

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E CENÁRIOS DE SUSCEPTIBILIDADE AMBIENTAL À DESERTIFICAÇÃO EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO

Antonio Marcos dos Santos
Doutorando em Geografia – UFPE
geo_fisica@yahoo.com.br

Josiclêda Domiciano Galvíncio
Professora Adjunto III - UFPE
joscleda@hotmail.com

Resumo

Este artigo apresenta o mapeamento da suscetibilidade ambiental ao processo de desertificação em 30 municípios do estado de Pernambuco levando em consideração as características dos sistemas físicos naturais locais e um dos cenários de mudanças climáticas. A partir do cruzamento das cartas de suscetibilidade ambiental a erosão e de suscetibilidade climática a desertificação originou o mapeamento indicado no objetivo. Para isto, as ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto foram de fundamentais importâncias. Os resultados indicam que no cenário atual ocorre o predomínio das áreas com Média e Baixa suscetibilidade ambiental a desertificação e para o cenário projetado para 2050 a classe de Média suscetibilidade passa a dominar a área de estudo seguida da classe de Alta suscetibilidade. Diante do apresentado tornam-se necessárias políticas públicas que possam minimizar os impactos de degradação das terras inseridas nestes municípios, evitando assim, a aceleração do processo de desertificação nestes locais.

Palavras-chave: Clima. Impacto ambiental. Fragilidade ambiental.

CLIMATE CHANGE AND ENVIRONMENTAL SUSCEPTIBILITY TO DESERTIFICATION TOWNS OF THE STATE OF PERNAMBUCO

Abstract

This paper presents the mapping of susceptibility to environmental desertification process in 30 towns of the state of Pernambuco taking into account the characteristics of the local natural and physical systems of the climate change scenarios. From the intersection of the letters of environmental susceptibility to erosion and desertification climate originated susceptibility mapping indicated in objective. For this the GIS tools and remote sensing were of fundamental importance. The results indicate that for the current scenario occurs predominantly in areas with Medium and Low susceptibility to desertification and environmental scenario for 2050 class Average susceptibility begins to dominate the study area followed by the class of High susceptibility. Given the submitted become necessary public policies that can minimize the impacts of land degradation within these towns, thus avoiding the acceleration of desertification in these places.

Keywords: Climate. Impact environmental. Fragility environmental.

Introdução

Entre os inúmeros problemas de ordem socioambiental que permeiam os ambientes de discussões políticas, administrativas e científicas encontra-se a desertificação, a qual pode ser considerada como a degradação das terras localizadas nas zonas árias, semiáridas e subúmidas secas resultantes da interação de diferentes e complexos fatores derivados das atividades humanas e das variações climáticas. Esta definição é oriunda da Convenção das Nações Unidas de Luta Contra a Desertificação (MORALES, 2005; D'ODORICO et al., 2012).

A influência das atividades humanas no processo de desertificação centram-se sobre as práticas agrícolas inadequadas, desmatamentos, mau uso da irrigação, sobrepastejo na criação de animais, queimadas, entre outras (DANFENG, DAWSON, BAOGUO, 2006; SÁ et al., 2010; BEZERRA, et al., 2011). Quanto aos efeitos climáticos sobre a degradação das terras (SÁ et al., 2010) destacam as repetidas e prolongadas secas que ampliam os efeitos das atividades antropogênicas.

Nos últimos anos tem-se atribuído, também, a preocupação do avanço do processo de desertificação as mudanças climáticas. Estima-se que boa parte das terras inseridas em áreas de clima propícios a desertificação tenha seu processo de improdutibilidade acelerado (WANG et al., 2009).

A preocupação do papel do clima no processo de desertificação vem sendo destacada em vários estudos. Na China Wang, Chen e Dong (2006) apontam que apesar da função das forças antrópicas no processo de degradação das terras do semiárido local, a variabilidade do clima nos últimos 50 anos exerceu importante papel no processo de desertificação, abrindo um alerta para os possíveis quadros de mudanças climáticas para os próximos anos.

Outro estudo realizado na China, desta vez por Wang et al. (2009), simulou os efeitos de sete cenários de mudanças climáticas sobre o processo de desertificação na região árida e semiárida do referido país. Os resultados apontaram que em algumas regiões ocorrerá desaceleração no processo de desertificação, enquanto que, na maioria das regiões ocorrerá uma significativa aceleração.

No Irã, país que possui regiões vulneráveis a desertificação devido às extensas áreas sobre climas secos, Amiraslani e Dragovich (2011) apontam que além da pressão populacional sobre os recursos ambientais, deve-se estar atentos à problemática climática, a

qual pode expandir as áreas propícias ao processo de desertificação nos próximos anos acarretando assim, sérios problemas futuros na produção de alimentos e adensamentos das áreas urbanas.

No âmbito nacional Nobre (2011) destaca que as áreas sobre o clima semiárido, as quais têm a predominância do bioma de caatinga, apresenta alta vulnerabilidade climática à desertificação diante dos cenários de mudanças climáticas projetados, constituindo um desafio para o planejamento e a gestão ambiental no Brasil.

Desde os primeiros estudos sobre desertificação com Vasconcelos Sobrinho na década de 1970, o semiárido brasileiro vem sendo campo de ações econômicas e políticas com finalidade de atenuar, combater o processo de desertificação e seus impactos socioambientais sobre a região (NASCIMENTO, 2009). Investimentos que tendem a aumentar diante das projeções climáticas para região.

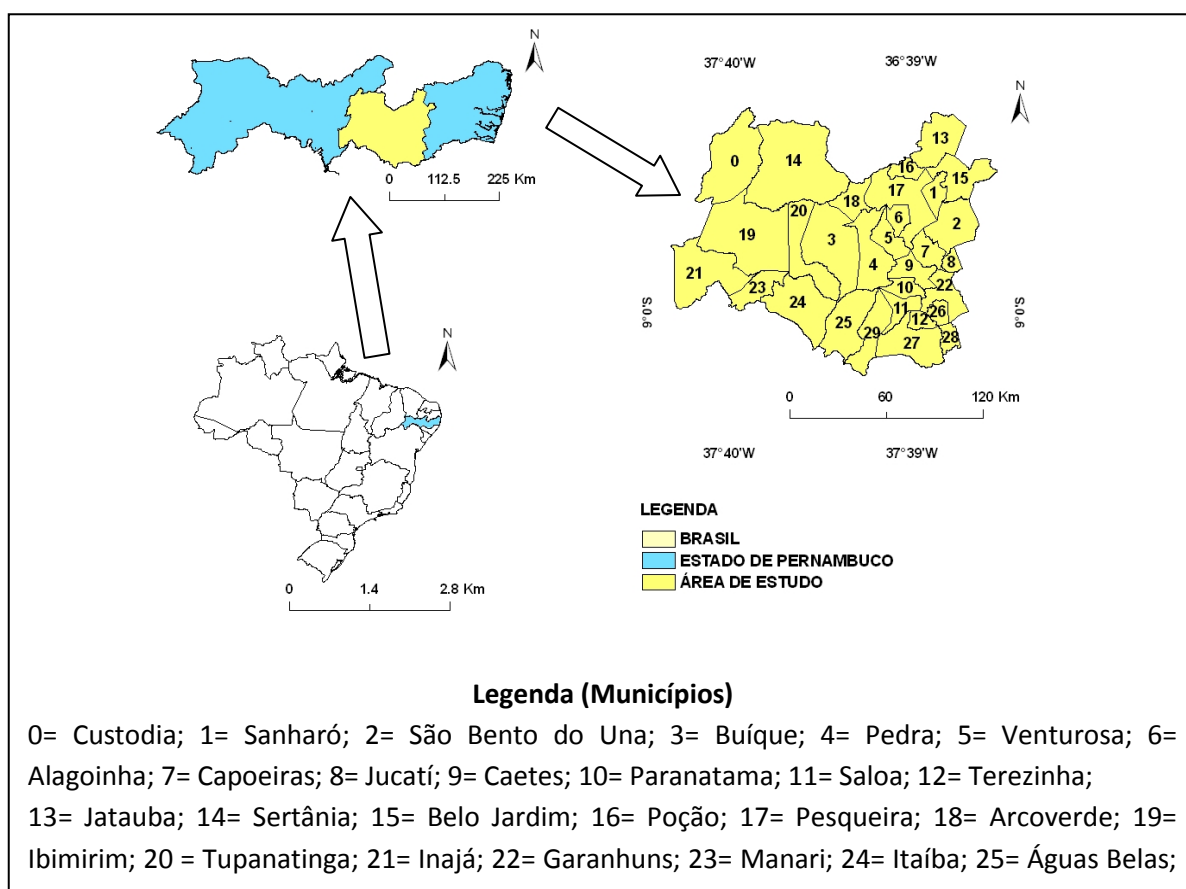
No estado de Pernambuco 135 municípios estão em áreas suscetíveis à desertificação. Territórios que juntos somam um contingente de mais de 2 milhões de habitantes que podem no futuro, tão próximo, estarem envolvidos em processos migratórios para centros urbanos maiores, entre outras implicações socioambientais (PERNAMBUCO, 2011).

Diante do que foi apresentado o presente artigo tem como objetivo mapear a susceptibilidade ambiental ao processo de desertificação em 30 municípios do estado de Pernambuco. Estudo que levou em consideração as características dos sistemas físicos naturais locais e um dos cenários de mudanças.

Material e métodos

A área de estudo é composta por um conjunto de 30 municípios do estado de Pernambuco (Figura 1), os quais compreendem as regiões de desenvolvimento do Agreste Central, Agreste Meridional e Sertão do Moxotó sobre climas subúmido seco, semiárido e pequenas manchas de clima subúmido úmido nas elevadas altitudes.

Figura 1: Localização da área de estudo



Autor: SANTOS; GALVÊNCIO, 2012

Com base nas propostas metodológicas de Crepani et al. (2001; 2008), Amaral e Ross (2004) direcionadas para estudos de fragilidade ambiental e Aquino; Oliveira; Sales (2006) voltada para mapeamento da susceptibilidades a desertificação das terras secas do estado do Piauí foram obtidas cartas de susceptibilidades ambientais a desertificação, produtos que foram gerados através do cruzamento da carta de susceptibilidade a erosão dos solos com as cartas de susceptibilidades climática a desertificação.

O processo de cruzamento das informações, assim como, a obtenção das cartas e a exportação dos dados climáticos de um dos cenários de mudanças climáticas ocorreram com auxílio das ferramentas de geoprocessamento, tendo como suporte o software ARCGIS 9.3 licenciado no Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Pernambuco (SERGEO – UFPE).

A carta de susceptibilidade a erosão dos solos foi obtida através da intersecção dos atributos ambientais: relevo; solo; erosividade do solo e uso da terra.

- **Atributo geomorfológico (relevo):** representado pelas classes de declividade conforme a classificação do relevo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1979) obtida através do processamento da imagem de Radar SRTM disponibilizado por Miranda (2005).
- **Atributo pedológico:** representado pelo grau de fragilidade a erosão das classes de solos conforme Crepani et al. (2001) e Crepani et al. (2008). Os tipos de solos da área de estudo foram obtidos do banco de dados vetoriais do Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (ZAPE).
- **Atributo erosividade:** representa a capacidade da chuva em erodir o solo. Foi obtida utilizando as Equações 1 e 2 trabalhadas por Bertoni e Lombardi e Neto (1999). Os dados pluviométricos utilizados foram disponibilizados pelo Laboratório de Meteorologia do Estado de Pernambuco (LAMEPE) coletados nos últimos trinta anos em 20 estações pluviométricas da região de estudo.

$$EI = 67,355\left(\frac{r^2}{P}\right)^{0,85} \quad (1)$$

Em que: EI é a média mensal do índice de erosão, em MJ/ha.mm; r representa a precipitação média mensal, em mm e P a precipitação média anual, em mm.

Os índices de erosão mensal (EI) foram somados para obtenção do índice de erosividade (R), em MJmm/ha.ano, conforme a Equação 2.

$$R = \sum EI \quad (2)$$

- **Atributo uso da terra:** representa o padrão de cobertura da terra e a contribuição do mesmo na proteção do solo contra processos erosivos. O produto foi extraído da imagem orbital obtida do dia 28 de setembro de 2010 pelo sensor ETM acoplado ao satélite Landsat, órbita 215, zona 66. Os mecanismos empregados no auxílio do mapeamento foram: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) (Equação 3); Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI) (Equação 4) e coleta de dados em campo. Com base nos mecanismos auxiliares realizou-se a classificação supervisionada da imagem orbital utilizada. Todo processamento foi realizado com auxílios dos softwares ERDAS 9.3 e ARCGIS 9.3 licenciados no SERGEO – UFPE.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (3)$$

Em que: *NIR* representa a refletância no infravermelho próximo (banda 4 do sensor ETM do satélite Landsat); *R* representa a refletância no vermelho próximo (banda 3 do sensor ETM do satélite Landsat).

$$NDWI = \frac{G - NIR}{G + NIR} \quad (4)$$

Em que: *G* é a refletância no infravermelho médio (banda 5 do sensor ETM do satélite Landsat).

A Equação 5 foi à base do cruzamento dos atributos que deu origem a carta de susceptibilidade a erosão do solo. Cada atributo foi subdividido em classes, as quais receberam notas levando em consideração o grau de fragilidade dos mesmos a erosão (Quadro 1).

$$SEs = \frac{G + P + E + UT}{4} \quad (5)$$

Em que; *SEs* é a susceptibilidade a erosão do solo; *G* é a susceptibilidade para o atributo geomorfologia; *P* é a susceptibilidade para o atributo pedologia; *E* é a susceptibilidade para o atributo erosividade e *UT* é a susceptibilidade para o atributo uso da terra.

As cartas de susceptibilidade climática a desertificação foram baseadas no índice de aridez (Equação 6). A segmentação das classes com base nas zonas climáticas pode ser visualizada no Quadro 1.

$$IA = 100 \left(\frac{P}{ETo} \right) \quad (6)$$

Em que: *IA* é o índice de aridez; *P* é a precipitação média anual e *ETo* representa a evapotranspiração potencial obtida através do Modelo de Balanço Hídrico Sequencial de Thornthwaite e Mather disponível em planilha xls por Rolin e Sentelhas (1998). Os dados pluviométricos e de temperatura média do ar na escala mensal foram disponibilizados pelo

LAMEPE para parte das estações meteorológicas utilizadas na obtenção do potencial erosivo das chuvas pontuado anteriormente.

Além do cenário de susceptibilidade ambiental a desertificação atual, foi projetado um panorama de susceptibilidade para o ano de 2050 com base no cenário otimista B2 de mudanças climáticas. Os dados climatológicos utilizados na confecção deste cenário foram oriundos do modelo climático regional *Providing Regional Climates for Impact Studies* (PRECIS) disponibilizado pela EMBRAPA.

Cenário atual

A Figura 2A apresenta o atributo relevo representada pela declividade da área de estudo. Observa-se que há o predomínio do relevo classificado pela Embrapa (1979) como Plano e Suave Ondulado, classes que apresentam Muito baixa e Baixa susceptibilidade a erosão, respectivamente. A classe de declividade com valores variando entre 8 a 20% (relevo Moderadamente ondulado a Ondulado com Média susceptibilidade a erosão) é visível em maior concentração a sudoeste da área de estudo.

As classes de declividades com valores entre 20 a 45% (relevo Fortemente ondulado com Alta susceptibilidade a erosão) estão concentradas, em sua maior parte, nas bordas do Planalto da Borborema formando um arco, o qual tem no centro o que Jatobá (2008) classifica como Depressão do Ipanema (Depressão Sertaneja). Esta última possui declividade predominantemente inferior a 20%. Ocorrem, também, concentrações do relevo Fortemente ondulado a nordeste e em pequenas manchas presentes em variados locais da área de estudo. As declividades com valores entre 45 a 54% (relevo Montanhoso com Muito alta susceptibilidade a erosão) apresentam manchas que ocupam menos de 4% da área de estudo sempre acompanhando o relevo Fortemente ondulado.

Na Figura 2B estão representados os potenciais de erosividade da precipitação pluviométrica. Mais de 50% da área analisada recebe chuvas com potencial anual variando entre 3584,1 a 4586 MJmm/ha.ano (Baixa suscetibilidade a erosão), enquanto que, o restante da região recebe chuvas com potenciais inferiores, variando entre 2.612 a 3.584 MJmm/ha.ano (Muito Baixa suscetibilidade ambiental). Nota-se que só foi mapeado duas classes de suscetibilidade, fator justificado pelos baixos índices pluviométricos nas regiões sobre predominância dos climas, semiárido a oeste e subúmido seco a leste.

Mudanças climáticas e cenários de susceptibilidade ambiental à desertificação em municípios do estado de Pernambuco

Antonio Marcos dos Santos; Josiclênia Dominiano Galvêncio

Quadro 1: Classes e notas para os atributos ambientais e susceptibilidades

Classes de susceptibilidade	Notas	Atributos ambientais							Susceptibilidade: ambiental a erosão do solo; climática a desertificação; ambiental a desertificação
		Geomorfológico		Pedológico	Erosividade (MJ/ha.mm)	Uso da terra	Índice de aridez		Intervalos de valores obtidos nos cruzamento dos dados
		Declividade (%)	Relevo	Classes de solos			Intervalos	Zonas climáticas	
Muito baixa	1	>3	Plano	Latossolo Amarelo	2.612 – 3.584	-	1 - 0,66	Subúmido úmido	0,1 – 1
Baixa	2	3 – 8	Suave ondulado	Argissolos (Vermelho-Amarelo e Amarelo)	3.584,1 – 4.556	Predomínio da Caatinga arbórea (vegetação densa)	0,65 - 0,50	Subúmido seco	1,2 – 2
Média	3	8 – 20%	Moderadamente ondulado a Ondulado	Planossolos e Luvisolos	-	Predomínio da Caatinga arbustiva (vegetação esparsa)	0,51 – 0,21	Semiárido	2,1 – 3
Alta	4	20 – 45	Fortemente ondulado	Cambissolos	-	Agricultura irrigada	-	-	3,1 – 4
Muito Alta	5	45 – 54	Montanhoso	Neossolos (Regolíticos, Flúvicos, Quartizarênicos e Litólicos); Gleissolos; Vertissolos	-	Predomínio da Agropecuária e solo exposto	-	-	4,1 - 5

Autor: SANTOS; GALVÊNCIO, 2012

O atributo pedológico é apresentado na Figura 2C. Analisando-a percebe-se predomínio dos Neossolos em 47% da área de estudo. A EMBRAPA (2006) destaca que estes tipos de solos são mal desenvolvidos, os quais não apresentam alterações significativas do material de origem devido a reduzida atuação dos processos pedogenéticos. As maiores manchas são representadas pelos Neossolos Litólicos ocupando 17% da região apresentando profundidade inferior a 0,50m, bastante pedregoso e contato direto com a rocha de origem. Os Neossolos Regolíticos ocupam uma área de 15%. São solos que possui uma textura arenosa a média com baixo teor de matéria orgânica e profundidade variando entre de 0,50 a 3m.

Os Neossolos Quartizarênicos ocupam 14,5% da área de estudo e segundo Silva; Silva; Barros (2008) são solos arenosos com mais de 70% de areia constituído essencialmente por grãos de quartzo, drenagem excessiva e profundos. Há ocorrência dos Neossolos Flúvicos presente em 1,1%, os quais são constituídos por sedimentos fluviais. Diante do apontado, os Neossolos apresentam susceptibilidade Muito Alta à erosão.

Os Planossolos ocupam 31,2% da área de estudo (Figura 2C). Silva; Silva; Barros (2008) destacam que estes solos são rasos a pouco profundos, com profundidade variando entre 0,40 a 1m. Apresenta horizonte B subsuperficial muito duro resistente à penetração da água sendo enquadrado como de Média susceptibilidade a erosão.

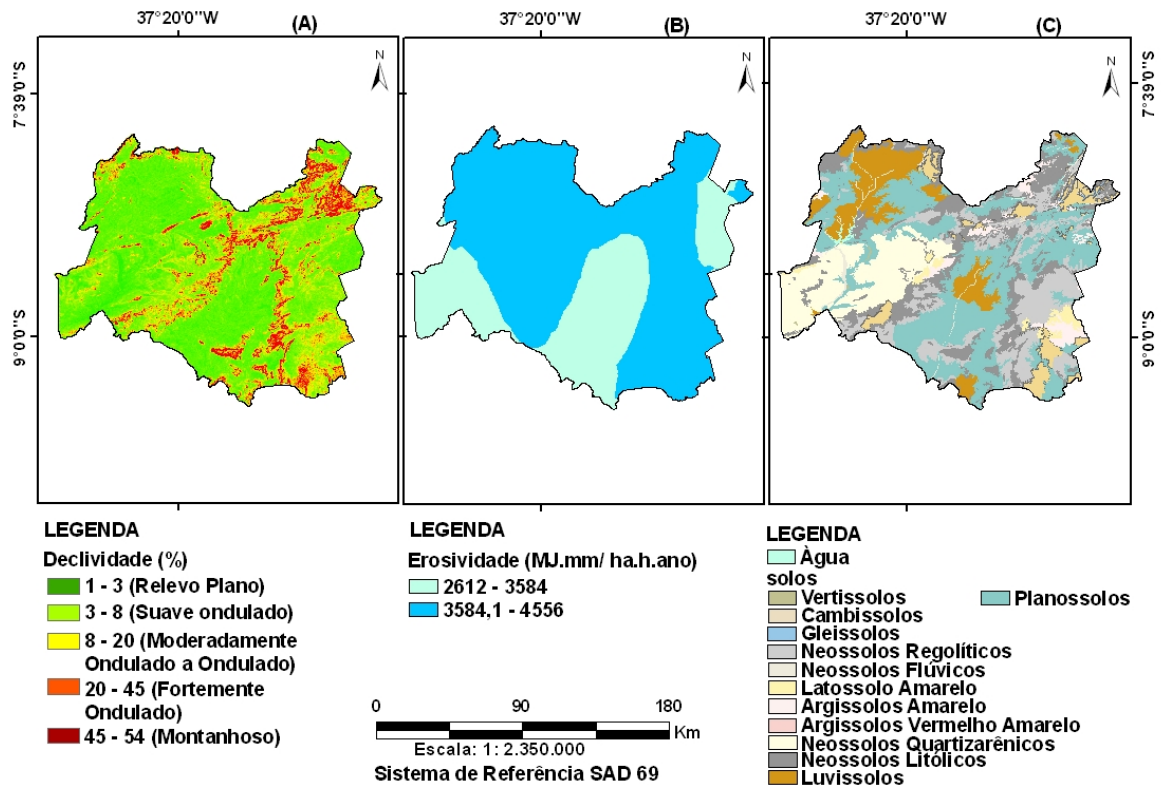
Os Luvisolos ocupam 10% da região de estudo (Figura 2C). As maiores manchas estão concentradas a noroeste da região. São solos, segundo a EMBRAPA (2006), rasos com pedregosidade, pouca profundidade, podendo variar entre 0,30 a 0,80m. Apresenta susceptibilidade Muito alta a erosão.

Os Argissolos ocupam uma área de 8,8% (Figura 2C). A Embrapa (2006) destaca que grande parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento na quantidade de argila do horizonte superficial ao horizonte B. Silva; Silva; Barros (2008) enfocam que no agreste (clima subúmido seco) e no sertão (clima semiárido) os Argissolos podem ocorrer com pouca profundidade e presença de pedregosidade, porém, não é uma regra geral. Na região de estudo são encontrados os Argissolos Vermelho-Amarelo e Amarelo, os quais foram classificados como de Baixa susceptibilidade a erosão.

Os Latossolos Amarelo ocupam uma área inferior a 2% (Figura 2C). São solos bem desenvolvidos (muito profundos, bem drenados, ausência de pedregosidade devido o alto grau de intemperismo), textura média a muito argilosa e com equilíbrio entre drenagem e retenção de água (SILVA, SILVA, BARROS, 2008; MBRAPA, 2006). Estes solos foram classificados com Muito baixa susceptibilidade a erosão.

Há ocorrência de Gleissolos, Vertissolos e Cambissolos, os quais juntos ocupam uma área de 0,19% (Figura 2C). Devido à extensão ocupada das citadas classes de solos e mediante a escala utilizada no estudo, os mesmos não exerceram influência na confecção da carta de susceptibilidade a erosão.

Figura 2: declividade (A), erosividade (B) e classes de solos (C) da área de estudo



Autor: SANTOS; GALVÂNCIO, 2012

O uso da terra é apresentado na Figura 3C, nela estão representadas cinco classes de uso e ocupação incluindo a água. Nas Figuras 3A e 3B são mostrados o NDVI e o NDWI, respectivamente. Aquino e Oliveira (2012) apontam que o NDVI varia de -1 a +1, sendo que, quanto mais próximo de 1 maior a densidade da cobertura vegetal. Quanto ao NDWI, Gao (1996) e Fensholt; Sandholt (2003) destacam a importância deste índice devido o mesmo apresentar o vigor da vegetação através do conteúdo de água presente em suas folhas, sendo que, quanto maior o índice maior a presença de água na vegetação. Ambos os índices deram subsídios para o mapeamento de uso da terra.

A vegetação densa é representada pelo predomínio da caatinga arbórea. Esta classe de mapeamento é identificada no NDVI com valores que variam de 0,71 a 0,80 e, no NDWI é identificada no intervalo de 0,21 a 0,47 devido a maior presença de água concentrada na

vegetação. Esta classe de ocupação da terra apresenta Baixa susceptibilidade a erosão do solo estando concentrada nas áreas de clima subúmido úmido e subúmido seco.

A vegetação esparsa tem o predomínio da caatinga arbustiva. No NDVI a classe que representa esta estrutura de cobertura da terra apresenta valores entre 0,51 a 0,70. No NDWI os valores variam entre 0,11 a 0,21, intervalo que demonstra a menor quantidade de água concentrada pela vegetação devido a sua espacialização que é menor do que a vegetação densa. Esta classe de uso da terra foi classificada com Média susceptibilidade a erosão do solo.

A agricultura irrigada está concentrada no perímetro irrigado do município de Ibimirim. Pelo NDVI a área mapeada está compreendida no intervalo que varia entre 0,51 a 0,70 e no NDWI o intervalo varia entre -0,21 a 0. A distinção desta classe de uso foi possível através do trabalho de campo. Devido à ciclicidade dos cultivos (plantio, colheita e semeadura), principalmente na produção de hortaliças, associada à presença de água utilizada durante o plantio e o desenvolvimento do mesmo, esta classe de uso apresenta Alta susceptibilidade a erosão.

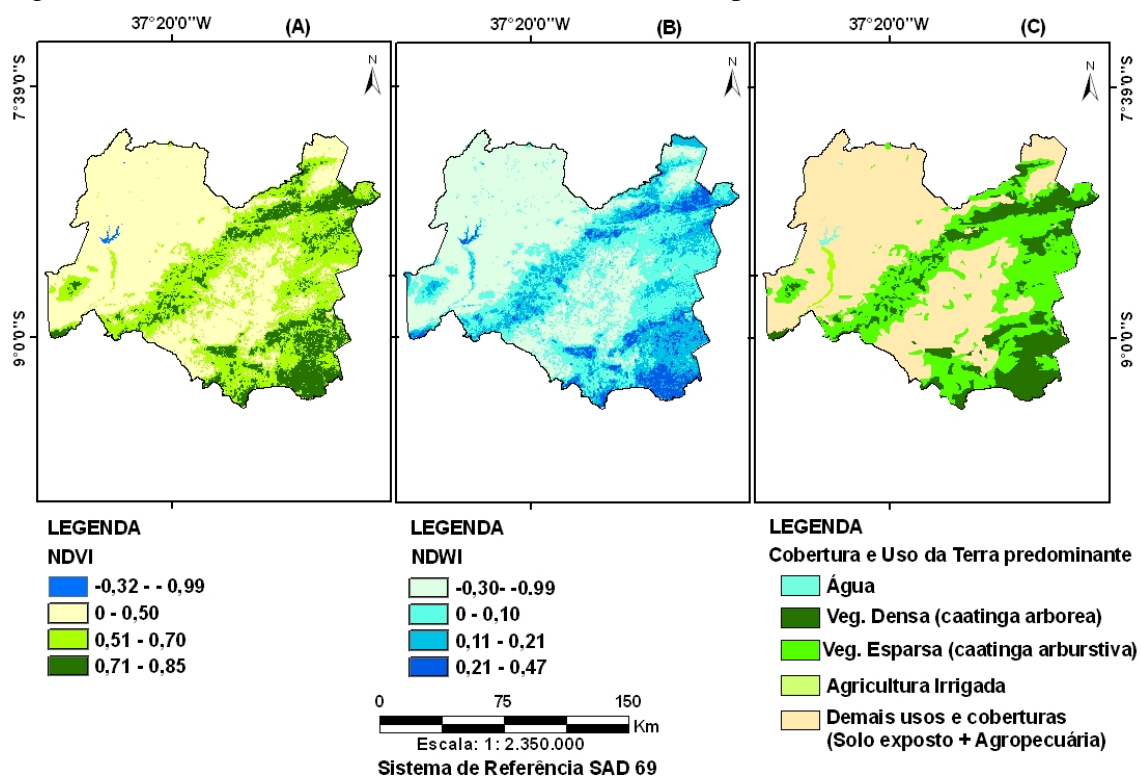
Os demais usos e cobertura compreendem uma mistura entre: caatinga bastante esparsa (concentrada a leste e noroeste da área de estudo sobre clima semiárido); solo exposto; áreas destinadas à agricultura de ciclo curto, cultivada principalmente no período chuvoso ou nas várzeas dos rios; pecuária extensiva de bovino e caprino e outros usos não discriminados. Para referida classe o NDVI apresenta valores que variam entre 0,50 a 0 apresentando pouca refletância da cobertura vegetal. O NDWI apresenta valores para esta classe de uso entre -0,30 a -0,99, indicando baixíssima presença de água nestes locais. A reduzida cobertura vegetal indica para esta classe de uso susceptibilidade Muito alta a erosão.

Os valores negativos apresentados pelo NDVI e os valores superiores a 0,21 apresentados pelo NDWI indicam altas concentrações de água. No primeiro índice os citados valores indicam corpos d'água (reservatórios, lagos e barragens não utilizados nas análises) no segundo, não foi possível distinguir apenas pelo índice os corpos hídricos da vegetação densa, sendo imprescindível o trabalho de campo.

A Figura 4A apresenta a carta de susceptibilidade à erosão do solo resultado do cruzamento dos atributos discutidos anteriormente. As zonas com Baixa susceptibilidade representam menos de 10% da área de estudo. As maiores manchas estão concentradas na porção leste, sudoeste e nordeste, locais sobre influencia da caatinga arbórea, solos e relevo menos propícios a erosão.

As zonas de Alta susceptibilidade a erosão ocupam menos de 10% concentradas em duas linhas direcionadas norte-sul e pequenas manchas a oeste, norte, noroeste e nordeste. Nas linhas centrais a maior influencia centram-se nas declividades acentuadas aliadas a presença dos Neossolos Litólicos, da caatinga arbustiva e solos expostos. As zonas de Média susceptibilidade a erosão representa 83% da área de estudo. As regiões mapeadas com Muito baixa susceptibilidade a erosão não foi considerada neste estudo, visto que, corresponde aos corpos hídricos (açudes), ou seja, erro na modelagem da carta.

Figura 3: NDVI (A), NDWI (B) e cobertura/uso da terra predominante (C) da área de estudo



Autor: SANTOS; GALVÂNCIO, 2012

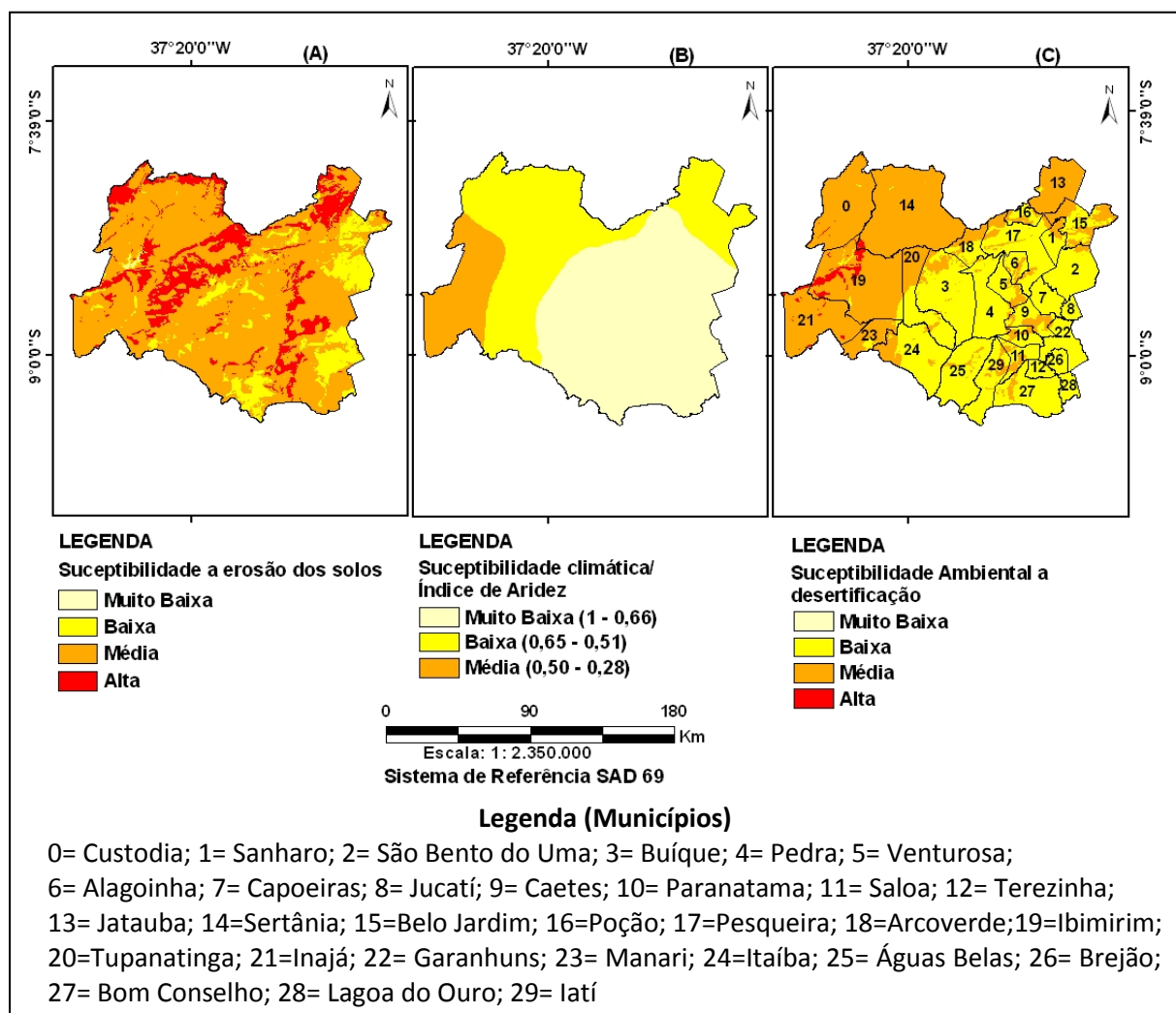
A Figura 4B apresenta a carta de susceptibilidade climática à desertificação. Se a desertificação é a degradação das terras áridas, semiárida e subúmida seca o índice de aridez é o mecanismo apontado como ideal para identificar as áreas de fragilidade climática ao citado problema ambiental (BRASIL, 2004; MORALES, 2005). Na área de estudo 52% das terras apresentam muito baixa susceptibilidade climática devido à presença do clima subúmido úmido. A zona com baixa susceptibilidade climática ocupa uma área de 36,4%, enquanto que, a faixa com Média susceptibilidade atinge 11,5% concentrada na porção oeste sobre um clima mais seco.

A intersecção da carta de susceptibilidade a erosão do solo com a carta de susceptibilidade climática gerou a carta de susceptibilidade ambiental a desertificação para o cenário atual apresentada na Figura 4C.

Entre os municípios que compõem a área de estudo a situação delicada está no município de Ibimirim. Este município apresenta em mais de 80% de sua extensão territorial Média susceptibilidade a desertificação e o agravante de possuir uma pequena faixa com Alta susceptibilidade. Outros municípios apresentam, em praticamente toda sua extensão territorial, Média susceptibilidade, é o caso de Custodia, Inajá, Sertânia, Manari e Jataúba.

Os demais municípios apresentam em média mais de 60% de suas áreas com Baixa susceptibilidade a desertificação, alguns com manchas de Média susceptibilidade.

Figura 4: Carta de susceptibilidade a erosão dos solos (A); carta de susceptibilidade climática a desertificação (B) e carta de susceptibilidade ambiental a desertificação (C) no cenário atual



Autor: SANTOS; GALVÊNCIO, 2012

Cenário para 2050

As projeções para 2050 baseou-se no cenário de mudanças climáticas otimista B2, o qual projeta para região de estudo um incremento médio na temperatura média anual do ar de 2,5°C, em comparação com a média dos últimos 30 anos empregado na modelagem do cenário atual.

Quanto à precipitação pluviométrica o cenário de mudanças climáticas B2 projetado pelo PRECIS indica uma redução superior a 25% da média climatológica das chuvas para região de estudo. Na aplicação do presente estudo utilizou, apenas, uma redução média de 10%, a qual não modificou a carta de erosividade do solo do cenário atual, porém, houve mudanças no quadro do índice de aridez.

O acréscimo na temperatura média do ar, assim como, a redução da precipitação pluviométrica foram utilizados na confecção da carta de susceptibilidade climática a desertificação para o ano de 2050.

O resultado das projeções climáticas (temperatura do ar e precipitação pluviométrica) pode ser visualizado na figura 5A, a qual apresenta o grau de susceptibilidade climática a desertificação para 2050. Se no cenário atual (Figura 4B) as região com Média susceptibilidade climática ocupa um pequeno espaço a oeste da área de estudo no cenário projetado a referida classe passa a ocupar mais de 50% do terreno mapeado (Figura 5A). A área com Baixa susceptibilidade sofre pequena redução em comparação com o cenário atual, sendo que, perde terreno para as áreas com Média susceptibilidade e passa a ocupar parte das áreas sobre Muito Baixa susceptibilidade, esta última, conseqüentemente, sofre redução nas projeções para 2050.

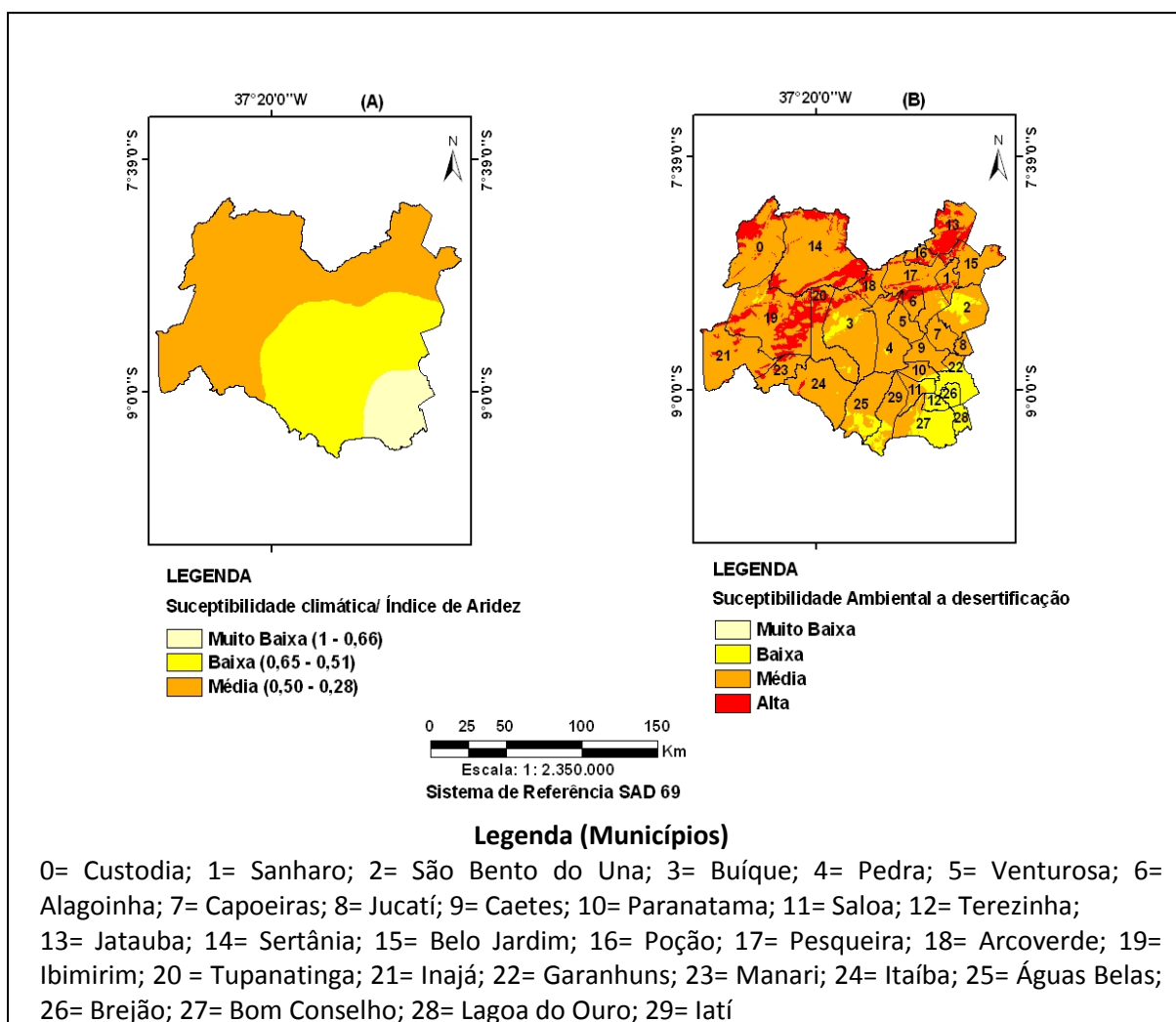
A carta de suscetibilidade a erosão dos solos para o cenário de 2050 é semelhante a carta utilizada no cenário atual, visto que, os atributos geomorfologia, pedologia e erosividade das chuvas não variaram, assim como, não houve projeções para o atributo uso da terra.

Ao cruzar a carta de suscetibilidade a erosão dos solos (Figura 4A) com a de susceptibilidade climática gerada com base nos dados do modelo PRECIS (Figura 5A) obteve-se a carta de susceptibilidade ambiental a desertificação projetada para o ano 2050 (Figura 5B). Os resultados apontam que 70% da área de estudo apresentam Média susceptibilidade ambiental a desertificação, valor superior a esta mesma classe no cenário atual (Figura 4C).

As manchas de Baixa susceptibilidade climática a desertificação estão concentradas ao sul e sudeste da área de estudo com destaque para os municípios de Terezinha, Brejão, Bom Conselho e Lagoa do Ouro, os quais possuem mais de 80% de seus territórios enquadrados nesta classe de susceptibilidade. Número de municípios superior aos contidos na referida classe no cenário atual.

No cenário atual (Figura 4C) o município de Ibimirim se destaca como o único a possuir grandes manchas de Alta susceptibilidade ambiental a desertificação, porém, as alterações climáticas embutidas nas projeções proporcionam com que os municípios de Custodia, Sertânia, Jatauba, Arcoverde, Alagoinha, Poção, Pesqueira e Tupanatinga, Inajá e Itaiba apresentem visíveis áreas enquadradas nesta classe de susceptibilidade (Figura 5B).

Figura 5: Carta de susceptibilidade climática à desertificação (A) e carta de susceptibilidade ambiental à desertificação (B) projeção para 2050



Autor: SANTOS; GALVÂNCIO, 2012

Considerações finais

A metodologia adotada para mapear a suscetibilidade ambiental a desertificação não incluiu variáveis de produtividade das terras analisadas e fatores sociais importantes para identificação de áreas em processo de desertificação. Levou-se em consideração, apenas, variáveis do sistema físico natural local e do uso da terra culminando no mapeamento das áreas susceptíveis a desertificação sobre o ponto de vista natural com ênfase dada as mudanças climáticas.

O mapeamento aponta para o período atual o domínio das classes de Média e Baixa susceptibilidade ambiental a desertificação. As projeções para 2050 assinalam o predomínio da classe de Média suscetibilidade acompanhada da classe de Alta suscetibilidade.

O presente estudo não finaliza após esta divulgação. Ele vai além do que foi apresentado incentivando novas análises que possam esclarecer a dinâmica e a vulnerabilidade ambiental ao processo de desertificação na área de estudo.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado do primeiro autor. Ao Laboratório de Meteorologia do Estado de Pernambuco (LAMEPE) pelo fornecimento dos dados climáticos utilizados e a EMBRAPA pelo fornecimento dos dados climáticos projetados no âmbito do cenário B2 de mudanças climáticas pelo modelo climático regional PRECIS.

Referências

AMARAL, R.; ROSS, J.L.S. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do parque estadual do morro do diabo e entorno, Teodoro Sampaio-SP. **GEOUSP**, n.26, p.59-78, 2009.

AMIRASLANI, F.; DRAGOVICH, D. Combating desertification y Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches. **Journal of Environmental Management**, v.92, p.1-13, 2011.

AQUINO, C.M.S.; OLIVEIRA, J.G.S.; SALES, M.C.L. Suscetibilidade das terras secas do Piauí a desertificação: avaliação a partir de índices. **Mercator**, n.9, p.49-60, 2006.

BERTONI, J.; LOMBARDI, N. F. **Conservação do solo**. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BEZERRA, J.M; SILVA, P.C.M.S.; MORAIS, C.T.S.L.; BATISTA, R.O. Utilização de geotecnologias na determinação de áreas susceptíveis a desertificação no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n.3, p.543-561, 2011.

BRASIL. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T; BARBOSA, C. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico - Econômico e ao Ordenamento Territorial**. INPE: São José dos Campos, 2001.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; PALMEIRA, A.F.; SILVA, E.F. Zoneamento Ecológico-Econômico. In. FLORENZANO, T.G. (Org.). **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p.285-318.

D´ODORICO, P. BHATTACHAN, A.; DAVIS, K.; RAVI, S.; RUNYAN, C.W. Advances in water resources. In. **Global desertification: drivers and feedbacks**, 2012.

DANFENG,S.; DAWSON, R.; BAOGUO, L. Agricultural causes of desertification risk in Minqin, China. **Journal of Environmental Management**, v.79, p.348–356, 2006.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: Reunião técnica de levantamento de solos, 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...** Rio de Janeiro, 1979.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ed. Brasília/ Rio de Janeiro: 2006.

FENSHOLT, R.; SANDHOLT, I. Derivation of a shortwave infrared water stress index from MODIS near- and shortwave infrared data in a semiarid environment. **Remote Sensing of Environment**, v.87, p.111-121, 2003.

GAO, B.-C. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, v.58, p.257-266, 1996.

JATOBÁ, L. A compartimentação do relevo. In. **Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco**. Recife: Secretaria de Ciências Tecnologia e Meio Ambiente, 2008.

MIRANDA, E.E. (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 21 jun. 2012.

MORALES, C. Pobreza, desertificación y degradación de tierras. In. MORALES, C.; (Edt.). **Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales**. Santiago: CEPAL, 2005. p.25-57.

NASCIMENTO, F.R. Identificação de áreas susceptíveis à desertificação em bacia intermitente sazonal no semi-árido brasileiro. **Boletim Goiano de Geografia**, v.29, n.2, p.71-82, 2009.

NOBRE, C. Mudanças climáticas e desertificação: os desafios para o Estado brasileiro. In. LIMA, R.C.C.; CAVALCANTE, A.M.B.; MARIM, A.M.P. (Edt.). **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande: ISNA/PB, 2011, P.25-36.

PERNAMBUCO. **Plano estadual de mudanças climáticas**. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Recife, 2011.

ROLIM, G.S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel™ para cálculos de Balanços Hídricos: Normal, Seqüencial, de Cultura e de Produtividade Real e Potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.133-137, 1998.

SÁ, I.B.; CUNHA, T.J.F.; TEIXEIRA, A.H.C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M.A. Processo de desertificação no semiárido brasileiro. In: SÁ, I.B.; SILVA, P.C.G. (Orgs.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa semiárido, 2010. p.125-158.

SABÓIA, C.M.S. A.; OLIVEIRA, J.G.B. Estudo da dinâmica do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no núcleo de São Raimundo Nonato-PI. **GEOUSP**, n.31, p.157-168, 2012.

SILVA, F.H.B.B.; SILVA, A.B.; BARROS, A.H.C. **Principais classes de solos do estado de Pernambuco**. EMBRAPA: Recife, 200-.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The Water Balance**, Publications in Climatology, Centerton, N. Jersey, VIII (1), 1955.

WANG, X.; CHEN, F.; DONG, Z. The relative role of climatic and human factors in desertification in semiarid China. **Global environmental change**. v.16, n.1, p.48-57, 2006.

WANG, X.; YANG, Y.; DONG, Z.; ZHANG, C. Responses of dune activity and desertification in China to global warming in the twenty-first century. **Global and Planetary change**, v.67, p.167-185, 2009.