

MODELAGEM E MAPEAMENTO DA DEGRADAÇÃO DA CAATINGA¹

IÊDE DE BRITO CHAVES^{2*}, PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO³, EDUARDO RODRIGUES VAIANA DE LIMA⁴, LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES⁵

RESUMO - A desertificação é o processo de degradação das terras do ambiente natural árido, semiárido e subúmido, quase sempre associado à intensificação dos efeitos erosivos das chuvas. Na atualidade, com a disponibilização de tecnologias de sensoriamento remoto e de geoinformática, é possível realizar inventários e fazer diagnósticos com grande facilidade e baixo custo de amplos territórios. Fazendo uso dessas novas tecnologias, foram reunidas neste trabalho informações sobre vegetação, relevo e solo em um modelo estimativo para avaliar a degradação das terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá (5.686,4 km²), localizada sobre o Planalto da Borborema, Estado da Paraíba. Os resultados mostram que o modelo proposto pôde prognosticar com fidelidade a degradação das terras da bacia, que apesar dos altos níveis de degradação da vegetação (59,2%) e da susceptibilidade dos solos à erosão (59,4%) a declividade plana e suave ondulada em 87% das terras contribuiu para minimizar o prognóstico da degradação, que apresenta o predomínio do grau médio de intensidade em 46,2% da bacia. As áreas mais críticas da bacia, com 26,9% de abrangência, representadas pelas classes alta e muito alta de degradação, concentram-se no terço inferior e médio, ao longo da drenagem, evidenciando um dos núcleos de desertificação da região do Cariri Paraibano, onde a erodibilidade dos solos e a degradação da vegetação são mais altas.

Palavras-chave: Desertificação. Semiárido. Geoprocessamento.

MODELING AND MAPPING OF THE CAATINGA DEGRADATION

ABSTRACT - Desertification is a land degradation process of the arid, semi-arid and sub-humid natural environment, almost always associated with the intensification of the erosive effects of rainfall. Nowadays, with the availability of technologies in remote sensing and geoinformatics inventories and diagnostics can to be performed with great ease and low cost in large territories. Using these new technologies, this study gathered information on vegetation, topography and soil, in a estimation model of land degradation, that was applied to the watershed of the river Taperoá (5686.4 km²), located on the plateau of Borborema in the state of Paraíba. The results show that the proposed model was able to predict faithfully land degradation in the basin; and despite the high level of degradation of the vegetation (59.2%) and of the susceptibility to erosion of the soil (59.4%), the flat and soft slope in 87% of the lands contributes to minimize the prognosis of the degradation, that shows the predominance of medium-grade class, in 46.2% of the basin. The most critical areas of the basin, with 26.9% coverage, represented by high and very high classes of degradation are concentrated in the lower and the middle third along the drainage, showing there, one of the desertification nucleus of the region Cariri in Paraíba, where the erodibility of the soil and vegetation degradation are higher.

Keywords: Desertification. Semiarid. Geoprocessing.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 26/04/2013; aceito em 14/10/2014.

Trabalho extraído da Tese do segundo autor, concluída do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG.

²Professor Doutor aposentado, CCA/UFPB, Areia (PB), *Campus II*, CEP: 58.397-000, iedebchaves@hotmail.com.

³Doutor em Engenharia Agrícola, CPG/CTRN/UFCG, Campina Grande (PB), Av. Aprígio Veloso, 882, CEP: 58.429.000, paulomegna@ig.com.br.

⁴Professor Doutor Geociência CCEN/UFPB, João Pessoa (PB), Cidade Universitária, CEP: 58.059-900, eduvianalima@gmail.com.br.

⁵Professora Doutora CTRN/UFCG, Campina Grande (PB), Av. Aprígio Veloso, 882, CEP: 58.429-000, lhgarofalo@hotmail.com.br.

INTRODUÇÃO

Com intervenções inadequadas das atividades humanas sobre o meio ambiente, os processos erosivos se intensificam e passam a comprometer os principais recursos naturais do planeta, em particular o solo e a água superficial (RIBEIRO et al., 2009). A região do Cariri Paraibano, onde está localizada a área de estudo, vem sendo submetida a pressão das atividades humanas desde a sua colonização, com o ciclo do couro, no século XVIII, encontrando-se bastante impactada (ALVES et al., 2009a, b; SOUZA et al., 2009). Estudo do Programa Nacional de Combate à Desertificação (PAN-BRASIL) classificou a região com conceito grave de desertificação, tendo sido escolhida como uma das áreas piloto, prioritária para o desenvolvimento de ações mitigadoras do programa (BRASIL/MMA, 2005).

Fundamentalmente, a desertificação é o processo de degradação das terras do ambiente natural árido, semiárido e subúmido, quase sempre associado aos efeitos erosivos das chuvas, agravados pelas atividades humanas, que nos nossos sertões orientais nordestinos foram e/ou são as mais marcantes, quais sejam: extrativismo do carvão e lenha; pecuária; agricultura de subsistência; e as culturas do algodão, agave e o reflorestamento com a algaroba (FERNANDES e MEDEIROS, 2009; BRASILEIRO, 2009). Na região central da Paraíba, sobre o Planalto da Borborema, onde está inserida a bacia do rio Taperoá, é onde a erosividade média anual da chuva é mais baixa no Estado. Contudo, é alta a probabilidade de ocorrência de chuvas individuais, com alto potencial erosivo (MAIA NETO, 1999). Por outro lado, os solos Luvisolos, Planossolos e os Neossolos Litólicos, típicos da região semiárida de estudo, são os mais susceptíveis à erosão do Estado, como mostraram Chaves et al. (2004), que encontraram valores de erodibilidade variando de 0,010 a 0,054 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹. Quanto aos aspectos relacionados ao relevo, Francisco et al. (2012a) observaram que as terras da Paraíba são predominantemente planas a suave onduladas em mais de 56% do seu território, o que sugere ambientes com menos riscos de sofrerem erosão.

Com base nos dados da Estação Experimental de Sumé (PB), situada na mesma região fisiográfica da bacia do Taperoá, o Cariri Paraibano, é possível se avaliar a importância da preservação da vegetação da caatinga. Parcelas com caatinga preservada reduziram em 667 vezes as perdas médias anuais de solo, quando comparada à parcela padrão, sem vegetação, que foi de 25 Mg ha⁻¹ (ALBUQUERQUE et al., 2005). Este pode ser considerado um valor alto de perdas, uma vez que o Limite de Tolerância de Perdas dos solos que ocorrem na região são os mais baixos do Estado, variando de 4,0 a 5,2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (OLIVEIRA et al., 2008).

Na atualidade, com a disponibilidade de tecnologias de sensoriamento remoto e de geoinformáti-

ca, a realização de inventários se tornou mais fácil e de baixo custo, permitindo, com agilidade, auxiliar o monitoramento e a gestão de amplos territórios. Modelos relativamente simples podem descrever processos de degradação ambiental e suas relações com as atividades humanas (NOVO, 2008; CUNHA et al., 2012).

Considerando a possibilidade de utilizar as tecnologias disponíveis e de baixo custo da geoinformática e de poder contribuir para a realização de diagnósticos da caatinga, este trabalho teve como objetivo apresentar um modelo paramétrico simplificado com o qual se fará um prognóstico da degradação das terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá, no Estado da Paraíba.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Taperoá, com extensão territorial de 5.686,37 km². Ela abrange total ou parcialmente 22 municípios e está localizada na região do Cariri, sobre o Planalto da Borborema, no Estado da Paraíba (Figura 1).

O rio Taperoá apresenta regime temporário e é um contribuinte do rio Paraíba. A altitude varia em grande parte de 300 à 600m (Figura 2), e o relevo é predominantemente suave ondulado. A drenagem é voltada para o sudeste, o que facilita a penetração das massas atlânticas, propiciando temperaturas amenas (<26°C) e gradual distribuição da precipitação (400 a 800 mm ano⁻¹), que aumenta com altitude no sentido dos divisores (FRANCISCO et al., 2012a).

O clima é, segundo a classificação de Köppen, do tipo Bsh - semiárido quente, com chuvas de outono concentrando-se nos meses de março e abril. As chuvas da região sofrem influência direta das massas Atlânticas do sudeste e nordeste, apresentando grande variação na distribuição espacial, temporal e interanual e uma estação seca que pode atingir 11 meses. As temperaturas médias mensais variam pouco, sendo significativas as variações diárias de temperatura e umidade (VAREJÃO-SILVA et al., 1984).

A vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila. De acordo com Barbosa et al. (2007), Paes-Silva et al. (2003) e Francisco et al. (2012c), as espécies mais encontradas são: a malva (*Sida galheirensis* Ulbr.); macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. f.); imburana (*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett); mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.); xique-xique (*Pilosocereus gounellei* (F.A.C.Weber) Byles & G.D.Rowley); facheiro (*Pilosocereus pachycladus* F.Ritter); palmatória (*Tacinga palmadora* (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy); mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.); marmeleiro (*Croton sonderianus* Müll.Arg.); pinhão (*Jatropha mollissima* (Pohl) Baill.); pinhão (*Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill.); jureminha (*Desmanthus virgatus* (L.) Willd.); jurema-

preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.); catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul); pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Engl.); marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.); pinhão bravo (*Jatropha molíssima* (Pohl.) Mull Arg.); e outras espécies nativas da região, como o angico (*Anadenathera macrocarpa* (Benth.) Brenan) e a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão).

Os solos predominantes na área de estudo

(Figura 3) são o Luvissole Crômico Vértico, com fase pedregosa e relevo suave ondulado, Vertissolo, com relevo suave ondulado e ondulado nas partes mais baixas, Neossolo Regolítico e o Planossolo Nátrico, com relevo plano e suave ondulado, no centro-norte e nas áreas mais acidentadas, e o Neossolo Litólico Eutrófico, com fase pedregosa substrato gnaíse e granito (FRANCISCO et al., 2012c).



Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.
Fonte: AESA (2011).

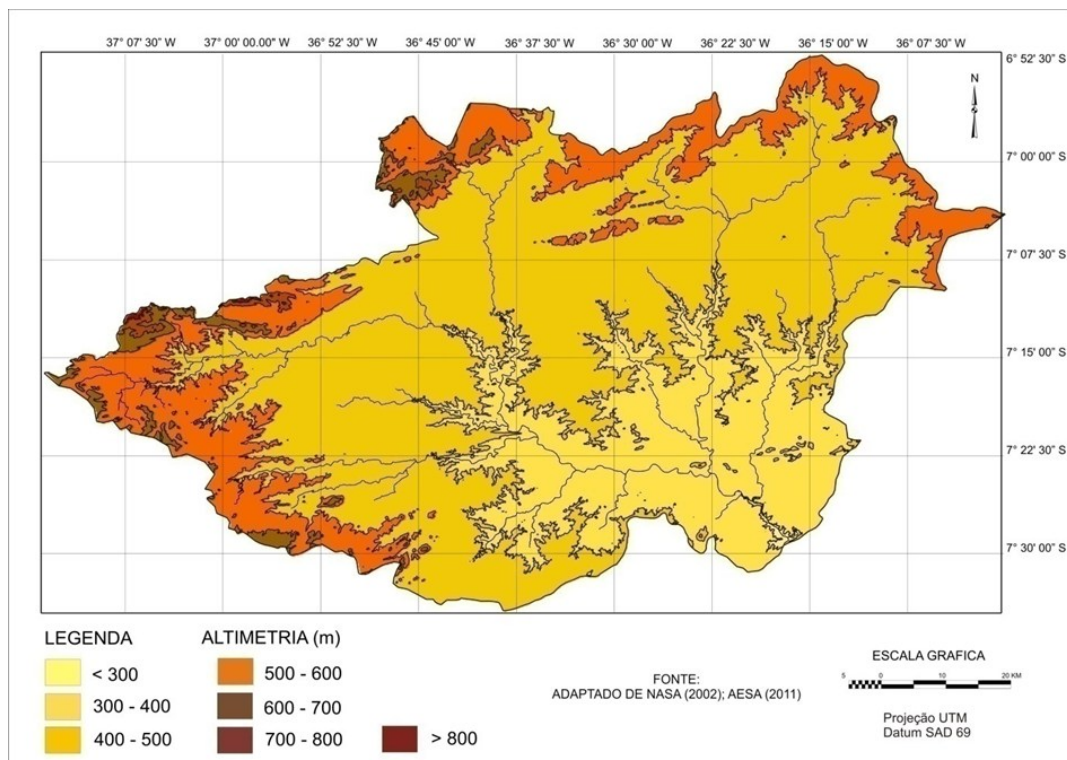


Figura 2. Altimetria da área de estudo.
Fonte: AESA (2011).

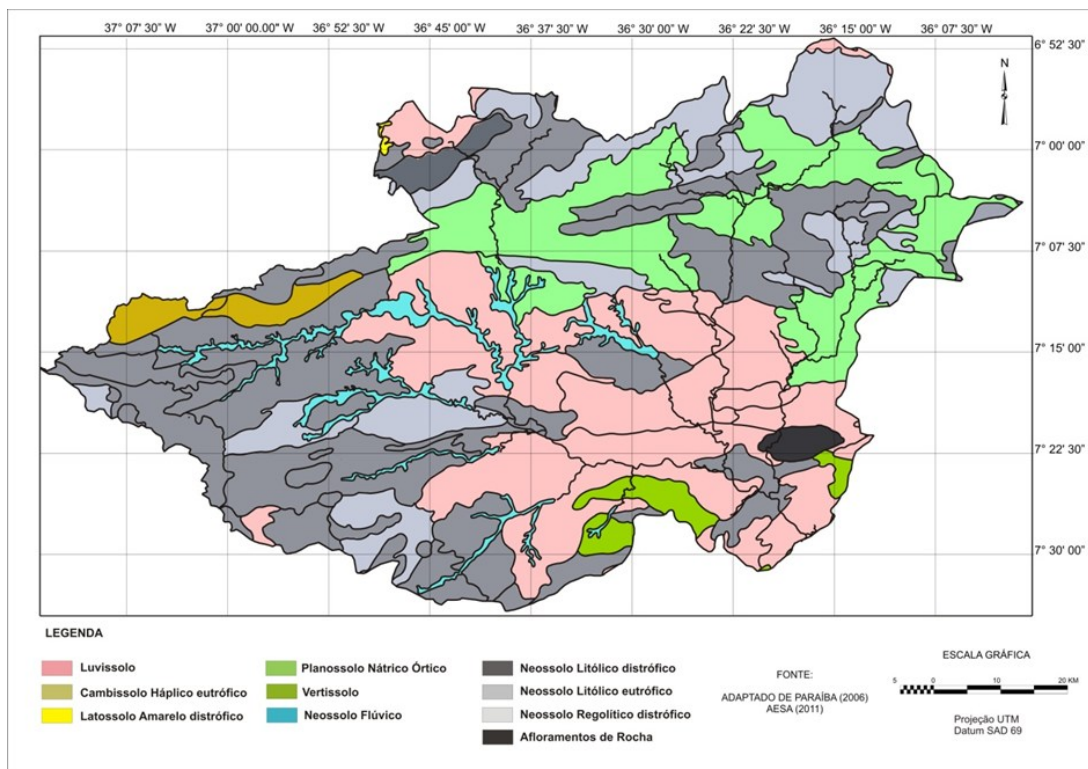


Figura 3. Solos da área de estudo. Fonte: Adaptado de AESA (2011)

Proposição do modelo

O modelo proposto parte da premissa de que sobre a condição de clima semiárido quanto menor é o grau de cobertura da vegetação maior é o risco de erosão, e que o grau de degradação das terras é diretamente proporcional à erodibilidade do solo e à declividade do terreno. Assim, o índice de degradação das terras de Caatinga (IDTC) é função inversa do índice de cobertura da vegetação (IV) e direta da declividade do terreno (ID) e do índice da erodibilidade do solo (IE), representado pela equação:

$$IDTC = IV * ID * IE \text{ (Eq. 1)}$$

Em comparação com a análise que poderia ser feita pelo modelo da Equação Universal de Perdas de Solo (WISCHMEIER; SMITH, 1978) não se considerou os fatores erosividade de chuva e prática conservacionista, uma vez que a área de estudo é relativamente pequena e homogênea do ponto de vista climático e não se utiliza técnicas de controle da erosão na região. Outro aspecto não considerado nesta modelagem é o fator tempo. O levantamento das informações é instantâneo para a data da imagem. Como é sabido, para uma mesma condição de uso e manejo que se submete a terra o grau de degradação tende a aumentar com o tempo.

Geração do índice de vegetação (IV)

Para a geração do índice de vegetação foi adotada a metodologia proposta por Chaves et al.

(2008), na qual a partir da classificação da vegetação descrita no campo é definido o índice de biomassa da vegetação lenhosa (IBVL), representativo do porte e densidade da vegetação classificada.

Para a classificação da vegetação foi utilizado de forma auxiliar o programa Google Earth 6.2 online para pré-selecionados de alvos terrestres, procurando-se identificar diferentes tipos de uso e cobertura da terra, representativos da região de estudo e com características de vegetação e solos aproximadamente homogêneos. No campo, os alvos foram identificados e descritos em caderneta de campo e georreferenciados com o uso de um GPS de navegação. Além dos dados descritivos da vegetação, porte e densidade de recobrimento foram anotadas a ocorrência e frequência das espécies, cor, declividade, erosão e tipo de solo, conforme procedimento proposto por Chaves et al. (2008).

A imagem utilizada foi adquirida do site do INPE/MCT do sensor TM LANDSAT 5, órbita 215, ponto 65 de 28/10/2009. Com o software ERDAS 8.5 foi executada a correção radiométrica e obtidas as imagens de radiância e reflectância, de acordo com Silva et al. (2005). Para a obtenção do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi utilizada a equação 2.

$$NDVI = ((NIR - RED) / (NIR + RED)) \text{ (Eq. 2)}$$

onde: NIR e RED correspondem às reflectâncias das bandas 4 e 3 do TM.

Com o objetivo de gerar um indicador de cobertura do solo e mapear a vegetação de caatinga

através do NDVI foi criada uma base de dados no SPRING 5.2.2 na projeção UTM/SAD69, importando a imagem-índice de vegetação, georreferenciando e classificando-a com a utilização do programa LE-

GAL, de acordo com os limites das classes estabelecidos pela correlação com o IBVL, obtido a partir das descrições dos alvos terrestres (Figura 4).

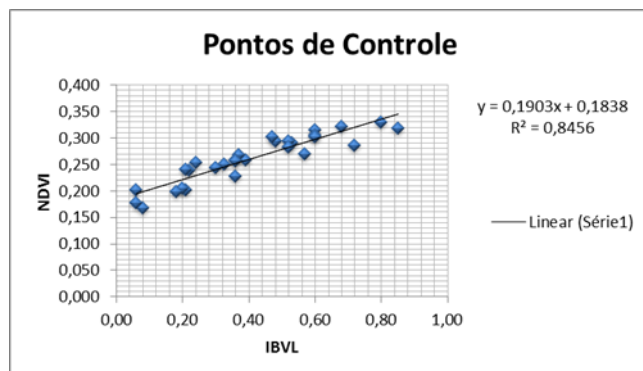


Figura 4. Correlação entre leituras de índices da imagem (NDVI) e biomassa lenhosa IBVL de pontos de controle, alvos terrestres.

Para os padrões de vegetação obtidos da imagem procedeu-se a segmentação em cinco classes de

risco, estabelecendo-se seus respectivos índices numéricos, conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Classes e índices da vegetação relativos aos riscos de degradação das terras.

Classes de risco	Vegetação (IBVL)	Índice da Classe
Muito Baixo	0,8-1,0	1
Baixo	0,6-0,8	3
Médio	0,4-0,6	5
Alto	0,2-0,4	7
Muito Alto	0-0,2	9

Geração do índice da declividade (ID)

Para a geração do indicador da declividade foi utilizado um mosaico digital do SRTM, dos quadrantes SB24ZB e SB24ZD da área de estudo, e utilizando o programa Global Mapper foram geradas as curvas de nível com equidistância de 10 metros. Para

gerar a grade triangular foi utilizado o programa SPRING e as curvas de nível como base de dados. Em seguida, foi realizado o fatiamento da grade triangular com o estabelecimento dos limites de classes de declive, procedendo-se o mapeamento em cinco classes de declividade, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Classes e índices de declividade relativos aos riscos de degradação das terras.

Classes de Declividade	Limites de Classe (%)	Classes de risco	Índice da Classe
Plano	0-3	Muito Baixo	1
Suave Ondulado	3-6	Baixo	3
Moderadamente Ondulado	6-12	Médio	5
Ondulado	12-20	Alto	7
Forte Ondulado/Montanhoso	>20	Muito Alto	9

Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2010a).

Geração do índice de erodibilidade (IE)

Na geração do indicador de erodibilidade foi criada uma planilha no Excel, onde para cada polígono de solo da área de estudo, baseado nas informações contidas nos perfis representativos do Boletim do Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978), foi calculado sua erodibilidade, utilizando-se a metodologia proposta por Chaves et al. (2004), em que os dados de textura do boletim de solos foram transformados para obtenção do parâmetro granulométrico (M) e as descrições da drenagem

dos perfis dos solos convertidas em classes de permeabilidade (P) para aplicação na fórmula:

$$K = 0,00000797 (M) + 0,0029283 (P) \quad (r^2 = 0,9561) \quad (Eq. 3)$$

Para cada unidade de mapeamento foi utilizado apenas os dados do horizonte superficial da classe representativa das associações dos solos. Os valores da erodibilidade foram agrupados em cinco classes de risco, de acordo com os dados da Tabela 3.

Tabela 3. Classes e índices de erodibilidade relativos aos riscos de degradação das terras.

Classes de risco	Erodibilidade (Mg mm MJ ⁻¹ ha ⁻¹)	Índice da Classe
Muito Baixo	<0,01	1
Baixo	0,01-0,02	3
Médio	0,02-0,03	5
Alto	0,03-0,04	7
Muito Alto	>0,04	9

Estimativa e mapeamento da degradação das terras da caatinga

O Índice de Degradação das Terras da Caatinga (IDTC) é estimado pela equação 1 a partir do produto entre os subíndices dos parâmetros vegetação, declividade e erodibilidade do solo. Como se pode observar na Tabela 4, adotou-se um escalonamento dos valores dos subíndices (1 a 9), procurando-se representar esquematicamente o efeito exponencial da aceleração do processo erosivo. A definição dos

limites das classes de Degradação foi feita por interpretação das condições de risco à erosão, resultante da conjunção dos graus de riscos dos três parâmetros do modelo, levando em conta os critérios de limitação adotados na Classificação de Capacidade de Uso das Terras (LEPSCH et al., 1991)

Utilizando-se a linguagem algébrica (LEGAL) do SPRING foi montada a equação para estimativa do IDTC (Eq. 1), procedendo-se o cruzamento dos subíndices temáticos para geração do mapa de degradação das terras da bacia do Taperoá.

Tabela 4. Parâmetros para estimativa das classes de degradação das terras.

Classes de Risco	Cobertura Vegetal (IBVL)	Índice Classe	Declividade (%)	Índice Classe	Erodibilidade (Mg mm MJ ⁻¹ ha ⁻¹)	Índice Classe	Limites Classes Degradação
Muito Baixa	80-100	1	0-3	1	<0,01	1	0-3
Baixa	60-80	3	3-6	3	0,01-0,02	3	3-15
Média	40-60	5	6-12	5	0,02-0,03	5	15-45
Alta	20-40	7	12-20	7	0,03-0,04	7	45-175
Muito Alta	0-20	9	>20	9	>0,04	9	>175

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Índice de risco de degradação devido à cobertura da vegetação

As classes de risco muito baixo e baixo de degradação estão relacionadas às áreas com cobertura mais densa de vegetação (Figura 5), abrangendo 18,4% e 6,5% respectivamente, da superfície da bacia (Tabela 5). Em grande parte estas classes ocorrem no terço sudoeste, nas posições mais elevadas ao longo dos divisores e cabeceiras de drenagem (Figura 5). Predominantemente, estão sobre solos Neossolos Litólicos (Figura 3), que se distribuem do sul para o oeste nos municípios de Serra Branca, São José dos Cordeiros, Livramento, Desterro, Teixeira, Cacimbas e Taperoá. Ocorrem, também, em outras áreas com as mesmas características, no meio-norte, na serra da Viração, município de Junco do Seridó, e a nordeste, nos limites dos municípios de Olivados com Barra de Santa Rosa. Áreas mais distantes dos centros populacionais, declivosas e de difícil acesso são normalmente mais preservadas, como observaram Paes-Silva et al. (2003) e Souza et al. (2009).

Em contraposição, as áreas com vegetação mais degradadas, com menor cobertura de vegetação, e as classes alta e muito alta de risco ocupam 59,0 % da bacia (Tabela 5), distribuindo-se pelas partes mais baixas, ao longo da drenagem, em grande parte, so-

bre áreas onde predominam os solos Luvisolos Crômicos, com caráter vértico (Figura 3). Estas classes de vegetação mais degradadas abrangem, principalmente, os municípios de Cabaceiras, São João do Cariri, Parari, São André e Gurjão. Dados de pesquisa em erosão da região, divulgados por Albuquerque et al. (2005), reportam a ocorrência de perdas anual de até 65,4 t ha⁻¹ em parcela mantida sem a proteção da vegetação, o que reforça o alto risco de perdas de solo para áreas sem proteção da cobertura da vegetação.

Neste trabalho, as áreas agrícolas e de pastagem foram consideradas como das classes muito alta e alta de risco à degradação, semelhante as da vegetação de caatinga rala e muito rala, dada a impossibilidade de separar tais usos da terra pela metodologia utilizada. Contudo, sabe-se que nas áreas agrícolas os efeitos do preparo e cultivo do solo contribuem para acelerar o processo erosivo, enquanto que em áreas de pastagem cultivada a persistência da cobertura do solo pela gramínea contribui para aumentar a proteção do solo. Apesar de tais imprecisões, pode se admitir que os erros daí advindos são desprezíveis, uma vez que o percentual da área da bacia utilizada com cultivos e pastagem é pequeno.

Índice de risco de degradação devido à declividade

Deve-se levar em conta neste trabalho que o

mapa de declividade foi obtido da base de dados SRTM, com uma malha de pontos a cada 90 metros, o que limita a definição das classes de declive, suavizando o relevo (Figura 6). Contudo, para a escala do mapa base de solos utilizado no trabalho (1:200.000) as informações obtidas são fidedignas e auxiliares na análise da paisagem.

Pode-se afirmar, pelos dados da Tabela 5, que o risco à degradação das terras da bacia do Taperoá em relação à declividade é predominantemente muito baixo (59,3%) e baixo (27,7%), cujas classes estão representadas por áreas planas (0 a 3%) a suave onduladas (3 a 6%) (Figura 6). Estas ocorrem, predominantemente, nos interflúvios da drenagem, alcançando a linha mais alta dos divisores a norte/nordeste.

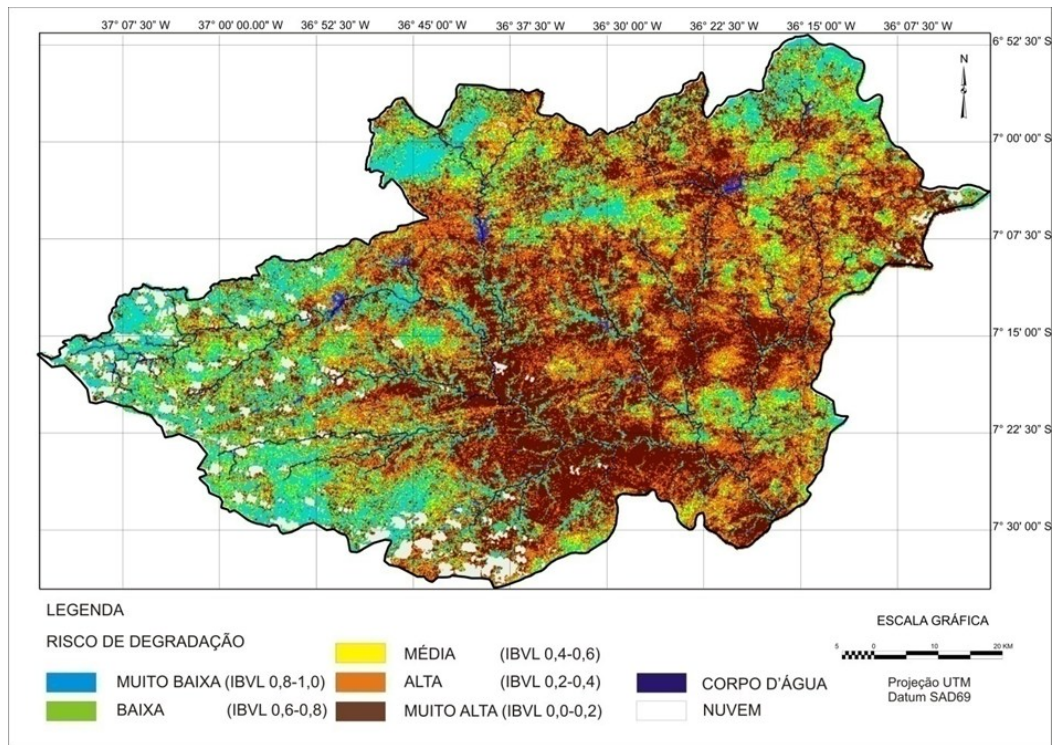


Figura 5. Mapa de cobertura de vegetação das terras da bacia do rio Taperoá, Estado da Paraíba.

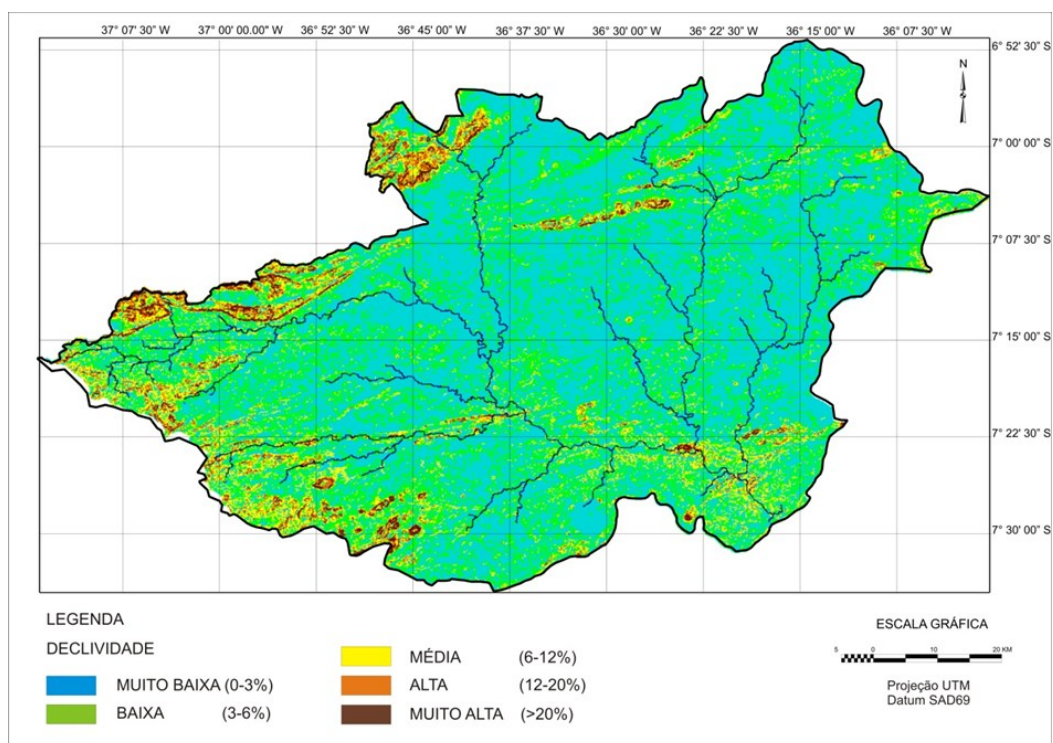


Figura 6. Mapa de declividade das terras da bacia do rio Taperoá, Estado da Paraíba.

As classes de risco alto (2,7%) e muito alto (1,5%) abrangem no seu conjunto um percentual de 4,2% da área da bacia (Tabela 5). Elas se localizam no terço a sudoeste (Figura 6), com predomínio nas áreas serranas ao norte, estendendo-se até a serra da Viração, no município de Junco do Seridó, ao longo da linha do divisor com a bacia do rio Espinharas, que é sub-bacia do rio Piranhas-Açu. Com menor expressão, ocorrem também em áreas de serras interiores.

Índice de risco de degradação devido à erodibilidade dos solos

A classe de risco alto à degradação devido a erodibilidade do solo é a de maior representatividade geográfica, ocupando 53,8% da área da bacia (Tabela 5). Em grande parte esta classe é representada por unidades de solo Luvissoilo Crômico, de caráter vértico ou não (Figura 3), que ocupam o terço médio e inferior da bacia hidrográfica (Figuras 7). E os solos Neossolo Litólico que ocupam o terço leste, estendendo-se do sul para o oeste pelos municípios

de Serra Branca ao de Taperoá (Figura 7). Estes são solos com teores elevados de silte e areia fina, frações estas, que em conjunto, estão associadas a 93% das variações da susceptibilidade dos solos a erosão (RENARD et. al., 1997).

A classe muito alta de risco pela erodibilidade (Figura 7) está associada a unidades de solo Neossolo Regolítico em relevo plano a suave ondulado (Figura 3), normalmente ocupado com agricultura e pecuária. Apesar do alto risco de degradação devido à erodibilidade não se constatou no campo sinais de susceptibilidade a erosão. Segundo Chaves et al. (2004), a estimativa da erodibilidade deste solo pode estar superestimada devido a sua textura muito arenosa, inadequada a metodologia de determinação da erodibilidade (WISCHMEIER; SMITH, 1978;).

Não foi identificado na área de estudo solos da classe de risco muito baixa à degradação devido a erodibilidade. Esta classe de risco está associada a classes dos Latossolos areno-argilosos e bem drenados com mais alta resistência à erosão, que ocorrem no Litoral e em topos de Serras interiores do Estado (CHAVES et al., 2004).

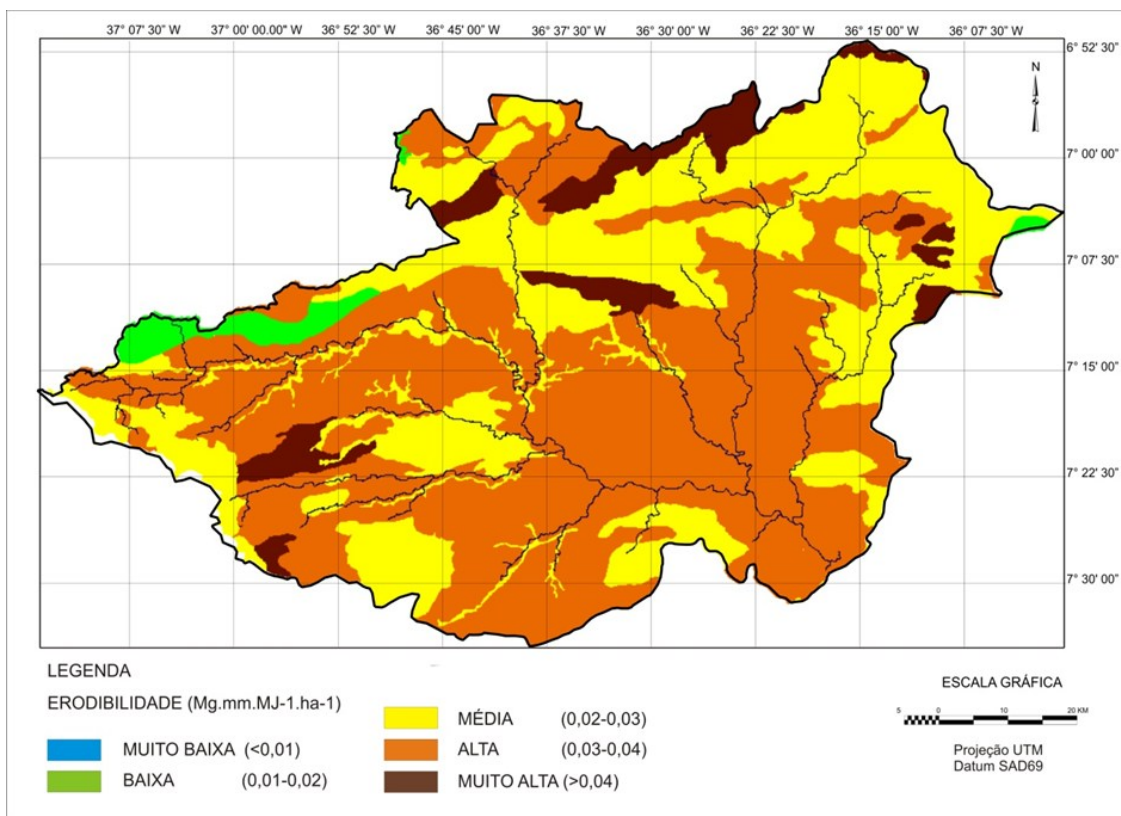


Figura 7. Mapa da erodibilidade dos solos da bacia do rio Taperoá, Estado da Paraíba.

Mapeamento da degradação das terras de Caatinga

A Figura 8 representa a espacialização dos prováveis níveis de degradação em que se encontram as terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá. Embora se reconheça as limitações relativas aos métodos e

procedimentos da determinação e obtenção dos dados, a exemplo da dificuldade na discriminação dos diferentes tipos de uso e cobertura vegetal, a representatividade das amostras e precisão das determinações da erodibilidade dos solos, em menor grau, e a precisão da determinação da declividade, pode se afirmar que os resultados obtidos representam o

prognóstico da degradação das terras para o nível de generalização que possibilita a escala de trabalho. Francisco et al. (2012b) mostram que apesar da boa discriminação da vegetação da caatinga no período

seco, a partir de imagens de satélite, variações edafoclimáticas podem interferir negativamente nos resultados dos dados.

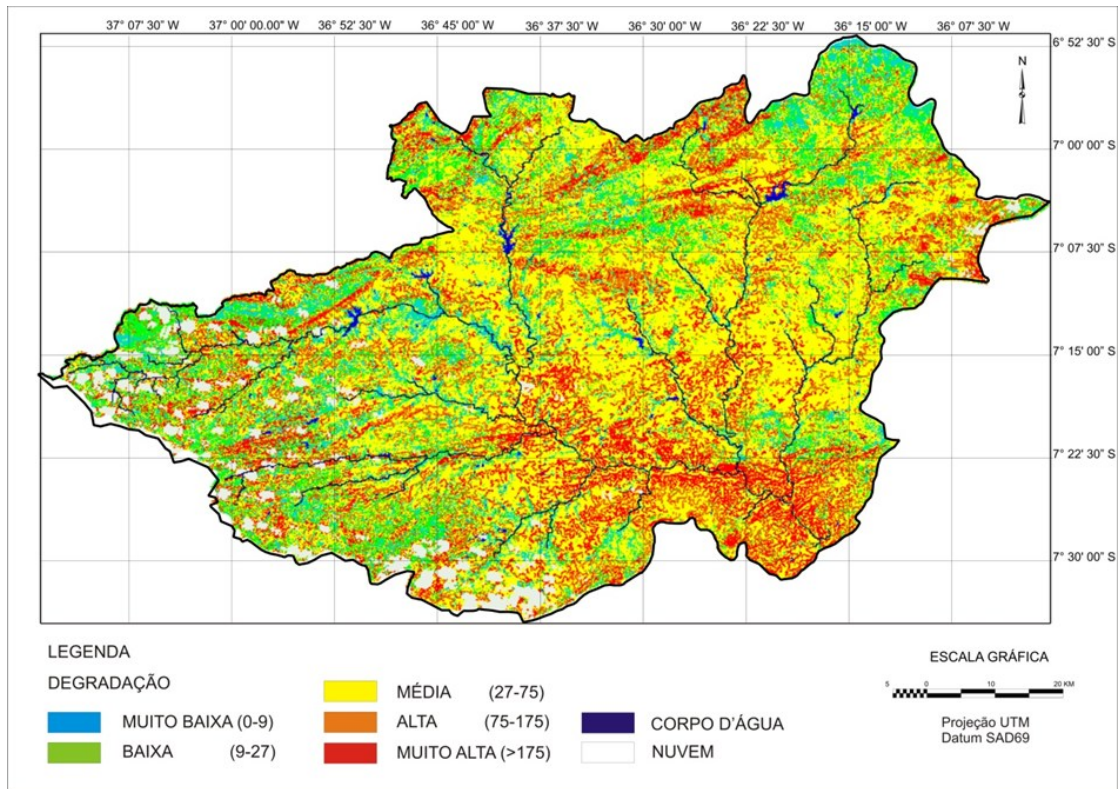


Figura 8. Mapa da degradação das terras da bacia do rio Taperoá, Estado da Paraíba.

Baseado nos dados da Tabela 5, pode se afirmar que 11,9% das terras da bacia do rio Taperoá apresentam grau muito alto e 15% grau alto de degradação. Observando-se a Figura 8, constata-se uma grande área de ocorrência destas classes de degradação, no terço inferior da drenagem, abrangendo os municípios de Cabaceiras, São João do Cariri e Parari, ao longo da drenagem. Consultando os mapas temáticos (Figuras 5 a 7), pode-se constatar que estas classes de degradação estão associadas à classe muito alta de risco à erosão devido à vegetação arbustiva e subarbustiva rala ali existentes e a ocorrência de solos Luvisolos Crômicos vérticos com erodibilidade alta. Estas são áreas com níveis mais críticos de degradação já identificadas e estudadas por Sousa et al. (2008) e Alves et al. (2009).

A área localizada ao norte, ao longo da linha do divisor, classificado como degradação muito alta (Figura 8), corresponde a ocorrência de Neossolos Regolíticos planos e suave ondulados utilizados com agricultura e pastagem, onde não foram identificadas evidências de degradação. Neste caso, pode se atribuir ao erro de estimativa da erodibilidade do solo, já comentada anteriormente, classificada como muito alta (Figura 7), que ao cruzar com o risco alto e muito alto da cobertura da vegetação (Figura 5) superestimou a degradação. Por outro lado, a área de Cambissolo (Figura 3) classificada como de erodibilidade muito baixa (Figura 7), na linha do divisor a noroeste, guarda uma classificação coerente (degradação baixa), uma vez que apesar de ser área declivosa está bem protegida pela vegetação.

Tabela 5. Distribuição das classes de degradação.

Classes de Risco	Erodibilidade		Declividade		Cobertura vegetal		Degradação	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Muito Baixo	0	0	3.370,0	59,3	1.045,2	18,4	538,8	9,5
Baixo	130	2,3	1.575,8	27,7	369,4	6,5	738,1	13,0
Médio	2.173,7	38,2	501,8	8,8	666,6	11,7	2.635,1	46,3
Alto	3.056,3	53,7	153,5	2,7	1.682,2	29,6	851,4	15,0
Muito Alto	326,4	5,7	85,3	1,5	1.674,7	29,5	674,7	11,9
Corpo d'água		0		0,0	32,1	0,6	32,1	0,6
Nuvem		0		0,0	216,2	3,8	216,2	3,8
Total	5.686,4	100	5.686,4	100	5.686,4	100	5.686,40	100

Apesar da predominância dos solos Neossolos Litólicos no terço oeste da bacia, classificados como de erodibilidade alta, observa-se nesta área grande percentual de classes de degradação baixa e muito baixa (Figura 8), isto devido a maior cobertura vegetal e ao relevo mais plano, como observado nos mapas temáticos (Figuras 5 a 7).

CONCLUSÕES

O modelo Índice de Degradação das Terras da Caatinga (IDCT), que utiliza os parâmetros cobertura da vegetação (IV), declividade do terreno (ID) e erodibilidade do solo (IE), prognosticou com fidelidade a degradação das terras da bacia do rio Taperoá.

A erodibilidade, por ser um fator de determinação mais complexa, apresentou resultado impreciso para áreas de ocorrência do Neossolos Regolíticos, superestimando o prognóstico da degradação da terra.

Apesar dos altos níveis de degradação da vegetação (59,2%) e da susceptibilidade dos solos à erosão (59,4%), na área da bacia, a declividade plana e suave ondulada em 87% das terras contribuiu para minimizar o prognóstico da degradação, ocorrendo um predomínio da classe de grau médio, em 46,2% da bacia.

A degradação alta e muito alta que ocorrem em 26,9% da área da bacia concentra-se no seu terço inferior e médio, ao longo do rio Taperoá, estando aí relacionada à erodibilidade alta dos solos, e em outras áreas à declividade acentuada dos terrenos ou a erodibilidade superestimada do Neossolo Regolítico, em todos os casos, associadas à degradação da cobertura da vegetação.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de estudo ao primeiro autor e ao CNPq pelo apoio financeiro através do Projeto de Pesquisa n.º 35/20109 INSA/CT-HIDRO-CNPq.

REFERÊNCIAS

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). 2010. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2011.

ALBUQUERQUE, A. W. et al. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 153-160, 2005.

ALVES, J. J. A.; SOUZA, E. N.; NASCIMENTO, S.

S. Núcleos de desertificação no Estado da Paraíba. **Rev. RA'EGA**, Curitiba, n. 17, p. 139-152, 2009.

BARBOSA, M. R. V. et al. Vegetação e flora no Cariri paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p. 313-322, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil**. Brasília-DF, 2005, 213 p.

CHAVES, I. B. et al. Estimativa da erodibilidade e sua relação com outros atributos dos solos do Estado da Paraíba. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15, 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBCS, 2004.

CHAVES, I. B. et al. Uma classificação morfo-estrutural para descrição e avaliação da biomassa da vegetação da caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 204-213, 2008.

CUNHA, J. E. B. L et al. Dinâmica da cobertura vegetal para a bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 539-548, 2012

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B.; LIMA, E. R. V. Mapeamento das Terras para Mecanização Agrícola - Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 2, p. 233-249, 2012a.

FRANCISCO, P. R. M. et al. Mapeamento da caatinga com uso de geotecnologia e análise da umidade antecedente em bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 3, p. 676-693, 2012b.

FRANCISCO, P. R. M. et al. Detecção de mudança de vegetação de caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 6, p. 1473-1487, 2012c.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 mar. 2011.

LEPSCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.

MAIA NETO, F. F. **Mapeamento da erosividade das chuvas da Paraíba**. 1999. 41f. Monografia

- (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1999.
- NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2008. 308 p.
- OLIVEIRA, F. P. et al. Tolerância de perdas de solo por erosão para o Estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 60-71, 2008.
- PAES-SILVA, A. P.; CHAVES, I. de B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Açude Namorado no cariri oriental paraibano. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 24, n. 1, p. 47-59, 2003.
- PARAÍBA. Governo do Estado - Secretaria de Agricultura e Abastecimento (CEPA) - PB. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eletro Consult Ltda. Dez. 1978. 448 p.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESAs). **PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas**. Brasília, 2006. 112 p.
- RENARD, K. G. et al. (coordinators). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA. **Agr. Handb.** n. 703, 1997.
- RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GALINDO, I. C. L. **Os solos e o processo de desertificação no semiárido brasileiro**. In: Tópicos em Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 6, p. 497, 2009. p. 413-459.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, M.S.B.; SAMPAIO, Y.S.B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil (Palestra). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30, 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005. p. 90-112.
- SOUSA, R. F.; FERNANDES, M. F.; BARBOSA, M. P. Vulnerabilidades, semiaridez e desertificação: cenários de riscos no Cariri Paraibano. **Revista Okara: geografia em debate**, João Pessoa, v. 2, n. 2, p. 190-202, 2008.
- SOUZA, B. I. de; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. de. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. **Mercator**, v. 8, n. 16, p. 217-232, 2009.
- VAREJÃO-SILVA M. A. et al. **Atlas Climatológico do Estado da Paraíba**. Campina Grande: UFPB, 1984.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. USDA, Washington. **Agriculture Handbook**, n. 537, 1978. 58 p.