



ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO NA BACIA DO ALTO RIO PARAÍBA, REGIÃO SEMIÁRIDA DO ESTADO DA PARAÍBA

Patricia da Conceição Dornellas
Universidade Federal da Paraíba

Vinícius da Silva Seabra
Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Rafael Albuquerque Xavier
Universidade Estadual da Paraíba

Richarde Marques da Silva
Universidade Federal da Paraíba

Resumo

A bacia do Alto Rio Paraíba é estratégica para a gestão dos recursos hídricos no Estado da Paraíba. Recentemente, a bacia começou a receber águas da transposição do Rio São Francisco, gerando a perenização do rio principal até o Açude Epitácio Pessoa, principal reservatório hídrico da região, que abastece Campina Grande. Contudo, a realização de estudos sobre as perdas de solo na bacia são fundamentais para se analisar o comportamento hidrossedimentológico nesta bacia. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo avaliar as perdas de solo e as áreas mais propensas à erosão dos solos na bacia do Alto Rio Paraíba. Para tanto, neste estudo foi utilizada a Universal Soil Loss Equation (USLE), a partir da álgebra de mapas. As estimativas das perdas de solos predominaram entre baixa a moderada (0–120 t/ha.ano). Os resultados mostraram que as taxas de perdas de solo estimadas são compatíveis com a literatura para ambientes semiáridos. O fator “uso e cobertura” foi considerado o mais importante no cálculo da USLE para a bacia.

Palavras-chave: perdas de solo. USLE. semiárido.

ESTIMATED SOIL LOSS IN THE UPPER PARAÍBA RIVER BASIN, SEMIARID OF PARAÍBA STATE

Abstract

The Upper Paraíba River basin is strategic for the management of water resources in the Paraíba State. Recently the basin began to receive waters of the transposition of the São Francisco River, generating the perenization of the main

river. This water descends the course of the Paraíba river, passing until reaching the Boqueirão Dam, the main water reservoir of the region. However, the study of soil losses in the basin is fundamental to analyze the runoff-erosion behavior in this basin. In this sense, the present study aims to evaluate soil losses in the basin, determining the most critical factors and areas. Universal Soil Loss Equation was used from map algebra. The results showed estimates of low to moderate soil loss predominantly (0–120 t/ha.year). The estimated soil loss rates are compatible with the literature for semi-arid environments. The land cover factor was considered the most important in the calculation of the USLE for the basin.

Keywords: soil loss. USLE. semiarid.

INTRODUÇÃO

A erosão dos solos é um dos mais graves problemas ambientais em todo o mundo, levando a perda de solos e a queda na produtividade das terras. Esse é um fenômeno natural que ocorre na superfície terrestre, condicionado por um conjunto complexo de fatores físicos e naturais, além das atividades humanas, que tem contribuído para alterar a sua magnitude e ocorrência na superfície terrestre. Em regiões semiáridas, a erosão dos solos e o consequente processo de degradação das terras é um grave problema e vem chamando a atenção de pesquisadores e órgãos responsáveis (Santos et al., 2007), pois segundo Graf (1988), a produção de sedimentos em terras secas está entre as mais altas do mundo. Por outro lado, Gomes (2005) aponta que nessas áreas, principalmente em países pobres, a questão social leva as famílias a explorarem os ambientes semiáridos além da sua capacidade de suporte.

Dentre as consequências da erosão, destacam-se a degradação das propriedades físicas e químicas dos solos (Blaikie, 1985; Morgan, 1986; Guerra, 1998; Mafra, 1999; Santos et al., 2007, entre outros) e a produção de sedimentos que contribuem para o assoreamento dos corpos hídricos à jusante (Cavalcante e Cunha, 2012; Xavier et al., 2012; Santos et al., 2014). Nesse sentido, estudos sobre a quantificação das taxas de perdas de solo, em diferentes condições ambientais, ganharam importância nas últimas décadas, pois tornaram-se conhecimento básico necessário ao planejamento e a gestão do uso da terra. Em áreas de difícil instrumentalização e monitoramento, a modelagem capaz de avaliar com relativa precisão os mecanismos controladores dos processos erosivos e estimar a consequente taxa de perda de solo, torna-se uma poderosa ferramenta de estudo. Nas últimas décadas, um grande número de pesquisas buscou metodologias adequadas para estimar a perda de solos, sendo a Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) uma das mais utilizadas em todo o mundo (Albuquerque et al., 2005; Jardim et al., 2017). A aceitação da EUPS, também conhecida como *Universal Soil Loss Equation* (USLE), deve-se a facilidade de aplicação a partir dos dados de entrada (Oliveira et al., 2012; Zanin et al., 2017), e da boa previsão gerada nas estimativas de perdas de solo (Oliveira et al., 2012; Jardim et al., 2017).

Dentro desse contexto, o presente estudo avalia a estimativa de perdas de solos na bacia do Rio Paraíba, utilizando a USLE. A bacia do Alto Rio Paraíba está inserida em uma das regiões mais secas do país, o Cariri Paraibano (Xavier et al., 2012). A bacia é uma das mais importantes do Estado da Paraíba, de acordo com a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2009), a bacia possui uma capacidade de armazenamento hídrico de mais de 1 bilhão de m³, com a presença de vários e importantes açudes, como o Açude Cordeiros, Açude Camalaú, Açude Sumé e o Açude Epitácio Pessoa, popularmente conhecido como Açude Boqueirão, que abastece cerca de 1 milhão de pessoas em 19 municípios, dentre eles Campina Grande. Desde o último 18 de abril, o referido reservatório vem recebendo águas da transposição do Rio São Francisco, elevando o nível do açude de 3% para 9,2% de sua capacidade atualmente.

Entretanto, Brito e Vianna (2006) ressaltam que a capacidade inicial desse reservatório era de 535.680.000 m³ de água. Contudo, segundo dados batimétricos realizados pela Secretaria Executiva do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais (SEMARH) em 2004, a capacidade total do reservatório era de 411.686.287 m³, representando uma perda de 124 milhões de m³ de sua capacidade, ou seja, uma redução de 23% em 47 anos. Desta maneira, este trabalho tem como objetivo estimar as perdas de solo na bacia do Alto Rio Paraíba, utilizando a USLE, como forma de conhecer as áreas críticas e os fatores mais importantes para a perda de solo na bacia.

MATERIAL E MÉTODOS

Para estimar a perda de solo na bacia do Alto Rio Paraíba (Figura 1), foi utilizada a USLE, proposta por Wischmeier e Smith (1978), de acordo com a equação abaixo,

$$USLE = R.K.L.S.C.P \quad (1)$$

sendo USLE = perda de solo por erosão (ton/há.ano); R = fator de erosividade da chuva (MJ.mm há/hr/ano); K = erodibilidade do solo (t.h/MJ/mm); L = fator de comprimento da vertente; S = fator de declividade; C = fator de cobertura e ocupação do solo (adimensional); e P = fator de práticas conservacionistas (adimensional).

O fator R foi calculado utilizando a equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1990):

$$R = \sum \left[67,355 \left(\frac{p^2}{P} \right)^{0,85} \right] \quad (2)$$

sendo R a erosividade da chuva (MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹), p a precipitação pluvial média mensal (mm), e P a precipitação pluvial média anual (mm).

A interpolação dos dados para a geração da matriz de erosividade em superfície contínua foi realizada a partir do interpolador IDW no *software* ArcGIS 10.1[®]. Foram utilizados dados de séries históricas de 24 estações pluviométricas obtidos no banco de dados Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA).

O fator K (erodibilidade dos solos) foi obtido a partir da utilização do mapa de solos do Estado da Paraíba na escala 1:400.000 (SUDENE/EMBRAPA). Os valores utilizados para o fator K foram baseados em Lima (2003) e Silva et al. (2009), sendo 0,042 para os luvisolos, 0,046 para os neossolos litólicos, 0,03 para os vertissolos, 0,052 para os neossolos regolíticos, 0,06 para os neossolos flúvicos e 0,057 para os planossolos.

Para o cálculo de LS foi utilizado a equação abaixo:

$$LS = 0,00984 * S^{1,18} * Lx^{0,63} \quad (3)$$

sendo S a declividade em porcentagem e L o comprimento da rampa. Para a obtenção desse fator foram adquiridas cenas do modelo digital de elevação (MDE) SRTM 1 arc-second (com resolução espacial de 30 m) no portal da Agência Geológica Americana USGS. Na plataforma ArcGis 10.1 foi construído o mosaico das cenas SRTM, que posteriormente foram submetidos ao processo de delimitação automática de bacias, através da ferramenta *Watershed Delineation* (Delimitação de bacias). Na ferramenta *Watershed Delineation* (WD) foram calculadas as seguintes camadas de informação: direção de fluxos; acúmulo de fluxos; limites de bacias; e linhas de drenagem, a partir da atribuição de um limiar, em pixels (células). Depois foram gerados a direção de fluxos e o sentido do escoamento, onde o limiar definiu o número de células acumuladas (fluxo acumulado) necessárias para criar um canal de drenagem, e com isso uma bacia hidrográfica. A declividade foi calculada diretamente em percentuais, a partir do MDE SRTM, e ela deu origem ao fator S. A partir de álgebra de mapas, no *software* ArcGis 10.1 foi encontrado o fator LS.

Para a construção do mapa de uso e cobertura da terra foram adquiridas cinco imagens do Sentinel 2, todas de 04-08-2017, através do site da Agência Espacial Europeia (ESA). As imagens Sentinel 2 passaram por processo de construção de mosaicos e por correção atmosférica no modo SCP DOS do *software* Quantum GIS (Santos et al., 2017). Em seguida, foram gerados índices diversos que serviriam como descritores para a classificação da imagem por método GEOBIA (classificação supervisionada baseada em objetos), são eles:

RI (Índice de Vermelhidão) = (red-green)/(red+green);

NDWI (Índice da água por diferença normalizada) = (MIR – NIR)/ (MIR + NIR);

NDVI (Índice da vegetação por diferença normalizada) = (NIR - red)/ (NIR + red);

SAVI (índice de vegetação ajustado ao solo) = (L+1) (NIR - red)/ (NIR + red + L);

BI (índice de Brilho) = (red + green)/2, e;

BI2 (segundo índice de brilho) = (red + green+ NIR)/3.

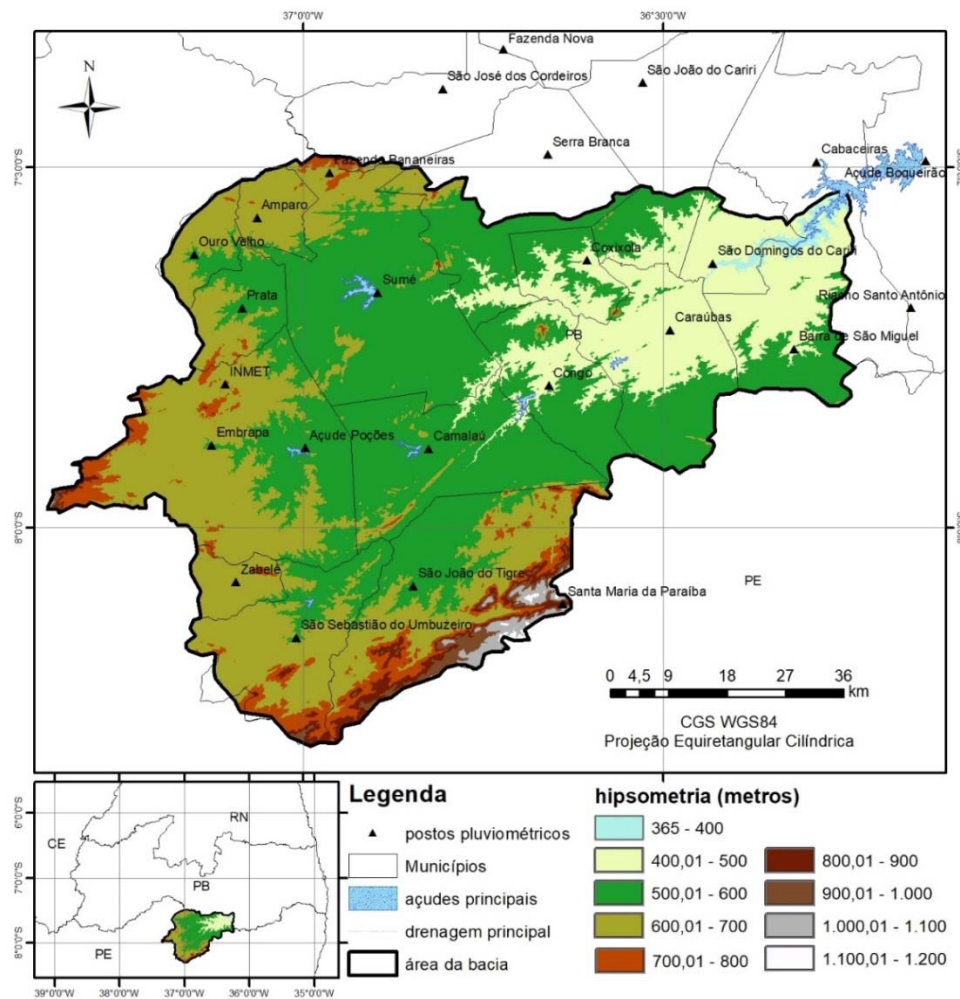


Figura 1. Localização da bacia do Alto Rio Paraíba.

A escolha da metodologia para mapeamento utilizando a classificação GEOBIA justifica-se na possibilidade maior de intervenção do intérprete no processo de classificação dos usos e coberturas da terra, o que é um fator muito importante em ambientes dinâmicos e complexos como o do bioma Caatinga. É importante destacar que Cruz et al. (2007) apontam que a classificação GEOBIA busca simular técnicas de interpretação visual utilizando técnicas de identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores, tais como: textura, cor, métrica e contexto.

Além dos índices descritores, foram usados também na classificação GEOBIA, as médias das bandas espectrais e a amplitude do relevo, que foi obtida a partir do SRTM. O início da classificação se deu pela segmentação da imagem com parâmetro de similaridade de 125 *pixels*. A partir da segmentação foram geradas 11 classes de uso e cobertura da terra. Em seguida realizou-se a amostragem para cada uma das 11 classes diferentes, que foram organizadas em 3 níveis de classificação.

No primeiro nível foram classificados os corpos hídricos, nuvens, sombras e outros. Neste nível foram usados como descritores as bandas B2 (azul), B3 (verde), B11 (infravermelho médio), B12 (infravermelho distante), B8A (borda do vermelho 4), amplitude do relevo e o índice SAVI. No segundo nível, separamos a classe “Outros” em Caatingas e Não Caatingas, utilizando como descritores as bandas B11, B12, B5 (borda do vermelho 1) e B7 (borda do vermelho 3).

O terceiro nível de classificação se dividiu em duas etapas. Na primeira etapa foram separadas: as caatingas densas secas; caatingas densas verdes; caatingas rarefeitas verdes e pastagens sujas; e pequenos cultivos ou algaroba (espécie invasora presente principalmente nas bordas dos rios). Nesta etapa foram utilizados como descritores a B2, B7, NDWI, SAVI e amplitude do relevo. Na segunda etapa foram classificados: as áreas desmatadas; áreas urbanas; afloramentos rochosos; e caatingas rarefeitas secas e pastagens sujas. Nesta etapa foram utilizados a B2, B11, B12, NDWI e amplitude do relevo.

Os valores do fator C foram extraídos segundo Lima (2003) e Silva et al. (2009), e atribuídos os seguintes valores: (a) áreas urbanas = 0,00005, (b) corpos hídricos = 0,00, (c) afloramentos rochosos = 0,000001, (d) caatinga densa = 0,0346, (e) caatinga rala = 0,0579, (f) pequenos cultivos e algaroba = 0,5 e (g) solo exposto = 1. O fator P foi considerado como 1 constante, pois devido a escala regional da pesquisa ficou difícil especializar as práticas conservacionistas.

A USLE foi calculada utilizando álgebra de mapas, no *software* ArcGis 10.1, a partir da multiplicação de todos os fatores da equação. As estimativas de perdas de solos foram classificadas segundo intervalos adaptados por Galdino et al. (2003), sendo proposto as seguintes classes: baixa (0–15 t/ha.ano), média (15,1–50 t/ha.ano), média-alta (50,1–120 t/ha.ano), alta (120,1–200 t/ha.ano) e muito alta (> 200 t/ha.ano).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Erosividade das chuvas

A erosividade média das chuvas mostrou grande variação espacial na bacia do Alto Rio Paraíba, variando de 1.305 MJ.mm/ha.ano a 6.822 MJ.mm/ha.ano, no sentido de leste para oeste na bacia (Figura 2a). A maior parte da bacia (54%) foi marcada por erosividade média (2.500 a 3.500), seguido por erosividade média alta (3.501 a 4.500), representando 34%.

Maciel e Xavier (2016), estudando a erosividade das chuvas na bacia do Rio Taperoá, tributária do Rio Paraíba e inserida na mesma condição regional que a bacia do Alto Rio Paraíba, obtiveram valores de erosividade entre 2.010 e 4.700 MJ.mm/ha.ano. Outros trabalhos realizados no semiárido brasileiro também indicaram esta variabilidade espaço-temporal da erosividade. Aquino *et al.* (2006) calcularam valores de erosividade das chuvas no semiárido do Piauí variando de 3.316 a 6.877 MJ mm/ ha.ano, enquanto Frota (2012) obteve para o Estado do Ceará valores variando de 5.137 a 6.695 MJ. mm/ha.ano.

Erodibilidade dos solos

Os solos mais comuns na bacia do Alto Rio Paraíba são: Luvisolos (46% da área), neossolos litólicos (40% da área), vertissolos (7,5%), neossolos regolíticos (2,5%), neossolos flúvicos (2,5%) e planossolos (1%) (Figura 2b).

Chaves *et al.* (2015), estudaram a erodibilidade dos solos na bacia do rio Taperoá e apontaram que a classe dos Neossolos litólicos e dos Luvisolos apresentam alto risco à degradação devido a sua alta erodibilidade. Os Neossolos regolíticos foram classificados como de muito alto risco de degradação devido sua erodibilidade.

Segundo Albuquerque *et al.*, (2001), em áreas desmatadas no semiárido paraibano, os Luvisolos apresentam perdas anuais de 58,5 t/ha⁻¹. Para os autores, essa classe de solo possui alta susceptibilidade à erosão hídrica que é potencializada pelas chuvas intensas, cobertura vegetal decídua e uso de técnicas agrícolas tradicionais.

Fator topográfico LS

O relevo é importante condicionante dos processos erosivos na medida que regula a velocidade e a direção dos fluxos hídricos nas encostas. O fator topográfico da bacia do Alto Rio Paraíba apresentou valores baixos na maior parte da área. De modo geral o relevo da bacia é marcado por extensas superfícies pedimentares suaves intercaladas por relevos residuais como serras e *inselbergs*. Xavier *et al.* (2016) ao mapearem a geomorfologia da bacia do rio Paraíba, verificaram que no domínio da Borborema as superfícies aplainadas e suavemente onduladas representam mais de 60% da área. Essa característica refletiu nos valores do fator topográfico para a bacia: a classe 0 a 0,5 (mais baixa) ocorreu em 57% da bacia, enquanto a classe acima de 2 (mais alta), só foi observada em 5% da área total (Figura 2c).

Uso e cobertura da terra

O mapa de uso e cobertura da terra da bacia do Alto Rio Paraíba mostrou que a caatinga densa é o principal tipo de cobertura, ocupando 46,4% da área (Figura 2d). A cobertura de caatinga rarefeita está presente em 26,5% da bacia, seguidas por área desmatada (24,1%), pequenos cultivos (2,1%), e outros de menor expressividade. A validação do mapa de uso e cobertura da terra se deu a partir de amostragem de 5% de todos os objetos classificados após todas as etapas do mapeamento, inclusive os de edição e generalização por dissolução. Para tal, todos os objetos foram separados por classes, e para cada um de seus polígonos representantes foram gerados centroides. Significa dizer que para cada classe do mapeamento de uso e cobertura da terra foram gerados, para todos seus objetos (polígonos), seus respectivos centroides (pontos), para uma posterior amostragem aleatória e estratificada.

A validação teve como resultado uma exatidão global de 81,3%, que pode ser considerado muito bom, e índice *Kappa* de 76%, que determina uma

concordância substancial entre as amostras do mapeamento gerado pela classificação GEOBIA e da sua validação no Google Earth.

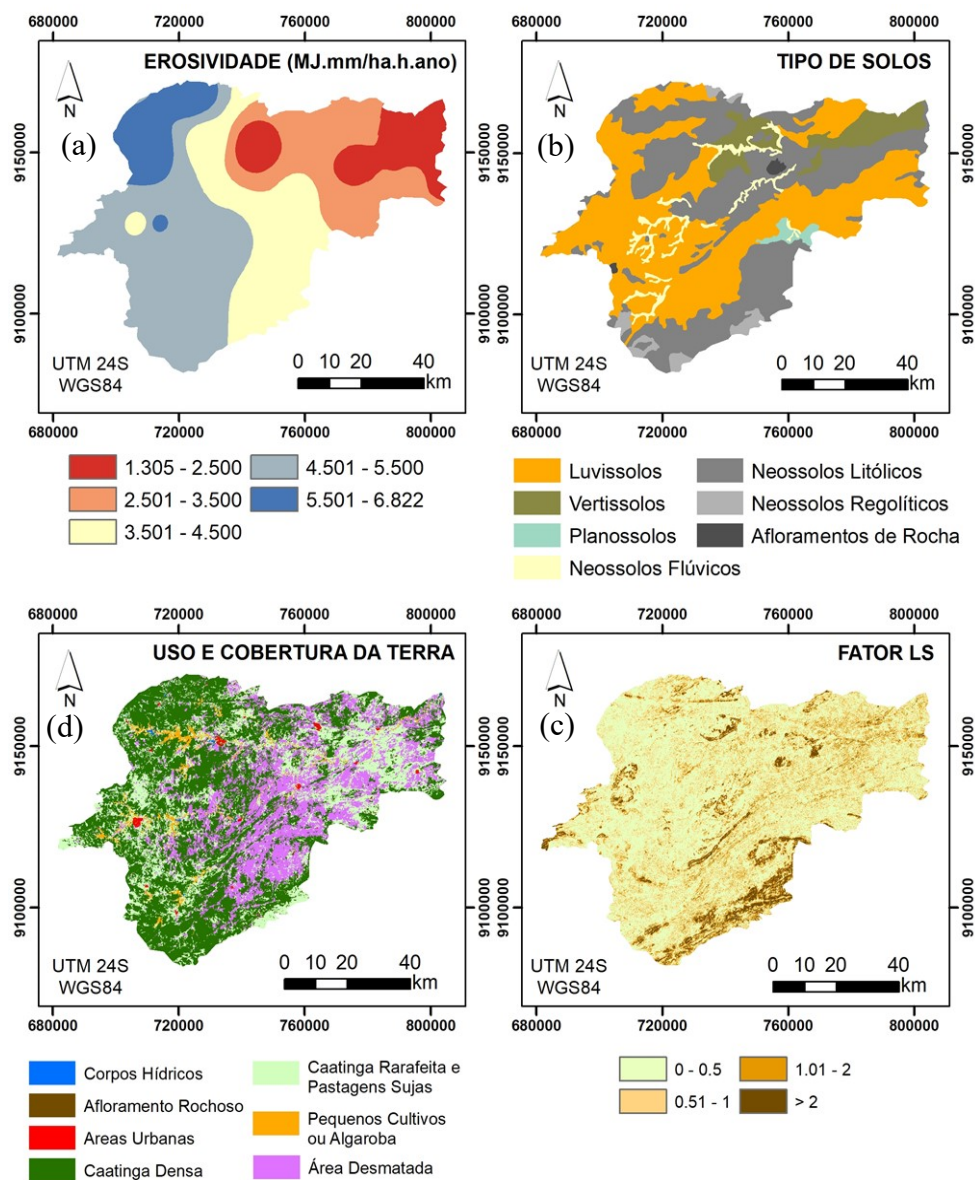


Figura 2. Fatores da USLE calculados e aplicados para a bacia do Alto Rio Paraíba.

Perdas de solo

O cálculo das perdas de solo, a partir da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo, mostrou que 71,5% da bacia do Alto Rio Paraíba apresenta estimativa de baixa taxa de perdas de solo, sendo inferior a 15 t/ha.ano (Figura 3). Áreas com taxas médias de perdas de solo (15,1 a 50 t/ha.ano) representam 13,6% da bacia,

taxa média alta (50,1 a 120 t/ha.ano) ocupa 10,4%, alta (120,1 a 200 t/ha.ano) abrange 3,2% da área e muito alta (acima de 200 t/ha.ano) apenas 1,4%.

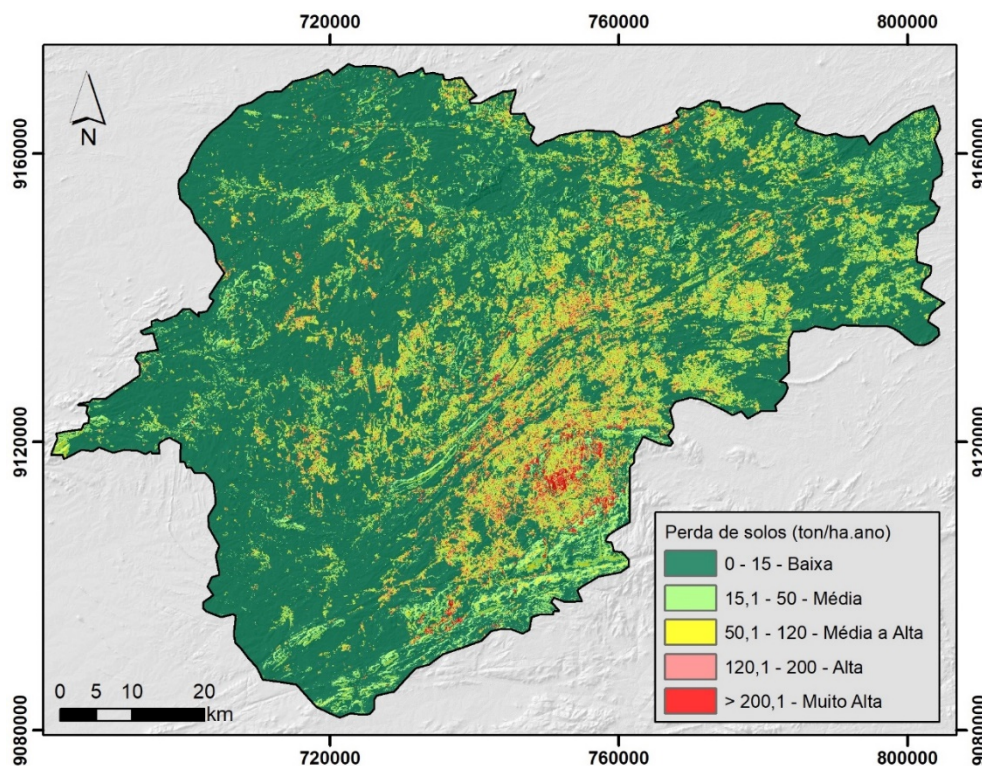


Figura 3. Mapa das perdas de solo na bacia do Alto Rio Paraíba.

Os resultados da USLE mostram que o principal fator determinante da variação espacial das perdas de solo na bacia é o uso e cobertura, pois, as áreas cobertas por caatinga densa e mesmo rarefeitas coincidem com baixas taxas, enquanto que as áreas desmatadas apresentaram valores de moderada a muito alta. A erosividade foi maior na porção oeste da bacia, próximo as cabeceiras, não correspondendo com as estimativas de perdas de solo. Além disso, todos os solos possuem altas taxas de erodibilidade, não sendo determinantes na variação espacial das perdas de solos. O fator topográfico apesar de possuir grande influência teve seu papel relativizado, pois nas áreas de serras e *inselbergs* há uma boa cobertura de caatinga. Seabra *et al.* (2014) estudando a relação da vegetação de caatinga com a geomorfologia da bacia do Rio Taperoá, que é vizinha a bacia do Alto Rio Paraíba, apontaram que as serras com topos ondulados apresentam 73,5% de sua área coberta por caatinga.

Os resultados obtidos para a bacia do Alto Rio Paraíba estão de acordo com a literatura para ambientes semiáridos brasileiros, como o de Silva *et al.* (2009) avaliando as perdas de solo a partir da aplicação da USLE na bacia hidrográfica do Rio Capiá, tributária do Rio São Francisco, entre os Estados de Alagoas e Pernambuco, estimaram perda anual de solo entre 0 e 40 t/ha.ano para 65% da

área da bacia. Lopes *et al.* (2011) que estimaram as perdas de solo para a bacia do rio Varjota, no semiárido cearense, e encontraram 74% da área da bacia com baixa susceptibilidade a erosão. Os autores atribuíram ao relevo plano a suavemente ondulado e/ou áreas vegetadas os fatores responsáveis pelas baixas taxas de perdas de solo na bacia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia do Alto Rio Paraíba ainda apresenta uma significativa cobertura vegetal de caatinga comparada a outras bacias da região. Essa característica foi determinante para as baixas taxas estimadas de perdas de solo observadas na maior parte da bacia. A aplicação da USLE na bacia do Alto Rio Paraíba mostrou-se satisfatória, pois teve boa correlação tanto com os fatores calculados, quanto com os dados de perdas de solo encontrados na literatura.

O avanço do desmatamento da caatinga na bacia torna-se altamente preocupante pois poderá expor os frágeis solos ao regime de chuvas concentradas, podendo elevar as taxas de perdas de solos para patamares superiores. De certa forma, a perenização do rio principal, com a chegada das águas da transposição do Rio São Francisco, pode gerar a expansão de atividades econômicas sobre o bioma da caatinga na região.

A intensificação do processo de assoreamento dos leitos fluviais e dos reservatórios que abastecem a região será uma consequência direta do aumento da erosão nas encostas, o que acabará por reduzir a capacidade de armazenamento e a própria vida útil dos açudes na bacia.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, ao CNPq e a FAPESQ-Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba por apoiarem esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W., LOMBARDI NETO, F. & SRINIVASAN, V. S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um luvisolo em Sumé (PB). R. Bras. Ci. Solo, 25:121-128, 2001.

ALBUQUERQUE, A. W.; FILHO, G. M.; SANTOS, J. R.; COSTA, J.P.V. & SOUZA, J.L. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé, PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.2, p.153-160, 2005.

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J.G.B.; SALES, M.C.L. 2006. Estimativa da erosividade das chuvas (R) nas terras secas do Estado do Piauí. Revista Ciência Agronômica, v.37, n.3, p.287-291, 2006.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação dos solos. São Paulo: Ícone, 1990. 335p.

BLAIKIE, P. The political economy of soil erosion in developing countries. Longman Group Limited, Nova York, 1985, 188p.

BRITO, F. B. de; VIANNA, P. C. G. . Conflito pelo uso da água do açude Epitácio Pessoa-PB. In: Seminário Luso-Brasileiro-Caboverdiano - agricultura familiar em regiões de desertificação, João Pessoa. Anais do Seminário Luso-Brasileiro-Caboverdiano - agricultura familiar em regiões de desertificação. João Pessoa: Editora da UFPB, 2006. v. Único. p. 86-100. 2006.

CAVALCANTE, A.A. & CUNHA, S.B.da. Morfodinâmica fluvial em áreas semiáridas: discutindo o vale do Rio Jaguaribe, CE, Brasil. Revista Brasileira de Geomorfologia, vol. 13, n.1, jan-mar, p.39-49, 2012.

CHAVES, I. B; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V. de & CHAVES, L. H. G. Modelagem e mapeamento da degradação da caatinga. Revista Caatinga, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 183 – 195, jan. – mar., 2015.

CRUZ, C.B.M., VICENS, R.S., SEABRA, V.S., REIS, R.B., FABER, O.A., RICHTER, M., ARNAUT, P.K.E., ARAUJO, M. (2007) Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil. 2007.

FROTA, P. V. 2012. Potencial de Erosão na Bacia Hidrográfica do Açude Orós – CE. (Tese de Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília, 2012.

GALDINO, S. *et al.* Perdas de solo na bacia do alto Taquari. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 40 p.(Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 44).

GOMES, A. R. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semiárida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento – área piloto de Parnamirim (PE). São José dos Campos, São Paulo. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) -Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2005. 163f.

MORGAN, R.P.C. Soil erosion and conservation. England, Longman Group, 298p, 1986.

GRAF, W.L. Fluvial Processes in Dryland Rivers. Springer-Verlag, Berlin. (346 pp.), 1988.

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos, Guerra e Cunha (orgs.). Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1998, 149-209p.

JARDIM, A. M. DA R. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. DO N.; SILVA, M. J. DA; MORAIS, J. E. F.; SILVA, T. G. F. da. Estimativas de perda de solo por erosão hídrica para o município de Serra Talhada, PE. *Journal of Environmental Analysis and Progress* V. 02 N. 03 (2017) 186-193.

LIMA, E. R. V. de. Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática. *Revista Cadernos do Logepa – Série Pesquisa* Ano 1, Número 1 - Jan/Jun de 2003.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M. de; TEIXEIRA, A. dos S.; CAITANO, R. F. & CHAVES, L. C. G. Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 5, n. 2, p.88-96, maio-agosto, 2011.

MACIEL, J. dos S. & XAVIER, R. A. Spatial dynamics of rainfall erosivity in the Taperoá river basin, semiarid region of Paraíba. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* v.6, n.4 (2016) 205-218

MAFRA, N. M. C. Erosão e planificação de uso do solo. In: *Erosão e conservação dos solos*. Guerra *et al.* (orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand, 1999, 301-322p.

OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. *Catena*, v.100, p.139-147, 2012.

SANTOS, CELSO A. G., SILVA, RICARDE MARQUES DA & SRINIVASAN, VAJAPYAM S. Análise das perdas de água e solo em diferentes coberturas superficiais no semi-árido da Paraíba. *OKARA: Geografia em debate*, v.1, n.1, p. 16-32, 2007.

SANTOS, J. C. N. dos; ANDRADE, E. M. de; MEDEIROS, P. H. A.; ARAÚJO NETO, J. R. de; PALÁCIO, H. A. de Q. & RODRIGUES, R. do N.. Determinação do fator de cobertura e dos coeficientes da MUSLE em microbacias no semiárido brasileiro. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.18, n.11, p.1157–1164, 2014.

SANTOS, P. P.; AUGUSTO, R. C.; RICHTER, M. Sentinels 2 - Procedimentos e potencial de utilização a partir de geotecnologias gratuitas. *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 28 a 31 de maio de 2017.

SEABRA, V. da S.; XAVIER, R. A.; DAMASCENO, J. & DORNELLAS, P. da C. Distribuição dos remanescentes de caatinga por unidades geomorfológicas da bacia do rio Taperoá-PB. *Anais do Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - GEONORDESTE 2014* Aracaju, Brasil, 18-21 novembro 2014, 289-293.

SILVA, R.M.; PAIVA, F. M. de L. & SANTOS, C. A. G. Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do rio Capiá baseado em SIG e sensoriamento remoto. *RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife-PE Vol.2 n.01 jan/abril 2009,26-40.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, D.C: USDA, 1978.

XAVIER, R. A., DORNELLAS, P. C., MACIEL, J. S. CÍCERO DO BÚ, J. Caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do Rio Paraíba-PB. Revista Tamoios, São Gonçalo (RJ), ano 08, n. 2, p. 15-28, jul/dez. 2012.

XAVIER, R. A.; SEABRA, V. S.; DAMASCENO, J. & DORNELLAS, P. C. da. Mapeamento geomorfológico da bacia do Rio Paraíba (PB) utilizando classificação baseada em objetos. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.10, n.23, mai./ago. de 2016. p.139-152.

ZANIN, P. R.; BONUMÁ, N. B. & MINELLA, J. P. G. Determinação do fator topográfico em bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v.18, n.1, (Jan-Mar) p.19-36, 2017.

Contato com o autor: Patricia da Conceição Dornellas <p.dornellas@uol.com.br>

Recebido em: 10/09/2017

Aprovado em: 15/12/2017