuição e tamanho da população (densidade demográfica, taxa geométrica de crescimento populacional, proporção de população rural).
- Capacidade adaptativa, ou seja, de resposta às mudanças e condições ambientais, avaliada pelas características socioeconômicas, fundiárias e atividades econômicas rurais
  - > **componente IDH**
    - subcomponente IDHM (IDH para município);
  - > **componente estrutura fundiária**
    - subcomponentes regime de posse e área de estabelecimento;
  - > **componente extrativismo e gado**
    - subcomponentes extrativismo (volume de madeira) e densidade de gado.

Após seleção dos indicadores, estes foram posteriormente normalizados de 0 a 1, devido à diversidade de tipos e escalas de dados, por meio da equação 6:

$$6) \text{Index}_{S_d} = \frac{S_d - S_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}}$$

Onde  $S_d$  é o valor de um determinado indicador observado em determinado município de um estado,  $S_{\min}$  e  $S_{\max}$  são respectivamente os valores mínimos e máximos de tal indicador para o conjunto de municípios desse estado, sendo o valor maior representativo de maior vulnerabilidade. Caso um valor maior de um indicador representar o inverso, ou seja, menor situação de vulnerabilidade, então aplica-se:

$$7) 1 - \text{Index}_{S_d}$$

Para os indicadores relacionados a regime de posse e tamanho de área da propriedade, adotou-se o intervalo de 0 a 1 para situação de produtor sem posse da terra a proprietário e tamanho das áreas <2ha a  $\geq 100$ ha, respectivamente.

Após a padronização dos indicadores, o próximo passo foi obter os índices de cada componente por meio da Fórmula 8:

$$8) M_d = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Index}_{S_{di}}}{n}$$

Onde  $M_d$  refere-se a determinado componente de um município  $d$ ,  $Index_{s_{di}}$  é um subcomponente com valor normalizado (padronizado) e  $n$  é o número de subcomponentes que formam o componente  $M_d$ .

Finalmente, após calcular os subíndices, o IVPD final é obtido a partir da média de valores de cada componente ( $M_{di}$ ), associados aos pesos ( $W_{mi}$ ) de cada subcomponente (Fórmula 9), ressaltando que foi considerado, neste estudo, que cada um desses tem o mesmo peso (ou seja, 1).

$$9) \text{ IVPD} = \frac{\sum_{i=1}^n w_{m_i} M_{di}}{\sum_{i=1}^n w_{m_i}}$$

## ANÁLISE DE RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES

Primeiramente serão apresentados os resultados obtidos referentes ao mapeamento das áreas susceptíveis à degradação/desertificação.

A Figura 2 ilustra a delimitação das áreas de susceptibilidade mapeadas em 2000 (A) e 2010 (B) bem como o mapa de diferença dessas áreas entre o período analisado (C).

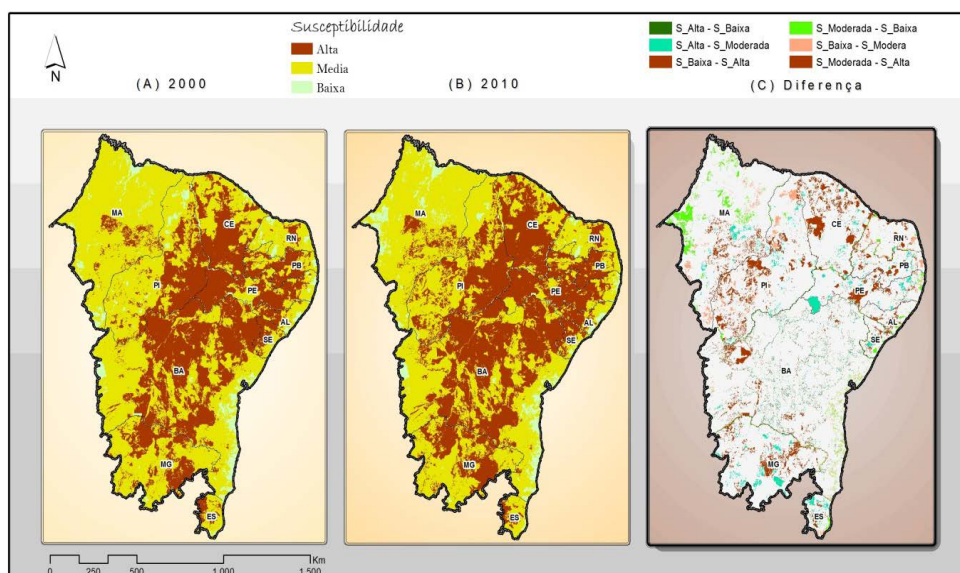


Figura 2 – Áreas ambientalmente susceptíveis à degradação/desertificação.

Fonte: Vieira *et al.*, 2015 e Vieira, 2015.

Analisando a Figura 2 é possível constatar que o modelo desenvolvido por Vieira *et al.* 2015 e Vieira, 2015, respondeu bem aos cruzamentos gerados, uma vez que áreas altamente degradadas, como é o caso dos núcleos de desertificação de Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Cabrobó (PE) e Seridó (RN), estão inseridas dentro do polígono classificado com alta susceptibilidade. O Vale do Jequitinhonha, localizado no estado de Minas Gerais, também está sobre a classe de alta susceptibilidade, o que já era esperado, uma vez que a região apresenta, além de restrições hídricas e secas severas, acelerados processos de degradação do solo ocasionados principalmente pelo desmatamento. Segundo dados apresentados pela Fundação SOS Mata Atlântica e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, a região é a recordista brasileira em desmatamento por cinco anos consecutivos, entre o período de 2000 a 2013.

Outro fator que traz confiabilidade ao modelo se refere à validação de seus resultados, realizada pelo método proposto por Van Genderen *et al.* (1978). Seguindo a metodologia de validação, os autores



selecionaram 110 pontos amostrais sobre a classe de alta susceptibilidade que posteriormente foram conferidos sobre imagens de alta resolução do Google Earth. Os resultados do teste indicaram uma precisão de 85% para a classe referente a alta susceptibilidade uma vez que a maioria dos pontos se encontra sobre áreas de solo exposto, afloramentos rochosos e áreas de vegetação herbácea degradada. Uma descrição detalhada sobre a validação do mapa também pode ser encontrada em Vieira *et al.*, 2015 e Vieira 2015.

A Tabela 1 apresenta o cálculo de área da classe de alta susceptibilidade bem como das demais classes (moderada e baixa) mapeadas no presente trabalho.

Tabela 1 – Cálculo de área – Áreas de susceptibilidade

<b>Classes</b>	<b>Área 2000 (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área 2010 (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área 2000 (%)</b>	<b>Área 2010 (%)</b>	<b>Diferença (%)</b>
<b>Baixa</b>	98.267	103.813	5.5	5.8	0.3
<b>Moderada</b>	1.064.985	977.430	59.4	54.5	-4.9
<b>Alta</b>	629.103	711.235	35.1	39.6	4.6

Fonte: Vieira *et al.*, 2015 e Vieira, 2015.

Dos índices de qualidade gerados, o de manejo foi o que mais contribuiu para o aumento da alta susceptibilidade na região de estudo sendo o aumento dessa classe de aproximadamente 3% entre 2000 e 2010 (Tabela 2).

Tabela 2 – Porcentagem de susceptibilidade dos índices de susceptibilidade

<b>Índice</b>	<b>Classe de susceptibilidade</b>	<b>2000 (%)</b>	<b>2010 (%)</b>
Índice de qualidade físico do terreno (IQFT)	Baixo	24.5	24.5
	Moderado	52.7	52.7
	Alto	22.9	22.9
Índice de qualidade de manejo (IQM)	Baixo	1.0	0.8
	Moderado	11.6	8.9
	Alto	87.4	90.3
Índice de qualidade climático (CQI)	Baixo	19.5	19.5
	Moderado	38.2	38.2
	Alto	42.3	42.3
Índice de qualidade social (SQI)	Baixo	42.4	48.1
	Moderado	34.8	32.9
	Alto	22.8	19.0

Fonte: Vieira *et al.*, 2015 e Vieira, 2015.

Analisando separadamente as variáveis inseridas para compor os índices pode-se constatar pela análise dos mapas de uso e cobertura da terra referente ao ano de 2000 e 2010 (um dos indicadores utilizados para compor o IQM) que a vegetação nativa está sendo substituída por pastagem e agricultura. Os mesmos resultados foram encontrados por Vieira *et al.* (2013), que constataram que a vegetação típica do semiárido do Brasil, conhecida como Caatinga, está sendo substituída por atividades agrícolas e de pastagem. Cerca de 40% da Caatinga já foi convertida para esses usos, e a área restante está sendo transformada em uma taxa de 0,3% por ano conforme apresentado em Ibama/MMA (2010).

O agronegócio tornou-se um dos segmentos mais dinâmicos da região Nordeste, com destaque para a produção de frutas, como mamão, melão, entre outras. Segundo projeções realizadas pela FAO, o aumento de terras aráveis em países em desenvolvimento deve aumentar ainda mais, chegando a uma expansão de 41 milhões de hectares (20%) para a América Latina em 2030. Essa expansão deverá ocorrer pela conversão de florestas e bosques ou de áreas frágeis da zona do semiárido para áreas de cultivo (FAO, 2001).

Foi possível constatar também um aumento no número de focos de queimadas tendo sido contabilizados 26.181 focos em 2000 e 73.429 focos em 2010. Segundo informações coletadas do Projeto de Monitoramento de Queimadas e Incêndios do Inpe, os estados que apresentam maior incidência de queimadas foram Maranhão (37.879), seguido do Piauí (22.220). Sergipe foi o estado que apresentou menor número de focos (161) sendo 18 em 2000 e 143 em 2010.

A prática de queimadas na região de estudo é muito comum sendo rotineiramente utilizada para limpeza de áreas afetadas por espécies invasoras, pragas, doenças e renovação do pasto (MIRANDA, 2010).

A utilização das pastagens logo após as queimadas é uma das principais causas de degradação, devido ao fato de haver inserção de animais no pasto no início de sua recuperação, impedindo que este rebrote. Tal prática acaba intensificando a erosão do solo, devido à falta de cobertura de vegetação (ARIAS, 1963).

Do ponto de vista climático, as zonas úmidas e subúmidas-úmidas têm baixa susceptibilidade; no entanto, quando questões de manejo associadas com os usos da terra são levadas em consideração, essas áreas tornam-se potencialmente susceptíveis à degradação/desertificação.

O próximo passo foi analisar os resultados obtidos do cruzamento das áreas ambientalmente sensíveis com o mapa gerado pelo IVPD. Ao fazer o cruzamento dessas informações foi observado que há relação entre a dimensão físico-ambiental e socioeconômica, o que é coerente, pois as condições ambientais físicas podem estar associadas às humanas, uma vez que tanto ações antrópicas impactam o meio ambiente, de forma a degradá-lo, quanto as condições desfavoráveis do ambiente físico atuam sobre fatores humanos, afetando a demografia, economia, etc. Como exemplo, pode-se mencionar o município de Gilbués (PI), que faz parte de um dos maiores núcleos de desertificação do Brasil, localizado na região centro-oeste da área de estudo. Essa região apresenta um histórico de uso por mineração, responsável pelo estado de elevada degradação de solos, e pouco ou nenhuma fiscalização de órgãos ambientais. Para essa região o valor do IVPD foi alto (0,397), porém, cabe ressaltar que não foi tão elevado, como se esperava, se comparado com outros municípios. Isso se deve ao fato de que o valor de alguns componentes influenciou muito o valor do índice final, aspecto inerente aos índices obtidos por médias (TIBÚRCIO; CORREA, 2012).

No caso, os valores de vulnerabilidade para a componente relacionada à extração vegetal e gado são baixos (0,085 e 0,171, respectivamente) contribuindo para a queda do índice final. A pecuária atual no município é formada por rebanhos criados em áreas pouco extensas e com reduzido número de cabeças de gado; daí, provavelmente, os baixos valores para esse subíndice, pois podem indicar um menor impacto, uma vez que haveria menor sobrepastoreio nessa condição (CREPANI *et al.*, 2008; SILVA, 2013; PATRÍCIO *et al.*, 2015). A Figura 3 ilustra os valores, escalonados entre  $\approx 0,16$  e  $\approx 0,56$ , do IVPD.

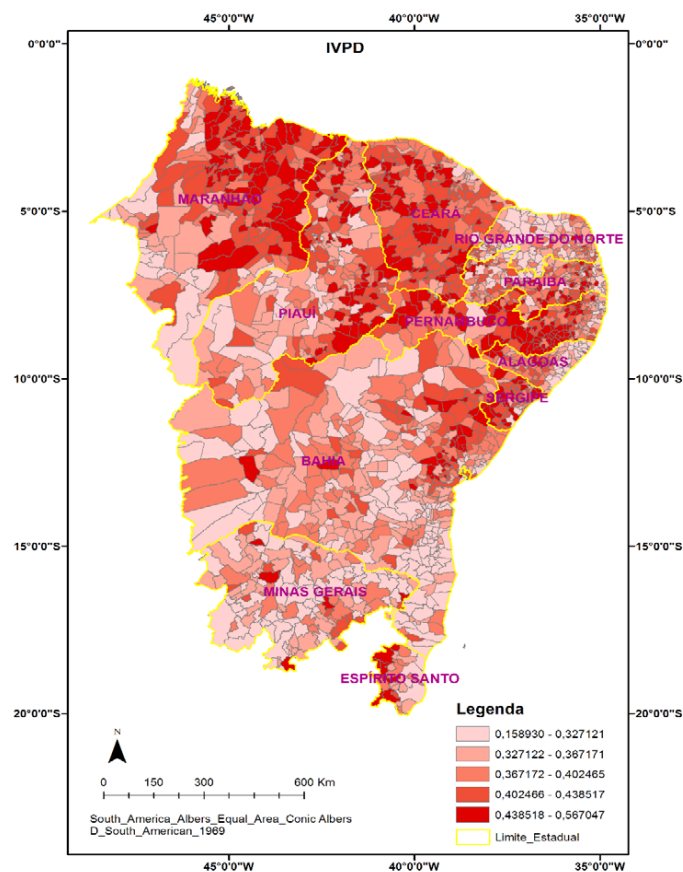


Figura 3 – Mapa do índice da vulnerabilidade da população à degradação.  
Fonte: Elaboração própria

Pode-se notar, analisando a figura acima, valores baixos de IVPD no extremo oeste da região que certamente estão relacionados a fatores econômicos, bem como ao relevo e clima favoráveis da região. Tal porção engloba a área de fronteira agrícola conhecida como Matopiba, um acrônimo formado pelas iniciais dos nomes dos estados que a compõem (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). Essa área se caracteriza por possuir relevos planos sobre os quais se assentam atividades agrícolas baseadas em tecnologias modernas que propiciam elevada produtividade e, a princípio, adotando medidas que propiciam um melhor manejo do solo.

Já nas regiões localizadas ao norte-noroeste da área de estudo, que englobam os estados do Piauí e Maranhão, observa-se um elevado índice de vulnerabilidade que pode estar associado à alta concentração de municípios com maior condição de isolamento e ruralidade – 37% e 34% respectivamente (VALE; SILVA, 2011). No Piauí, por exemplo, muitos municípios têm mais de 50% da população residindo no campo e tiveram redução de mais de 70% na agricultura de sequeiro na última seca.

Foi constatado também que a proporção de mulher em condição de chefe de família é maior na região Nordeste o que contribui para uma maior vulnerabilidade da região, devido ao fato de estar ocorrendo uma maior migração/mortalidade de população masculina (SCOTT, 2007; CAMARANO; ABRAMOVAY, 2014). A maior vulnerabilidade, nesse caso, se explica pelo fato de que a população feminina passa a assumir atividades que têm implicações específicas quando se trata do semiárido, pois muitas famílias rurais não possuem habilidades técnicas nem acesso ao capital necessário para envolverem-se em atividades que possam gerar rendimento e favorecer o uso sustentável. Nesse contexto, a escassa disponibilidade de tempo entre as mulheres é um fator limitante, relacionado à dificuldade na busca de alternativas, já que essas têm que se dedicar a atividades domésticas e sustento mais imediato, além da dificuldade em se obter colocação no mercado e remuneração condizente, devido à discriminação e tratamento diferenciado por conta do modelo cultural da sociedade em que vivem (WESTING, 1995; SCOTT, 2007; HAHN *et al.*, 2009).

O desequilíbrio com relação à faixa etária é outro fator tão crítico quanto o de sexos, pois indica também, maior vulnerabilidade da região. Segundo dados do IBGE (2011), a população está caminhando para um processo de envelhecimento. Isso pode ser constatado pelos níveis de fecundidade, que eram altos até 1980 e caem rapidamente. O grupo de crianças menores que 5 anos em 1991 era de 12,8%, em 2000 caiu para 10,6% chegando a 8,0% em 2010. Já a população de idosos passou da proporção de 5,1% em 1991 para 5,8% em 2000 e, conforme o último censo, aumentou para 7,2% em 2010 (CLOSS; SCHWANKE, 2012).

Apesar do aumento do número de idosos e mulheres e a intersecção dessas duas condições elevar a vulnerabilidade social, isso pode significar, em certas famílias, um “alívio” na pressão exercida sobre essas, uma vez que os ganhos com pensões e aposentadorias tornam-se a base de sustentação dessas famílias. Por outro lado, isso significa que se esses números continuarem a subir muito, haverá uma elevação de gasto público preocupante devido à manutenção de tais benefícios (WONG; CARVALHO, 2006; SCOTT, 2007; CAMARANO; ABRAMOVAY, 2014).

É interessante notar como o estado do Rio Grande do Norte, localizado mais a nordeste da área de estudo, apresenta valores baixos de IVPD. Tal resultado pode ser atribuído à condição mais favorável, devido à produção frutífera, produção de castanha (espécie nativa bem adaptada ao clima semiárido), valores mais elevados de rendimento mensal médio por domicílios, menor índice de pobreza, entre outros (MEDEIROS, 2007; IBGE, 2015).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A grande contribuição deste estudo é a possibilidade de produzir um diagnóstico partindo da análise de uma base integrada contendo os principais indicadores de susceptibilidade ambiental e vulnerabilidade social, em mesma escala e resolução. A metodologia proposta mostrou-se útil tanto para identificar as áreas que são mais susceptíveis à degradação/desertificação quanto para a compreensão da dinâmica das questões relacionadas à vulnerabilidade da população ante a degradação da terra e as mudanças climáticas.

Os resultados indicam que as características físicas das terras secas não implicam necessariamente em alta vulnerabilidade social, pois fatores ligados aos aspectos humanos, econômicos e sociais das comunidades têm um papel importante na melhor distribuição dos recursos e meios de sobrevivência.

É importante salientar a importância deste instrumento para orientar os tomadores de decisão na formulação e implementação das políticas públicas que abrangem a região semiárida brasileira. Essa ferramenta condensa, sistematiza e apresenta, de maneira amigável e intuitiva, um conjunto de dados, informações e indicadores que possibilitam ao usuário final o monitoramento e avaliação espaço-temporal dos processos de desertificação no Brasil.

Finalmente, sugere-se analisar os resultados, tanto no que se refere à susceptibilidade à degradação/desertificação quanto à vulnerabilidade social com mapas de cenários futuros de uso e cobertura da terra e climáticos, integrando esses dados aos modelos e verificando suas tendências. Além disso, seria de grande importância utilizar métodos discriminantes, que permitam avaliar quais variáveis são mais significativas à vulnerabilidade, conforme cada caso, evitando, assim, possíveis favorecimentos de uma variável sobre a outra.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Ministério do Meio Ambiente e ao Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura – IICA o apoio técnico e financeiro para o desenvolvimento do trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ADGER, W. N. *et al.* *New indicators of vulnerability and adaptive capacity*, Norwich: Tyndall Centre for Climate Change Research, v. 122, 2004.
- AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS (comp). *DESIRE Project – WB2 Manual for describing land degradation indicators*. 2008.
- ARIAS, P. J. *Prós e contras da queima dos pastos*. Rev. Bras. Fertilizantes, Inseticidas e Rações, v.12, p. 45-55, 1963.
- BARBIERI, A.; CONFALONIERI, U. E. C. (Coord). *Mudanças climáticas, migrações e saúde: cenários para o Nordeste, 2000 a 2050*. Cedeplar, Fiocruz, 2008.
- BASSO, F. *et al.* *Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy)*. Catena, v. 40, p. 19-35. 2000.
- BENABDERRAHMANE, M. C.; CHENCHOUNI, H. *Assessing environmental sensitivity areas to desertification in eastern Algeria using Mediterranean Desertification and Land Use ‘MEDALUS’ model*. Int. J. of Sustainable Water & Environmental Systems, v. 1, p. 5-10, 2010.
- BIZIMANA, C.; NIEUWOUDT, W. L.; FERRER, S. R. *Farm size, land fragmentation and economic efficiency in southern Rwanda*. Agrekon, v. 43, n. 2, p. 244-262. 2004.
- BRAGA, T. M.; OLIVEIRA, E. L. D.; GIVISIEZ, G. H. N. *Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática*. São Paulo em Perspectiva, v. 20, n. 1, p. 32-43. 2006.
- BRANDT J.; GEESON, N.; IMESON A. *A desertification indicator system for Mediterranean Europe (DIS4ME)*. 2003. Retrieved from: <[http://www.kcl.ac.uk/projects/desert\\_links/downloads/public\\_downloads/](http://www.kcl.ac.uk/projects/desert_links/downloads/public_downloads/)>. Accessed on: 8 oct. 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Monitoramento dos Desmatamentos nos Biomas Brasileiros Biomas por Satélite*. Brasília: Centro de Sensoriamento Remoto – CSR/Ibama. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 ago. 2013.
- CAMARANO, A. A.; ABRAMOVAY, R. *Êxodo rural, envelhecimento e masculinização no Brasil: panorama dos últimos cinquenta anos*. Revista Brasileira de Estudos de População, v. 15, n. 2, p. 45-65. 2014.
- CLOSS, V. E.; SCHWANKE, C. H. A. *A evolução do índice de envelhecimento no Brasil, nas suas regiões e unidades federativas no período de 1970 a 2010*. Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia, v. 15, n. 3, p. 443-58. 2012.
- CONFALONIERI, U. E. C. *Global environmental change and health in Brazil: review of the present situation and proposal for indicators for monitoring these effects*. In: HOGAN, H. J.; TOLMASQUIM, M. T. Human Dimensions of Global Environmental Change: brazilian perspectives. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001.
- CREPANI, E. *et al.* *Banco de Dados Geográficos dos municípios de Gilbués e Monte Alegre do Piauí (PI): municípios pertencentes ao Núcleo de Desertificação de Gilbués*. São José dos Campos: INPE. 2008.
- CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. *Social Vulnerability to Environmental Hazards*. Social Science Quarterly, Oklahoma, v. 84, n. 2, p. 242-261. 2003.
- DEICHMANN, U.; EKLUNDH, L. *Global digital datasets for land degradation studies: a GIS approach*. GRID Case Study Series, v. 4, 1991.
- D’ODORICO, P. *et al.* *Feeding humanity through global food trade*. Earth’s Future, v. 2, p. 458-469, 2014.

EAKIN, H.; LUERS, A. L. *Assessing the vulnerability of socio-environmental systems*. Annual Review of Environment and Resources, v. 31, p. 365-394, 2006.

FAO Agriculture: towards 2015/30. Rome: Food and Agriculture Organization, 2001. Technical Interim Report April 2000. Disponível em: <<http://www.fao.org/es/ESD/at2015/chapter1.pdf>>. [Geo-2-167].

FERREIRA, D. G. et al. *Avaliação do quadro de desertificação no Nordeste do Brasil: diagnósticos e perspectivas*. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE DESERTIFICAÇÃO, 1994, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 1994.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. D. et al. *Análise da vulnerabilidade ambiental*. Documentos 127. 2010. Embrapa.

FREITAS, M. I.; CUNHA, L. *Modelagem de dados socioambientais visando estudos de vulnerabilidade: o caso de 17 conselhos do centro de Portugal*. Revista Geonorte, Edição Especial, v. 1, n. 4. p. 816-829. 2012.

GBETIBOUO, G. A.; RINGLER, C. *Mapping South African farming sector vulnerability to climate change and variability: a subnational assessment*. International Food Policy Research Institute (IFPRI) and Center for Environmental Economics and Policy in Africa (CEEPA). 2009.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. *Dynamic causal patterns of desertification*. Bioscience, 54(9), 2004. 817-829.

GONDIM FILHO, J. *Análise dos Critérios Técnicos para Delimitação do Semiárido*. Brasília: Agência Nacional de Águas – ANA. 2004. 1 CD.

GLP. *Global land project: science plan and implementation strategy*. Stockholm: IGBP Secretariat, 2005. 64p.

HAHN, M. B.; RIEDERER, A. M.; FOSTER, S. O. *The Livelihood Vulnerability Index: a pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change – A case study in Mozambique*. Global Environmental Change, v. 19, n. 1, p. 74-88, 2009.

IBAMA/MMA. *Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélites*. Monitoramento do Bioma Caatinga 2002 a 2008, Centro de Sensoriamento Remoto – CSR/IBAMA. Disponível em: <[http://www.ambiente.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/\\_arquivos/relatrio\\_tcnico\\_caatinga\\_72.pdf](http://www.ambiente.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatrio_tcnico_caatinga_72.pdf)>. 2010. Acesso em: 10 mar. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Sinopse Preliminar do Censo Demográfico 2000*. 2001.

\_\_\_\_\_. *Censo Agropecuário 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da federação*. 2009.

\_\_\_\_\_. *Sinopse do Censo Demográfico 2010*. 2011.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 2015.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. *Tempo e Clima no Brasil*. Editora Oficina de Textos, São Paulo, SP. p. 213-233, 2009.

KEPNER, W. G. et al. (Ed.). *Desertification in the Mediterranean Region: a security issue*. Dordrecht, the Netherlands: Springer, 2006. NATO Security through Science Series-C. Environmental Security.

KOSMAS, C.; KIRKBY, M.; GEESON, N. *The Medalus project Mediterranean desertification and land use: manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification*, Brussels: European Commission, 1999.

KOSMAS, C. et al. *An exploratory analysis of land abandonment drivers in areas prone to desertification*. Catena. v. 128, p. 252-261. 2014.

KOUSKY, V. E. *Frontal influences on northeast Brazil*. Mon. Weather Rev., v. 107, p. 1140-1153, 1979.

- LEITÃO JR., A. M. (Org.). *Pesquisa básica de vulnerabilidade socioeconômica*. Dnit/Ministério dos Transportes. 2013.
- LEMOS, J. J. S. *Níveis de degradação no Nordeste do brasileiro*. Revista Econômica do Nordeste, v. 32, p. 406-429, 2001.
- LINS, C. J. C. *Metodologia para redelimitação da região Semiárida*. Brasília: Ministério da Integração Nacional. 2004. 1 CD.
- MARENGO, J. A. *Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil*. Parcerias Estratégicas. Brasília. v. 27, p. 149-75, 2008.
- MATALLO, H. *A desertificação no mundo e no Brasil*. In: SCHENKEL, C. S.; MATALLO, H. (Org.). *Desertificação*. Unesco, p. 9-25, 1999.
- MEDEIROS, J. L. *Capital Social e Igreja Católica: expressões e práticas no sertão do Seridó – Natal/RN*. Dissertação – UFRN, 2007.
- MIRANDA, H. S. (Org.). *Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: resultados do projeto Fogo*, Brasília-DF, Ibama, 144 p. 2010.
- ONU. *Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África*. Brasília. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 89 p. 1997.
- ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. *Cap 3 – Fichas de qualificação de indicadores*. In: *Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações*. Organizacao Pan-Americana de Saúde. 2002.
- PAES, R. A.; SANTANA, M. *Delimitação do Semiárido e Subúmido Seco, de acordo com a Convenção de Combate à Desertificação – CCD*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos – Codevasf. 2004. 1 CD.
- PATRÍCIO, M. C. M.; SILVA, V. M. A.; RAMOS, A. R. D. *Gilbués – núcleo de desertificação do Piauí, caracterização física, variabilidade climática e impactos ambientais*. Revista Polêmica, v. 11, n. 3. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/3738/2619>>. Acesso em: 03 mar. 2015.
- PNUD, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA); FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. *O IDHM / Metodologia [IDHM Longevidade, IDHM Educação, IDHM Renda]*. Disponível em: <[http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o\\_atlas/metodologia/construcao-das-unidades-de-desenvolvimento-humano](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/metodologia/construcao-das-unidades-de-desenvolvimento-humano)>. Acesso em: 2015.
- PRATT, C. R.; KALLY, U. L.; MITCHELL, J. *Manual: how to use the environmental vulnerability index (EVI)*. SOPAC & UNEP. 2004.
- REYNOLDS, J. F. *et al. Global desertification: building a science for dryland development*, Science, v. 316, p. 847-851. doi:10.1126/science.1131634, 2007.
- REYNOLDS, J. F. *et al. Scientific concepts for an integrated analysis of desertification*. Land Degradation & Development, v. 22, n. 2, p. 166-183, 2011.
- SABINO, S. S.; ALMIRO, C. *Considerações sobre a Delimitação do Semiárido*. Recife: Ministério da Integração Nacional – Adene. 2004. 1 CD.
- SALVATI, L.; BAIJOCO, S. *Land sensitivity to desertification across Italy: past, present, and future*. Applied Geography, v. 31, n. 1, p. 223-231, 2011.
- SALVATI, L. *et al. Towards a process based 30 evaluation of land susceptibility to soil degradation in Italy*, Ecol. Indic., v. 11, p. 1216-1227, 2011.

- SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. *Propensão à desertificação no semiárido brasileiro*. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 8, Recife. Anais... Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, p. 59-76. 2006.
- SANTINI, M. et al. *Multicomponent GIS framework for desertification risk assessment by an integrated index*, *Appl. Geogr.*, v. 30, p. 394-415, 2010.
- SCOTT, R. P. *Ruralidade e mulheres responsáveis por domicílios no Norte e no Nordeste*. *Estudos Feministas*, v. 15, n. 2, p. 425-436, 2007.
- SILVA, I. A. S. *Degradação ambiental em Gilbués – PI: bases conceituais, condicionantes geoambientais e impactos na paisagem*. *Revista Equador*, v. 2, n. 1, p. 14-29, 2013.
- SOMMER, S. et al. *Application of indicator systems for monitoring and assessment of desertification from national to global scales*. *Land Degradation & Development*, v. 22, p. 184-197, 2011.
- SOUSA, R. F.; FERNANDES, M. F.; BARBOSA, M. P. *Vulnerabilidades, semiaridez e desertificação: cenários de riscos no Cariri paraibano*. *OKARA: Geografia em Debate*, v. 2, n. 2, p. 128-206. 2010.
- SULLIVAN, C.; MEIGH, J. *Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: the example of the climate vulnerability index*. *Water science & technology*, 51(5), 2005. 69-78.
- SYMEONAKIS, E. et al. *Monitoring sensitivity to land degradation and desertification with the environmentally sensitive area index: the case of Lesvos island*. *Land Degradation & Development*, v. 22. p. 184-197. 2014.
- TIBÚRCIO, L. H.; CORRÊA, M. D. P. *Análise da vulnerabilidade da microrregião de Itajubá por meio do IVG com vistas à mitigação dos impactos causados pelas mudanças climáticas*. *Ambiente & Sociedade*, v. 15, n. 3, p. 123-139, 2012.
- TOMASELLA, J. *Análise de dois critérios técnicos para a delimitação do semiárido*. Brasília: Inpe/Cptec, Julho de 2004. 1 CD.
- UNITED NATIONS. Environment Management Group. *Global drylands: a UN system-wide response*. Geneve, SW: 2011. 132p.
- VALE, F. F. R.; SILVA, J. L. M. *Rurality in Brazilian Northeast: spatial distribution and cluster identification*. In: Proceedings of the 4th meeting of the Wye city group on statistics on rural development and agriculture household income. 2011.
- VAN GENDEREN, J. L.; LOCK, B. F.; VASS, P. A. *Remote Sensing: Statistical testing of thematic map accuracy*. *Remote Sensing of the Environment*, v. 7, p. 3-14, 1978.
- VASCONCELOS SOBRINHO, J. O. *Metodologia para a identificação de processos de desertificação: manual de indicadores*. Recife, PE: Sudene-DDL, 1978. 20 p.
- VIANA, M.; RODRIGUES, M. *Um índice interdisciplinar de propensão à desertificação (IPD): instrumento de planejamento*. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 30, n. 3, p. 264-294. 1999.
- VIEIRA, R. M. S. P. et al. *Land use and land cover map of a semiarid region of Brazil for meteorological and climatic models*. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 28, p. 129-138, 2013.
- VIEIRA, R. M. S. P. et al. *Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast*. *Solid Earth*, v. 6, p. 347-360, 2015. doi: <10.5194/se-6-347-2015.



VIEIRA, R. M. S. P. *Susceptibilidade à degradação/desertificação no semiárido brasileiro: tendências atuais e cenários decorrentes das mudanças climáticas e do uso da terra*. 2015. 109 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/03.09.04.35-TDI). Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), São José dos Campos, 2015. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3J54785>>. Acesso em: 24 nov. 2015.

VILLA, F.; MCLEOD, H. *Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications*. *Environmental management*, v. 29, n. 3, p. 335-348, 2002.

VINCENT, K. *Creating an index of social vulnerability to climate change for Africa*. Tyndall Center for Climate Change Research. Working Paper, v. 56, n. 41. 2004.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. *Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013)*. *International Journal of Climatology*, [S. l.], v. 36, p. 2644-2659, 2016.

WESTING, A. H. *Socio-political dimensions of desertification-induced population movement*. In: *Desertification and Migrations*. International Symposium on Desertification and Migrations, v. 41-52, 1995.

WONG, L. L. R. & CARVALHO, J. A. *O rápido processo de envelhecimento populacional do Brasil: sérios desafios para as políticas públicas*. *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, V. 23, N. 1, P. 5-26, 2006.