

MODELO DE MAPEAMENTO DA DETERIORAÇÃO DAS TERRAS SEMIÁRIDAS

**PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO¹, IÊDE DE BRITO CHAVES²,
LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES³,
EDUARDO RODRIGUES VIANA DE LIMA⁴, BERNARDO BARBOSA DA SILVA⁵**

¹ Doutorando pelo PPGEA, UFCG, Campina Grande-PB. Fone: (83) 2101-1055, paulomegna@ig.com.br

² Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, iedebchaves@hotmail.com

³ Enga. Agrônoma, Profa. Doutora, Depto. de Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, lhgarofalo@hotmail.com

⁴ Geógrafo, Prof. Doutor Depto. de Geociências, UFPB, João Pessoa-PB, eduvianalima@gmail.com

⁵ Meteorologista, Prof. Doutor, Depto. Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande-PB, bernardo@dca.ufcg.edu.br

Apresentado no
XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2013
04 a 08 de Agosto de 2013 - Fortaleza - CE, Brasil

RESUMO: A desertificação é o processo de degradação das terras que geralmente resulta de um emaranhado de causas e efeitos que se entrelaçam. A avaliação do grau de propensão à degradação ambiental torna-se necessária para identificar a magnitude e a extensão do problema. Neste trabalho fazendo uso de geotecnologias e reunindo informações sobre vegetação, relevo e solo, num modelo estimativo da degradação ambiental pelo uso de indicadores que reflitam os efeitos da degradação, objetivou estimar a erodibilidade dos solos e mapear a degradação das terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá, PB. No modelo para o mapeamento foi estimada a erodibilidade dos solos, a biomassa e a declividade utilizando a linguagem algébrica do SPRING para o cruzamento das informações. Observou-se que na bacia 87% das terras apresentaram relevo plano e suave ondulado; os solos apresentaram erodibilidade alta em 53,8% da bacia; as classes de vegetação Subarbustiva muito rala e rala ocupam 28,5%, as Arbustivas Subarbustivas e Subarbóreas abertas em 31,3% e a Arbustiva, Subarbórea e Arbórea densa 35,0%. Os resultados demonstraram que 46,4% das terras apresentam níveis médios de deterioração, as demais classes se distribuem em tamanho de área equivalentes.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem, geoprocessamento, degradação.

MAPPING MODEL OF DETERIORATION LAND SEMIARID

ABSTRACT: Desertification is the process of land degradation that usually results from a tangle of causes and effects that intertwine. The evaluating the degree of the propensity to degradation becomes necessary to identify the magnitude and extent of the problem. In this work, making use of geotechnology and gathering information on vegetation, topography and soil, an estimation model of environmental degradation through the use of indicators that reflect the effects of degradation, aimed to estimate the erodibility of soils and land degradation mapping of river basin Taperoá, PB. In the model for mapping methodology was estimate the erodibility of the soil, the vegetation index and the slope using the algebraic language for the SPRING crossing information. It was observed that 87% of the basin lands are plane and mild wavy relief, the high erodibility soils present in 53.8% of the basin, the

vegetation classes very sparse and sparse sub shrubby occupy 28.5%, shrubs and subshrubs sub arboreal 31.3% in open and shrubby, dense arboreal sub arboreal and 35.0%. The results showed that 46.4% of the lands have average levels of degradation, other degradation classes are distributed in equal sized area.

KEYWORDS: modeling, geoprocessing, degradation.

INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é quase sempre o resultado da pressão excessiva do uso das terras ao longo do tempo e do espaço, acelerando o processo erosivo dos solos. A erosão é um processo natural resultante da ação da chuva e do vento sobre as superfícies continentais. Com intervenções inadequadas das atividades humanas sobre o meio ambiente, como a supressão da cobertura vegetal para a introdução de práticas agrícolas e pecuárias, a exploração de bens minerais e implantação de núcleos urbanos, os processos erosivos se intensificam e passam a comprometer os principais recursos naturais do planeta, em particular, o solo e a água superficial (CARVALHO ET AL., 2010; CARVALHO E PINTO, 2010). Segundo estes autores, as carências de informações sobre a capacidade de suporte do meio físico e a deficiência de uso de técnicas conservacionista adequada às limitações das terras, têm sido a causa principal dos desequilíbrios nos sistemas ambientais.

Modelos relativamente simples podem descrever com certo grau de confiança os processos de degradação ambiental, facilitando a complementação de diagnósticos integrados dos recursos naturais e das suas relações com as atividades humanas. Neste sentido, segundo KAZMIERCZAK (2007), a avaliação do grau (ou do estado) de propensão à degradação ambiental é necessária para: (a) estabelecer a magnitude e a extensão do problema, no sentido de despertar a atenção dos órgãos governamentais e a comunidade local; (b) para identificar os impactos da degradação ambiental e compreender a sua natureza e as suas causas; e (c) para definir uma resposta apropriada no planejamento e na seleção de projetos e no estabelecimento de tecnologias para atenuar/suprimir as causas do processo de degradação.

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 tem como objetivo apresentar um modelo paramétrico simplificado para avaliação e mapeamento da degradação das terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Taperoá, com uma extensão territorial de 5.686,37 km² e localiza-se 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 de 300 e 500m, com relevo predominantemente suave ondulado. A drenagem é voltada para sudeste, o que facilita a penetração das massas atlânticas, propiciando temperaturas amenas (<26⁰C) e uma gradual distribuição da precipitação (400 a 800 mm), que aumenta com altitude no sentido dos divisores (SOUZA ET AL., 2004; AESA, 2011). O clima é, segundo a classificação de Koppen, do tipo Bsh - semiárido quente, com chuvas de outono concentrando-se nos meses de março e abril (VAREJÃO-SILVA ET AL., 1984).

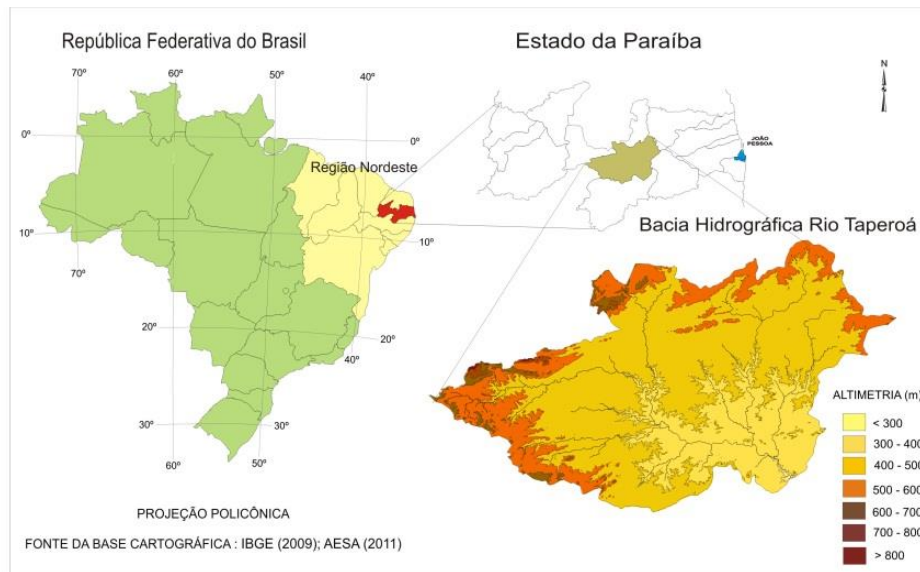


FIGURA 1. Mapa de localização da área de estudo.
Fonte: Adaptado de IBGE (2009); AESA (2011).

A vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila, e os solos predominantes são o Luvissole Crômico Vértico fase pedregosa relevo suave ondulado. Ocorre também o Vertissolo relevo suave ondulado e ondulado nas partes mais baixas; o Neossolo Regolítico e o Planossolo Nátrico relevo plano e suave ondulado, no centro-norte e nas áreas mais acidentadas, e o Neossolo Litólico Eutrófico fase pedregosa substrato gnaisse e granito (FRANCISCO ET AL., 2012).

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 deterioração das terras é diretamente proporcional a erodibilidade do solo e a declividade do terreno. Assim, o Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS) é função inversa do índice de cobertura do solo (IS) e direta da declividade do terreno (ID) e do índice da erodibilidade do solo (IE). Podendo ser assim, representado:

$$IDTS = IS * ID * IE \quad (\text{Eq. 1})$$

Em comparação com a análise que pode ser feita pelo modelo da Equação Universal de Perdas de Solo (WISCHMEIER E SMITH, 1978), não se considerou o fator prática conservacionista, nem o fator erosividade da chuva, uma vez que não se utiliza técnicas de controle da erosão na região e que, a área de estudo é relativamente pequena e homogênea do ponto de vista climático. Outro aspecto não considerado nesta modelagem é o fator tempo. O levantamento das informações é instantâneo para a data da imagem. Como se sabe, para as mesmas condições, o grau de deterioração das terras varia com o tempo.

Geração do índice de cobertura do solo

Na classificação da vegetação foi utilizado o programa Google Earth 6.2, onde foram pré-selecionados 212 alvos terrestres dos diferentes tipos de uso e cobertura da terra representativas da região de estudo e com características de vegetação e solos aproximadamente homogêneos. Após, identificados no campo, os alvos foram descritos em caderneta e georreferenciados conforme a metodologia de CHAVES ET AL. (2008), que através do Índice de Biomassa da Vegetação Lenhosa (IBVL) obtido da descrição da

vegetação é possível se fazer à estimativa do volume da biomassa da caatinga e estimar a sua degradação. Segundo FRANCISCO (2013) a correlação IBVL com NDVI foi de $r^2 = 0,8456$.

Utilizando as imagens do sensor TM LANDSAT 5, órbita 215, ponto 65 de 28/10/2009, as imagens foram tratadas no software ERDAS 8.5, onde foi executada a correção radiométrica e obtidas as imagens de radiância e reflectância, e gerada a imagem do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) de acordo com SILVA ET AL. (2005).

Com o objetivo de gerar o índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) e mapear, foi criada uma base de dados no SPRING 5.2, na projeção UTM/SAD69, importando a imagem-índice de vegetação e classificando-a com a utilização do programa LEGAL, de acordo com as classes estabelecidas pela correlação com o IBVL (Tabela 1).

TABELA 1. Classes e valores de vegetação

Classes de Risco	Vegetação (IBVL)	Índice da Classe
Muito Baixa	80-100	1
Baixa	60-80	3
Média	40-60	5
Alta	20-40	7
Muito Alta	0-20	9

Geração do índice de declividade

Para a geração do índice de declividade foi utilizado o mosaico digital do SRTM dos quadrantes SB24ZB e SB24ZD da área de estudo e 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 de declividade

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

Fonte: Adaptado de FRANCISCO (2010).

Geração do índice de erodibilidade

Na geração do índice de erodibilidade foi criada uma planilha no Excel onde 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), teve calculado sua erodibilidade, baseada na metodologia proposta por CHAVES ET AL. (2004). Esta metodologia utiliza o modelo proposto por DENARDIN (1990) modificado, adaptando os dados de textura do boletim de solos para obtenção do parâmetro granulométrico (M) e convertendo as descrições da drenagem dos perfis dos solos em classes de permeabilidade (P), para aplicação na fórmula de determinação proposta por DENARDIN (1990) (Eq. 2).

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

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 valores de erodibilidade

Classe de Risco	Erodibilidade (Mg mm MJ ⁻¹ ha ⁻¹)	Índice da Classe
Muito Baixa	<0,01	1
Baixa	0,01-0,02	3
Média	0,02-0,03	5
Alta	0,03-0,04	7
Muito Alta	>0,04	9

Estimativa e mapeamento da deterioração das terras semiáridas

O Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS) 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 o efeito exponencial da aceleração do processo erosivo. A definição dos limites das classes de Deterioração foi feita por aproximação das condições de risco de erosão, oferecidas pela conjunção do grau de riscos dos três parâmetros do modelo, baseado nos critérios de limitação da 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 IDTS (Eq. 1) procedendo-se o cruzamento dos subíndices temáticos para geração do mapa de deterioração das terras da bacia do Taperoá.

TABELA 4. Parâmetros para estimativa das classes de deterioração das terras

Classes de Risco	Cobertura Vegetal (IBVL)	Índice Classe	Declividade (%)	Índice Classe	Erodibilidade (MgmmMJ ⁻¹ ha ⁻¹)	Índice Classe	Intervalo Classe	Grau de Risco
Muito Baixa	0,80-1,00	1	0-3	1	<0,01	1	0-3	1
Baixa	0,60-0,80	3	3-6	3	0,01-0,02	3	3-15	27
Média	0,40-0,60	5	6-12	5	0,02-0,03	5	15-45	125
Alta	0,20-0,40	7	12-20	7	0,03-0,04	7	45-175	343
Muito Alta	0-0,20	9	>20	9	>0,04	9	>175	729

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados e discutidos para cada parâmetro do modelo proposto de acordo com o desenvolvimento do trabalho.

O mapa (Figura 2) apresenta a distribuição das classes de risco à erosão, em relação à proteção do solo pela vegetação. Pode-se observar que as áreas da classe de risco Muito Alta devido a mais baixa proteção do solo pela vegetação, abrange uma área de 1.675,7 km² que corresponde a 29,5% da área total da bacia (Tabela 5). Área praticamente igual é ocupada também pela classe Alta de risco, que é de 1.683,2 km² perfazendo, ambas, o total de 59,1% da área total da bacia.

Observa-se (Figura 2) que as classes Alta e Muito Alta de risco de erosão ocupam, em grande parte, o terço médio e o inferior da bacia e acompanham a rede de drenagem; de alguma forma, essa distribuição da vegetação rala a aberta nas proximidades da drenagem.

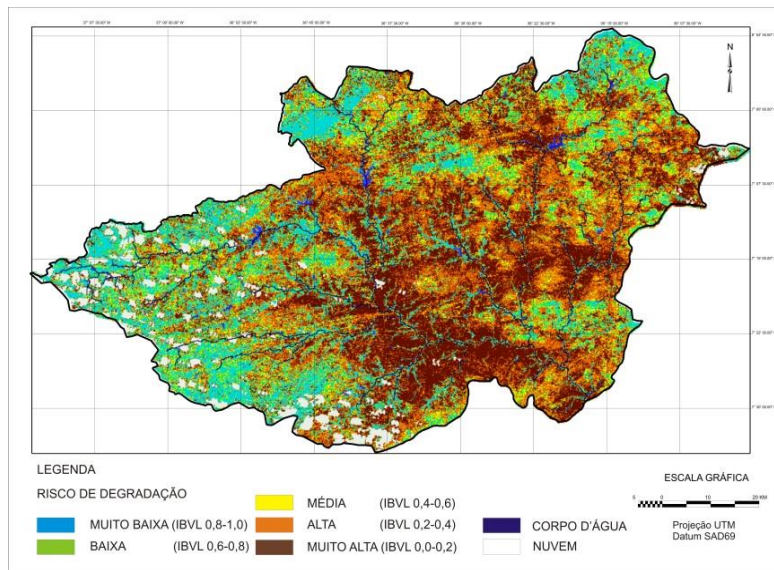


FIGURA 2. Mapa de cobertura do solo da área de estudo.

TABELA 5. Áreas de abrangência para classes de risco a deterioração das terras da bacia do rio Taperoá

Classes	Erodibilidade (km ²)	Declividade (km ²)	Cobertura do solo (km ²)	Deterioração (km ²)
Muito Baixa	0	3.369,98	1.045,19	538,78
Baixa	129,96	1.575,83	369,38	738,13
Média	2.173,71	501,79	666,56	2.635,06
Alta	3.056,33	153,51	1.682,24	851,44
Muito Alta	326,37	85,26	1.674,74	674,70
Corpo d'água			32,07	32,07
Nuvem			216,19	216,19
Total	5.686,37	5.686,37	5.686,37	5.686,37

Pelos dados apresentados na Figura 3 e na Tabela 5, pode se observar que pela metodologia utilizada, 59,28% das terras, apresentam relevo plano, ou seja, está na classe muito baixa, 0 a 3% de declividade. Somando-se a classe baixa, 3 a 6% de declividade, este percentual chega a 87%. Pelo exposto, pode se afirmar que as terras da bacia em estudo são predominantemente planas à suave onduladas, com declividades inferiores a 6%.

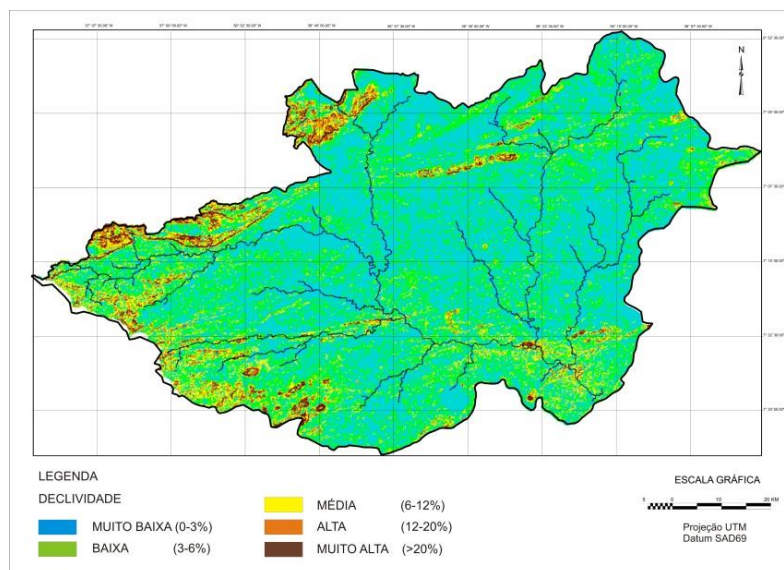


FIGURA 3. Mapa de declividade da área de estudo.

Observa-se que, a distribuição das áreas mais planas, da classe muito baixa e baixa de declividade, estão associadas, predominantemente, aos solos Neossolo Regolítico e Planossolo Nátrico, corroborando com as observações de FRANCISCO (2010). As áreas mais declivosas da bacia das classes alta e muito alta, estão relacionadas aos solos Neossolos Litólicos, que se distribuem nos contrafortes dos divisores da bacia a noroeste e a sudoeste, e em áreas de serras interiores. A classe muito alta, representando áreas com declividades superiores a 20%, ocupam 85,3 km². A classe alta, normalmente ocorrendo associada a classe muito alta, ocupa uma área de 153,5 km². A classe média de declive, com terras entre 6% e 12% de declividade, representa área já com forte restrição ao uso com agricultura, requerendo o uso intensivo de práticas conservacionistas. Estas terras ocorrem de forma difusa em toda a bacia. No terço mais baixo da drenagem estão fortemente associadas aos Luvisolos Crômicos, e no terço oeste da bacia, aos Neossolos Litólicos.

Pelos dados da Tabela 5, pode se observar que a classe de erodibilidade alta, ocupa uma área de 3.056,3 km² da bacia predominantemente pelos Neossolos Litólicos e os Luvisolos Crômicos. A classe de erodibilidade muita alta (Figura 4) está associada particularmente, ao solo Neossolo Regolítico, com ocorrência dispersa em vários pontos da bacia.

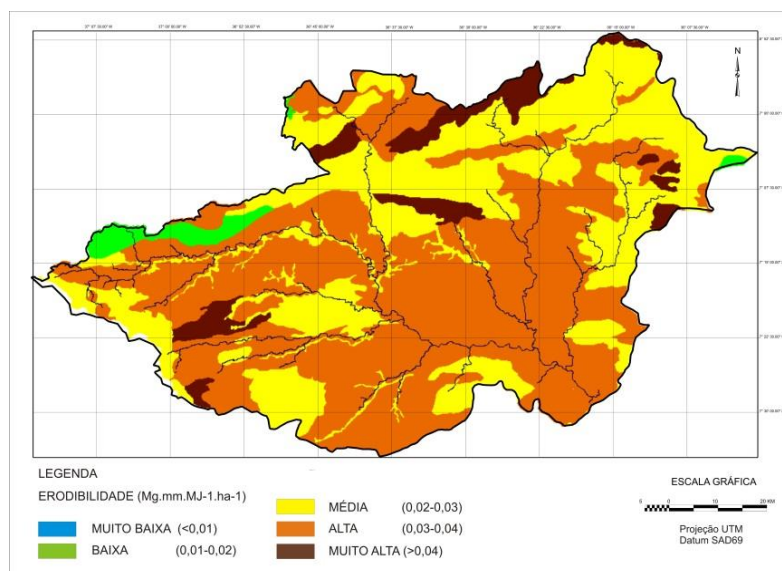


FIGURA 4. Mapa de erodibilidade da área de estudo.

A classe de erodibilidade média (0,02 a 0,03 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹) com a segunda maior representação em área na bacia, 2.173,7 km², que corresponde a 38,2% da área total, apresenta a maior diversidade de classes de solos. Em termos de área, os Planossolos Nátricos são os mais representativos ocorrendo no terço a nordeste da bacia.

A classe de erodibilidade baixa tem, como principal representante, em termos de área, o Cambissolo, que ocorre em quase todo o município de Cacimbas, a noroeste da bacia; e adentra no município de Taperoá em uma faixa que corre em paralelo à linha de serra do divisor com a bacia do rio Espinharas; outras duas pequenas áreas ocorrem em Latossolo, no município de Junco do Seridó e em Regossolo distrófico, no município de Pocinhos, já sobre o platô da serra, divisor com a bacia do rio Mamanguape. A baixa erodibilidade desses solos está relacionada à maior percentagem de areia no Latossolo e Regossolo e à maior drenabilidade do Cambissolo. A classe de erodibilidade muito baixa, com valores inferiores a 0,01 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹, não teve qualquer representante.

Baseado nos dados observados, pode se afirmar que, 46,4% das terras da bacia do Taperoá, uma área de 2.635,1 km², apresentam níveis médios de deterioração. A classe Média de deterioração, conforme pode ser observado na Figura 5, encontra-se distribuída de forma

difusa, por toda a área da bacia. Considerando a área de abrangência das classes de risco a deterioração das terras, pode se afirmar que a erodibilidade do solo foi o fator que mais contribuiu na determinação desta classe média de deterioração.

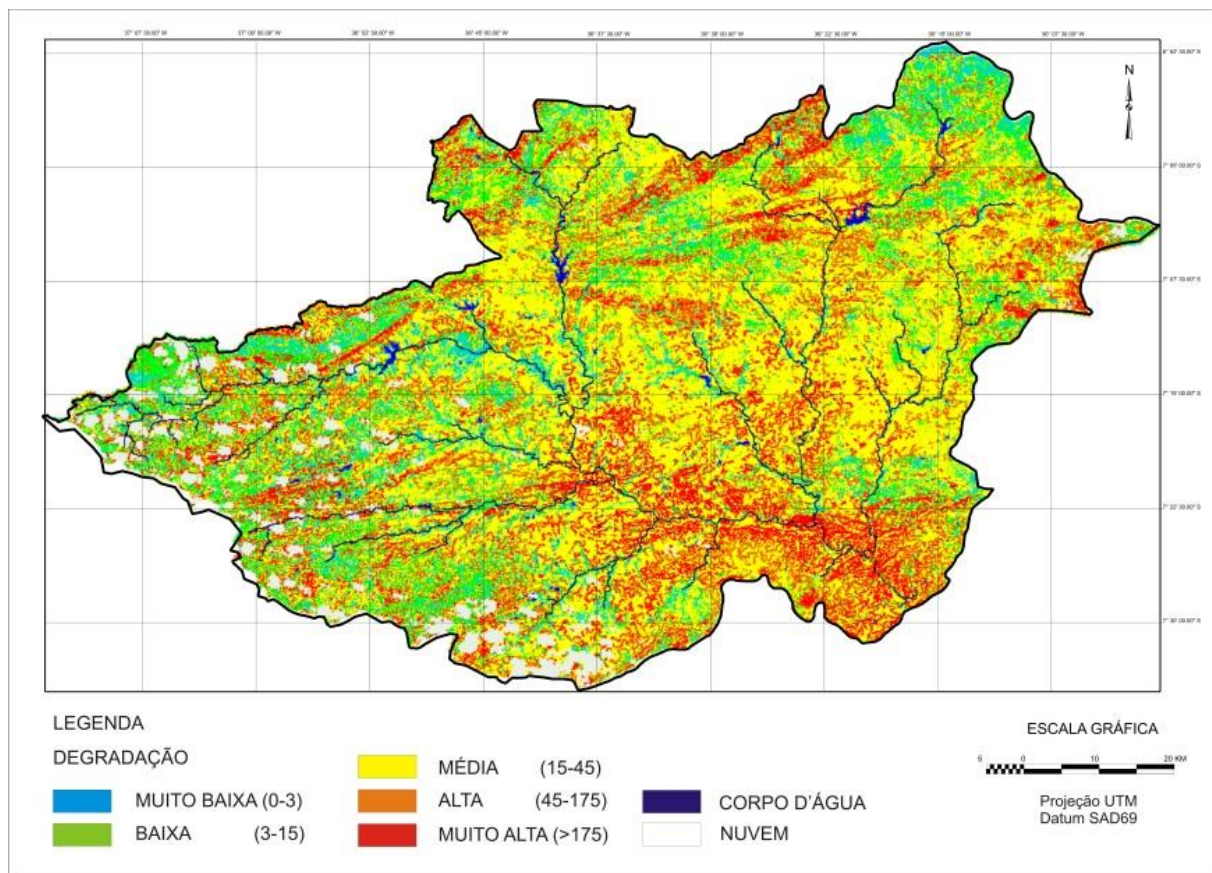


FIGURA 5. Mapa de deterioração das terras.

Em seguida vêm as grandes extensões das classes de vegetação de porte subarbustivo e arbustivo, com densidade rala e muito rala, contribuindo na classe Alta de deterioração e como principal fator contribuinte da classe Muito Alta de deterioração. Nos dois casos com áreas de ocorrência nas classes de 1.682,2 km² e 1.674,4 km², respectivamente.

Para as classes Muito Baixa e Baixa de deterioração (Figura 5), o principal fator contribuinte foi a Muito Baixa e Baixa declividade das terras da bacia hidrográfica, como pode ser visto na Tabela 20, com 3.370,0 km² e 1.575,8 km² de área, respectivamente, nestas classes de risco de erosão. Por fim, a expressiva contribuição da cobertura da vegetação a classe de Muito Baixa de deterioração, com uma área de 1.045,2 km², nesta classe de risco. Ajudando também a amenizar as condições de riscos de erosão das áreas mais declivosas. Como foi observado existe um maior grau de cobertura nas áreas mais declivosas e com solos mais rasos e pedregosos.

Além da predominância da classe Média de deterioração das terras, observa-se que as demais classes de deterioração se distribuem em tamanho de área, relativamente próximos. A classe Muito Alta de deterioração (Figura 5) ocorre em grande extensão, no terço médio e inferior do rio Taperoá. Em grande parte, associada à alta erodibilidade dos Luvissoles Crômicos vérticos e ao baixo nível de proteção da vegetação arbustiva e subarbustiva, rala e muito rala da área. A classe de deterioração Muito Baixa, por sua vez, ocorre nas áreas protegidas pela vegetação mais densa, em grande parte das terras do terço oeste da bacia e na parte a nordeste no município de Olivedos e circunvizinhanças.

CONCLUSÕES

O uso do geoprocessamento permitiu mapear a deterioração das terras da bacia hidrográfica em estudo.

Embora apresente limitações, a metodologia utilizada neste trabalho permitiu levantar informações importantes sobre o diagnóstico físico conservacionista da bacia hidrográfica, estimando dados quantitativos da deterioração dos solos e da vegetação.

Observou-se que na bacia 87% das terras apresentam relevo plano e suave ondulado; os solos apresentam erodibilidade alta em 53,8% da bacia; as classes de vegetação Subarbusciva muito rala e rala ocupam 28,5%, as Arbustivas Subarbuscivas e Subarbóreas abertas em 31,3% e a Arbustiva, Subarbórea e Arbórea densa 35,0%.

Os resultados demonstram que 46,4% das terras apresentam níveis médios de deterioração, as demais classes se distribuem em tamanho de área equivalentes.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de estudo ao primeiro autor e ao CNPq pelo apoio financeiro através do Projeto de Pesquisa nº 35/20109 INSA/CT-HIDRO-CNPq.

REFERÊNCIAS

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

CARVALHO, E. M.; PINTO, S. A. F.; SEPE, P.M.; ROSSETTI, L. A. F. G. Utilização do geoprocessamento para avaliação de riscos de erosão do solo em uma bacia hidrográfica: estudo de caso da bacia do rio Passa Cinco/SP. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife, 2010. p.001-008.

CARVALHO, E. M.; PINTO, S. dos A. F. Avaliação do potencial natural de erosão da bacia do córrego João Dias, Aquidauana, MS. **Anais III Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**. Cáceres, 2010. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.666 -675.

CHAVES, I. B.; SLACK, D. C.; GUERTIN, D. P.; LOPES, V. L. 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, 2004.

CHAVES, I. de B.; LOPES, V. L.; FFOLLIOTT, P. F.; PAES-SILVA, A. P. Uma classificação morfo-estrutural para descrição e avaliação da biomassa da vegetação da caatinga. **Revista Caatinga**, v.21, n.2, p.204-213, 2008.

DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. Piracicaba. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo, 1990.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

FRANCISCO, P. R. M. **Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB.** 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2013.

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**, n.2, 2012. p.233-249.

KAZMIERCZAK, M. L.; SEABRA, F. B. Índice de susceptibilidade de degradação ambiental [ISDA] em áreas do cerrado paulista. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** Florianópolis, 2007. INPE, p.2745-2752.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI, J.R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **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. 175p.

PARAÍBA. Governo do Estado - Secretaria de Agricultura e Abastecimento – CEPA – PB. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba.** Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eleto Consult Ltda. Dez, 1978. 448p.

SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.2, p.11-21, 2005.

SOUZA, B. I.; SILANS, A. M. B. P. & J. B. SANTOS. Contribuição ao estudo da desertificação na bacia do Taperoá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, PB, DEAg/UFCG. v.8, n.2/3, p.292-298, 2004.

VAREJÃO-SILVA M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR M. J. N.; NIETZCHE M. H.; SILVA, B. B. **Atlas Climatológico do Estado da Paraíba.** UFPB, Campina Grande, 1984.

WISCHMEIR, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning.** USDA, Washington. 58p. 1978. (Agriculture Handbook 537).