

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS UTILIZANDO A SDR E A MUSLE PARA A BACIA DO RIO MAMUABA, PARAÍBA

Ana Paula Campos Xavier¹; Alexandro Medeiros Silva²; Celso Augusto Guimarães Santos³ & Richarde Marques da Silva⁴

RESUMO – Este trabalho tem como objetivo estimar a produção de sedimentos na Bacia Periurbana do Rio Mamuaba, localizada na Região Metropolitana de João Pessoa, Estado da Paraíba. Para estimar a produção de sedimentos foram utilizadas a Taxa de Transferência de Sedimentos (SDR) e a Equação Universal de Perda de Solo Modificada (MUSLE), juntamente com técnicas de SIG. Os resultados obtidos mostraram que a produção de sedimentos usando a SDR foi de 0,001 t/ha e a MUSLE foi de 0,04 t/ha. Os resultados também mostraram que a porção sudeste da bacia é a que apresenta a maior produção de sedimentos, pois possuem maiores declividades e usos do solo que mais influenciam na produção de sedimentos. Conclui-se que a utilização integrada entre a SDR, a MUSLE e técnicas de SIG mostrou-se uma ferramenta eficaz na estimativa da produção de sedimentos e identificação de áreas mais vulneráveis ao processo de erosão na bacia periurbana do Rio Mamuaba.

ABSTRACT – This paper aims to estimate the sediment yield in the Mamuaba Catchment periurban basin, located in the Metropolitan Region of João Pessoa, Paraíba State. In order to predict the sediment yield, the Sediment Delivery Ratio (SDR) and Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) linked to GIS techniques were used. The results showed that the sediment yield using the SDR was 0,001 t/ha, while the estimated sediment yield by MUSLE was 0,04 t/ha. The results also showed that the southeastern region of the basin is the largest contributor to sediment yield, therefore have higher slopes and land uses that influence the sediment yield. The SDR, MUSLE and GIS techniques were very effective in assessing sediment yield in the Mamuaba Catchment.

Palavras-Chave – Modelagem de Dados. Geotecnologias. Erosão

INTRODUÇÃO

A erosão do solo é entendida como um ciclo de alteração, desagregação, transporte e sedimentação dos constituintes do solo, que são influenciados pela ação da água e do vento. A erosão, enquanto agente transformador da superfície terrestre, não se restringe ao mero impacto da chuva no solo. Os fatores interventores que agem na modelagem do terreno podem classificar-se em dois grandes grupos: (a) os que determinam ou caracterizam a ação erosiva da chuva e do escoamento superficial, e (b) os que determinam ou caracterizam a erodibilidade do solo no seu conjunto (tipo de solo e cobertura).

A topografia, o tipo de solo, a vegetação, a ação humana e o tempo, atuam conjuntamente nas bacias hidrográficas no sentido de alterar e modelar a paisagem. Outro fator interveniente e muito importante na modificação da paisagem é o uso inadequado do solo, que causa profundos impactos

¹ Bolsista de Extensão do Proext-MEC. Aluna do Curso de Engenharia Ambiental, UFPB, anapcxavier@gmail.com

² Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. Aluno do Curso de Graduação em Geografia, UFPB, medeiros_alexandro@hotmail.com

³ Professor Associado I, UFPB, CT, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, celso@ct.ufpb.br

⁴ Professor Adjunto II, UFPB, CCEN, Departamento de Geociências, richarde@geociencias.ufpb.br

aos recursos naturais através da degradação da qualidade do solo e da água. Como consequências do uso inadequado do solo pode-se citar a degradação dos solos, a diminuição da produtividade agrícola, o assoreamento dos rios e reservatórios e o aumento da concentração de elementos tóxicos nas águas, como os problemas mais importantes que merecem ser estudados.

Este trabalho enfoca a produção de sedimentos mediante a aplicação da MUSLE e de equação de taxa de transferência de sedimentos para se determinar o aporte de sedimentos na Bacia do Rio Mamuaba. Para tanto, modelos matemáticos vêm sendo usados extensivamente desde a década de 1950 com objetivo de investigar os problemas relacionados a estimativa de vazão e erosão e produção de sedimentos, entre outros processos relacionados aos recursos hídricos (Silva *et al.*, 2010). Atualmente, há uma enorme quantidade de métodos para se estimar a produção de sedimentos, seja através de forma direta, como, por exemplo, a coleta de dados em campo ou de métodos indiretos, por meio de modelos matemáticos.

Uma das formas mais utilizadas para estudar a produção de sedimentos em bacias, é através do uso de modelos de erosão. Os modelos mais utilizados para estimar a produção de sedimentos por erosão laminar são a Equação Universal de Perda de Solo (*Universal Soil Loss Equation – USLE*) (Wischmeier e Smith, 1965) e a Equação Universal de Perda de Solo Modificada (*Modified Universal Soil Loss Equation – MUSLE*) (Williams, 1975). A MUSLE é uma versão modificação da USLE, desenvolvida para estimar a produção de sedimentos em eventos chuvosos em uma bacia, diferentemente da USLE, que estima a perda de solo média, não levando em consideração o transporte de sedimentos.

Nesse sentido, para estudar a erosão dos solos, alguns modelos foram desenvolvidos com o propósito de estimar a taxa de transferência de sedimentos e a produção de sedimentos. Os modelos podem ser divididos em dois tipos: (a) empíricos e (b) base física. O primeiro são os chamados modelos estatísticos ou empíricos, como a USLE. Estes tipos de modelos são estabelecidos com base em estatísticas baseados em dados observados, que são usualmente de fácil manuseio e computacionalmente eficientes. O segundo tipo de modelo é chamado de paramétricos, determinísticos, ou modelos de base física, que são desenvolvidos e baseados em processos hidrológicos e sedimentológicos. Esses modelos requerem grande número de parâmetros de entrada.

Com evolução computacional e a disseminação das técnicas de Geoprocessamento e do Sensoriamento Remoto, os modelos hidrológicos foram incorporados ao ambiente SIG, permitindo a integração de bases de dados espaciais e não espaciais e, conseqüentemente, análises espaciais dos processos hidrossedimentológicos (Silva *et al.*, 2011).

A integração entre modelos de simulação hidrossedimentológica com o SIG permite a manipulação e a construção de bases espaciais de diversos tipos de dados de forma integrada num mesmo sistema de referência. De modo simplificado, um SIG combina diversos níveis de

informação sobre um lugar fornecendo-lhe uma melhor compreensão sobre o mesmo. Este trabalho busca comparar diversas equações de taxa de transferência de sedimentos (SDR) e estimar a produção de sedimentos na Bacia do Rio Mamuaba mediante o suporte de Sistemas de Informação Geográfica.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A bacia do Rio Mamuaba está localizada entre as latitudes $7^{\circ} 15' 00''$ e $7^{\circ} 21' 00''$ S e as longitudes $35^{\circ} 03' 00''$ e $35^{\circ} 07' 30''$ O, na porção Sul da Região Metropolitana de João Pessoa (Figura 1). O Rio Mamuaba é um dos principais rios que compõe a bacia hidrográfica do Rio Gramame, que é responsável pelo abastecimento de água para os municípios da Região Metropolitana de João Pessoa, no Estado da Paraíba. Essa bacia possui uma área de drenagem de aproximadamente 62 km^2 e apresenta evaporação média anual em torno de 1.300 mm .

Os solos predominantes na bacia do Rio Mamuaba são: Espodossolo, Argissolo Vermelho Amarelo, Argissolo Amarelo e Latossolo Vermelho, com relevo variando de suave a ondulado. Segundo Fonseca (2008), a região que está inserida a bacia do Rio Mamuaba, apresenta um índice elevado de devastação como consequência da exploração desordenada voltada para as atividades agrícolas, sobretudo o cultivo de cana de açúcar.

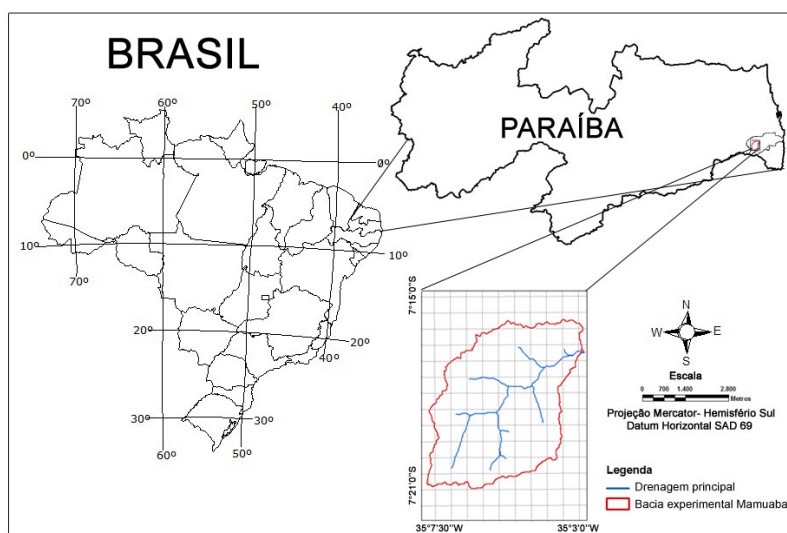


Figura 1 – Localização Geográfica da Bacia do Rio Mamuaba, Estado da Paraíba.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Equação Universal de Perda de Solo Modificada: determinação dos fatores

A MUSLE (Williams, 1975) vem sendo utilizada em diversos estudos de produção de sedimentos (Sadeghi e Mizuyama, 2007; Chaves e Piau, 2008), mostrando excelentes resultados. Sua simplicidade e seu pequeno número de variáveis tornam esse modelo potencialmente útil para a

estimativa do aporte de sedimento em pequenas e médias bacias. Na MUSLE, a produção de sedimentos (M) é medida em toneladas por unidade de área para cada evento, sendo dada pela Equação 6:

$$M = a(Q_s \times q_p)^b \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

em que: M = produção de sedimentos (t/ha); a e b = são coeficientes de ajuste (adimensional); Q_s = volume escoado total (m^3); q_p = vazão de pico do evento (m^3/s); K = fator de erodibilidade do solo que varia de acordo com os tipos de solos (t.ha.h/ha/MJ/mm); LS = fator topográfico, isto é, o conjunto de comprimento de rampa e grau de declividade (adimensional); C = fator do uso e ocupação do solo (adimensional), sendo a relação dos diferentes tipos de manejo da terra e a intensidade das perdas de solo; e P = fator prática conservacionista do solo onde é a relação entre determinada prática conservacionista e as perdas de solo (adimensional).

O fator de erodibilidade do solo (Fator K) foi obtido a partir da associação das unidades pedológicas da área de estudo junto a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999), com os valores de erodibilidade disponíveis nos trabalhos de Farinasso *et al.* (2006) e Mendonça (2005). A Tabela 1 mostra os valores de erodibilidade dos solos utilizados, bem como o percentual de abrangência para cada tipo de solo na bacia.

Tabela 1 – Valores do fator K para os solos da bacia do Rio Mamuaba.

Tipos de Solo	Erodibilidade (t.ha.h/ha/MJ/mm)	Área (km ²)	(%)
Espodossolo	0,030 ⁽¹⁾	21,00	34,25
Argissolo Vermelho Amarelo	0,024 ⁽¹⁾	35,00	57,08
Argissolo Amarelo	0,035 ⁽²⁾	0,83	1,35
Latossolo Vermelho	0,014 ⁽²⁾	4,49	7,32

Fonte: ⁽¹⁾ Mendonça (2005); ⁽²⁾ Farinasso *et al.* (2006).

Para a determinação do fator LS foi utilizado o Modelo Digital de Elevação da bacia, com resolução espacial de 30 m, adquirido junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Valeriano *et al.*, 2009), disponível em <http://www.dsr.inpe.br/topodata>. Esse modelo de elevação foi escolhido por se mostrar eficaz na representação do fator topográfico em bacias da região litorânea do Nordeste, como apresentado no trabalho de Silva *et al.* (2012). O fator LS foi estimado pelo modelo proposto por Moore e Burch (1986):

$$LS = \left(\frac{V}{22,13} \right)^{0,4} \left(\frac{\sin \theta}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (2)$$

sendo V = acumulação de fluxo multiplicada pelo tamanho da célula e θ = ângulo da declividade em graus.

Os fatores K e CP médio da bacia foram obtidos pela média dos resultados sendo estes valores de 0,03 t·ha·h/ha/MJ/mm e 0,081, respectivamente. O valor médio do fator LS para a bacia foi de 1,56. Para o mapeamento dos fatores C e P da área de estudo, foi utilizada uma imagem de satélite de alta resolução espacial *Quickbird* para o ano de 2011, obtido através do software Google Earth. Foi utilizada a imagem do ano de 2011 por ser a mais recente que não apresentou nuvens na área do limite da bacia, facilitando assim a identificação das classes temáticas na bacia. Em seguida, a imagem foi georreferenciada e aplicada a composição colorida das bandas 1(R), 2(G) e 3(B), para facilitar a identificação do uso e ocupação do solo na imagem.

Para o fator P na bacia Mamuaba foi atribuído o valor 1, adotando-se a metodologia proposta por Lee (2004), que recomenda que se não existem práticas conservacionistas no solo, deve ser atribuído o valor 1 ao fator P. Assim os fatores C e P podem ser analisados como um único fator. Neste estudo foram adotados os seguintes valores do fator CP: (a) Cana-de-açúcar = 0,018, (b) Abacaxi = 0,21, (c) Bambu = 0,01, (d) Coqueiro = 0,02, (e) Mata = 0,00004, (f) Vegetação rasteira = 0,01. Para as classes temáticas denominadas Vegetação rasteira e Cana de açúcar, os valores do fator C foram estimados com base no trabalho de Silva *et al.* (2012). Para a classe Bambu, o fator C foi determinado de acordo com o trabalho de Erencin (2000) e para as classes Abacaxi, Coqueiro e Mata, os valores de C foram obtidos do estudo realizado por Silva *et al.* (2012).

Os fatores de escoamento da MUSLE, Q_s e q_p são as principais entrada do modelo, e para este estudo, os dados observados de Q_s e q_p foram coletados no posto fluviométrico instalado no exutório da bacia localizado na coordenada 7° 16' 43" S e 35° 02' 51" O, que foram coletados para o período entre 2003 e 2009. Nesse período foram coletados 50 eventos de escoamento superficial diários no exutório da bacia.

Determinação da produção de sedimentos pela SDR

O SDR estima a taxa de transferência de sedimentos que passa pelo exutório da bacia, usando algumas características da bacia, tais como: a distância que percorre o fluxo entre a área fonte e a saída da bacia; forma da encosta; porcentagem da cobertura vegetal no caminho percorrido pelo fluxo entre a área fonte à saída da bacia; textura do material.

Assim, com base na área da bacia, através de aproximações matemáticas empíricas o SDR, significa a porcentagem de erosão bruta que irá passar pela seção de controle da bacia, sendo que a diferença entre o que passou e a erosão bruta corresponde ao material erodido que ficou depositado. O SDR foi calculado segundo Maner (1952), dada pela equação:

$$\log(SDR) = 2,943 - 0,824 \times \log\left(\frac{L_m}{F_r}\right) \quad (3)$$

sendo: SDR = taxa de transferência de sedimentos (adimensional); L_m = maior comprimento na bacia, paralelo ao rio principal (m); e F_r = desnível entre a cota média do divisor e a cota do exutório.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Estimativa da produção de sedimentos usando a MUSLE

A Figura 2 apresenta os tipos de solos e a distribuição espacial do fator K para cada tipo de solo na bacia do Rio Mamuaba. Os valores de K variam entre 0,014 e 0,035 t.ha.h/ha/MJ/mm, com valor médio de 0,03 t.ha.h/ha/MJ/mm. Verifica-se que aproximadamente 57% da área total da bacia apresenta solo do tipo Argissolo Vermelho Amarelo com fator de erodibilidade de 0,024 t.ha.h/ha/MJ/mm. O solo do tipo Argissolo Amarelo apresenta o maior valor de erodibilidade dos solos, 0,035 t.ha.h/ha/MJ/mm, e conseqüentemente é o tipo de solo que mais contribui nas perdas de solo, devido ao maior valor do fator K, este tipo de solo na bacia do Rio Mamuaba abrange uma área de aproximadamente 1 km², O solo do tipo Latossolo Vermelho possui o menor valor de erodibilidade dos solos, 0,014 t.ha.h/ha/MJ/mm, abrangendo 7,32% da área da bacia, ao contrário do solo do tipo Argissolo Amarelo, o Latossolo Vermelho é o solo que menos contribui sobre as perdas de solo, devido ao menor valor do fator K.

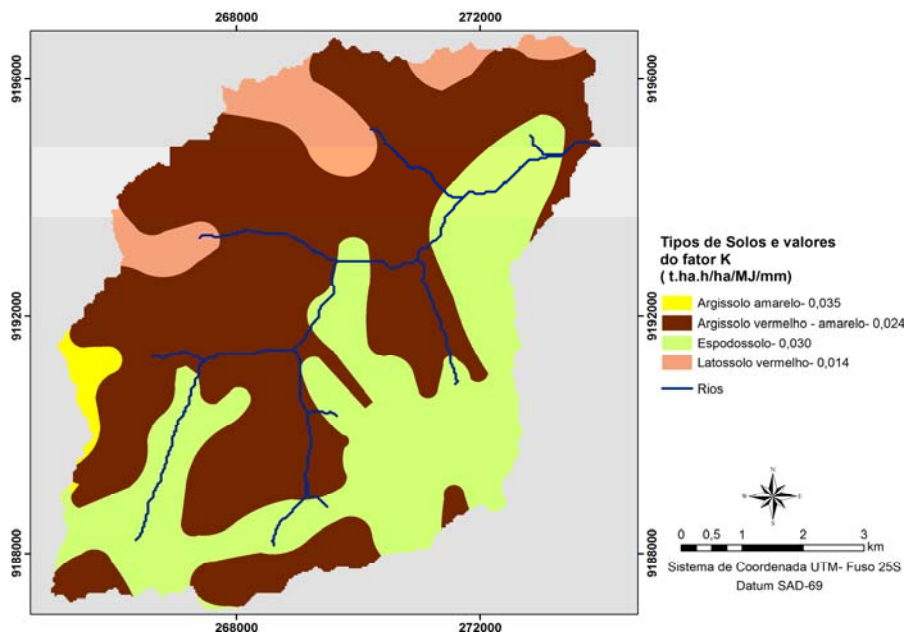


Figura 2 – Distribuição espacial do fator de erodibilidade dos solos para a bacia do Rio Mamuaba.

A Tabela 2 apresenta os resultados da estimativa das perdas de solo e a declividade média para os tipos de solos existentes na bacia. Verifica-se que o maior valor de perda de solo encontrado foi para o solo do tipo Espodossolo com 0,002 t/ha. Este resultado está relacionado a grande susceptibilidade deste tipo de solo aos processos erosivos, devido a um dos maiores fatores de

erodibilidade e sobretudo a alta declividade média, 8,59% na bacia, que contribui para as perdas de solo.

Tabela 2 – Relação entre os tipos de solo e os níveis médios de perda de solo na bacia do Rio Mamuaba.

Tipos de Solo	Perda de Solo (t/ha)	Declividade média (%)
Argisolo Amarelo	0,0007	7,20
Argisolo Vermelho amarelo	0,0006	8,25
Espodossolo	0,002	8,59
Latossolo Vermelho	0,0002	6,79

Com relação ao fator LS, constatou-se que seus valores variam entre 0 e 13 (Figura 3). Nas áreas próximas às margens dos cursos de água, localizam-se os pontos de maior variabilidade na elevação, as encostas mais íngremes e, conseqüentemente, os maiores valores de LS, entre 4 e 13, principalmente na parte sudeste e noroeste da bacia, essa porção da bacia abrange áreas onde está presente o solo do tipo Espodossolo, sendo a área com maior valor de declividade média de 8,59% (Tabela 2).

A Figura 4 mostra a distribuição espacial do uso e ocupação do solo na bacia. A Tabela 3 apresenta a área de abrangência de cada uso e ocupação do solo e seu percentual na bacia Mamuaba. Pode-se observar que a maior parte da bacia, cerca de 34%, é constituída por cultivo de cana de açúcar, 32% de Bambu e aproximadamente 19% de Vegetação rasteira, mostrando a grande intervenção antrópica sobre a bacia, devido principalmente as práticas de cultivo e, assim influenciando significativamente os processos erosivos na bacia, visto a inexistência de práticas adequadas de manejo do solo.

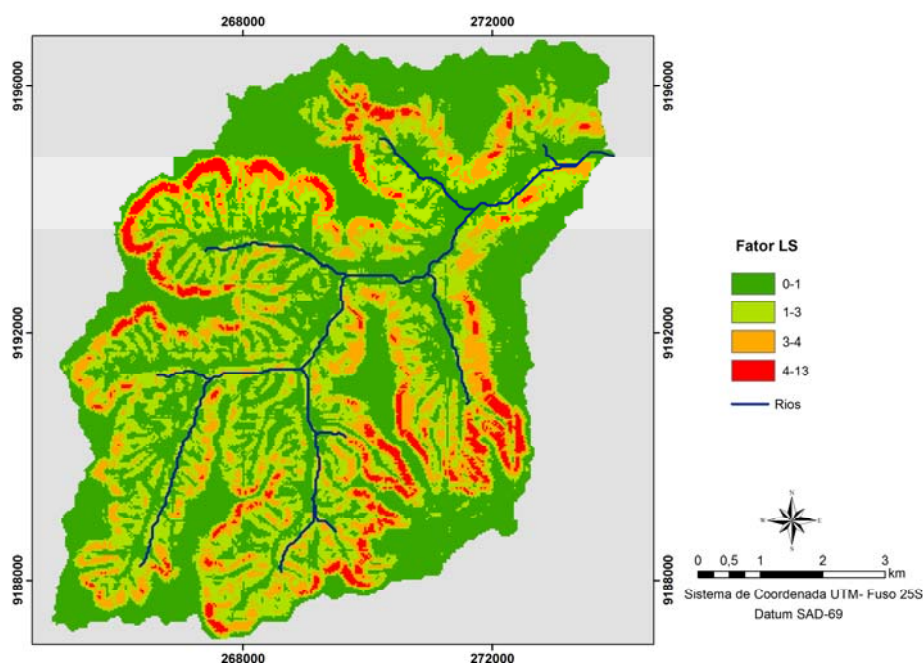


Figura 3 – Mapa do Fator topográfico (LS) para a bacia do Rio Mamuaba.

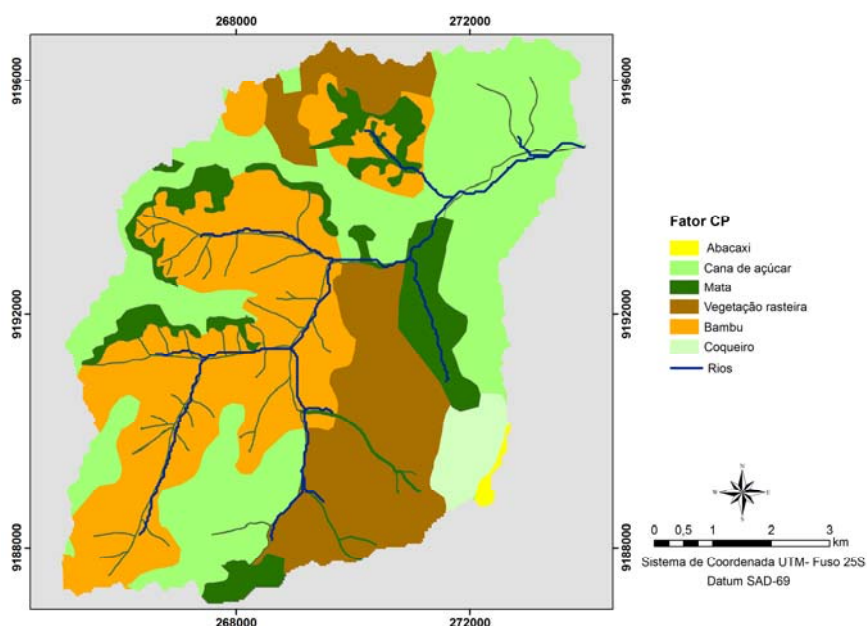


Figura 4 – Distribuição espacial do uso e ocupação do solo na bacia do Rio Mamuaba.

Tabela 3 – Área de abrangência de cada uso e ocupação do solo na bacia Mamuaba.

Classes	Área (km ²)	%
Cana-de-açúcar	20,88	34,02
Abacaxi	0,21	0,34
Bambu	19,77	32,21
Coqueiro	1,68	2,74
Mata	7,44	12,12
Vegetação rasteira	11,40	18,57
TOTAL	61,38	100,0

A Tabela 4 mostra as análises estatísticas da vazão de pico do evento (q_p), volume escoado total (Q_s) e a produção de sedimentos (M) para a bacia. A produção de sedimentos média dos 50 eventos obtida para a bacia utilizando a MUSLE foi de 0,04 t/ha, com vazão média igual a 0,71 m³/s. Verifica-se que o valor do desvio padrão da produção de sedimentos foi de 0,02 t/ha e coeficiente de variação igual a 55%. Esses resultados mostram valores baixos, evidenciando que os eventos utilizados na estimativa da produção de sedimentos apresentam pequenas variações. Esses resultados podem estar relacionados, sobretudo aos valores médios dos fatores K , LS , CP e aos coeficientes a e b da MUSLE serem constantes para a bacia.

Tabela 4 – Análises estatísticas da vazão de pico, volume escoado total e produção de sedimentos.

Análises estatísticas	Vazão de pico q_p (m ³ /s)	Volume escoado total Q_s (m ³)	Produção de sedimentos MUSLE (t/ha)
Média	0,71	60.988,99	0,04
Desvio Padrão	0,34	29.376,35	0,02
Variação (%)	48	48	55

A Figura 5 apresenta a produção de sedimentos estimada para os 50 eventos observados de escoamento no exutório da bacia. Observou-se que 18 eventos ocorreram acima da média (0,04 t/ha), isto é, 36% do total de eventos da bacia, e em apenas um evento a produção de sedimentos foi de 0,12 t/ha. Comparando os valores obtidos de produção de sedimentos SDR e pela MUSLE de 0,001 e 0,04 t/ha, respectivamente, resultou numa variação entre esses resultados de 97,5%, a essa diferença é atribuído ao fato de que os dados observados de vazão utilizados no cálculo da MUSLE serem de épocas distintas (de 2003 à 2009) dos dados utilizados para o cálculo da SDR, como por exemplo, a imagem de satélite ser do ano de 2011.

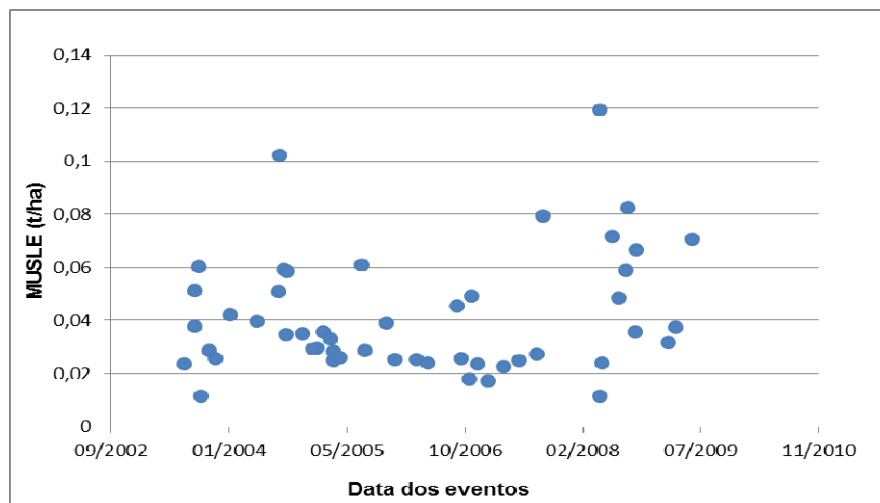


Figura 5 – Produção de sedimentos estimada para os 50 eventos observados de escoamento no exutório da bacia do Rio Mamuaba.

Razão de transferência de sedimentos (SDR) e aporte de sedimentos na bacia

O SDR obtido através da aplicação das equações apresentadas, a diferença de cada SDR em relação a média, e a produção de sedimentos para cada método empírico na bacia de estudo, são apresentados na Tabela 4. A partir do valor do SDR e do valor médio mensal da perda de solo obtido, foi estimada a carga de sedimentos que potencialmente chegaria ao exutório da bacia.

Com relação à taxa de transferência de sedimentos SDR, o valor obtido para a bacia foi de 1,2. Esse resultado mostra que aproximadamente 10% da perda de solo estimada pela SDR foram carregados para o exutório da bacia. Alguns autores que utilizaram a SDR para estimar a taxa de transferência de sedimentos na região Nordeste do Brasil, apresentaram valores de SDR próximos a 1,2, como o trabalho realizado por Silva *et al.* (2009) na Bacia do Riacho Gameleira/PE que obtiveram 0,90 de SDR e Silva *et al.* (2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostrou que a Bacia do Rio Mamuaba apresenta um potencial de perdas de solo considerado baixo segundo a classificação proposta por Silva *et al.* (2012), resultando em produção

de sedimentos estimado pela MUSLE de 0,04 t/ha, enquanto com a SDR foi de 0,001 t/ha., A MUSLE mostrou-se adequado para predições da produção de sedimentos na bacia, recomendando-se os coeficientes “a” e “b” iguais a 89,6 e 0,56, respectivamente, com fator topográfico de 1,56.

BIBLIOGRAFIA

CHAVES, H.M.L.; PIAU, L.P. Efeito da variabilidade da precipitação pluvial e do uso e manejo do solo sobre o escoamento superficial e o aporte de sedimento de uma bacia hidrográfica do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32(2): 333-343, 2008.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

ERENCIN, Z. **C-factor mapping using remote sensing and GIS, a case study of Lom Sak / Lom Kao, Thailand**. Giessen: Geographisches Institut der Justus-Liebig-Universität Giessen, 2000.

FARINASSO, M.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; RAMOS, V.M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – equação universal de perdas de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI/MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 7(2): 73-85, 2006.

FONSECA, F. **Efeitos do turismo na demanda d’água da bacia do Rio Gramame: Estudo de caso**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Campina Grande, PB: Universidade Federal de Campina Grande.

LEE, S. Soil erosion assessment and its verification using the Universal Soil Loss Equation and Geographic Information System: a case study at Boun, Korea. **Environmental Geology**, 45(4): 457-465, 2004.

MANER, S.B. (1958) Factors affecting sediment delivery rates in the Red Hills physiographic area. **Transaction of American Geophysics**, 39, 669 – 675.

MENDONÇA, I.F.C. **Adequação do uso agrícola e estimativa da degradação ambiental das terras da microbacia hidrográfica do Riacho Una, Sapé-PB**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas.

MOORE, I.D.; BURCH, G. Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. **Soil Science Society of America Journal**, 50(5):1294-1298, 1986.

SADEGHI, S.H.R.; MIZUYAMA, T. Applicability of the Modified Universal Soil Loss Equation for prediction of sediment yield in Khanmirza watershed, Iran. **Hydrological Sciences Journal**, 52:5, 1068-1075, 2007.

SILVA, R.M.; SILVA, L.P.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SANTOS, C.A.G. Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. **Revista Sociedade & Natureza**, 22(2): 357-372, 2010.

SILVA, R.M.; MONTENEGRO, S.M.G.; SANTOS, C.A.G. Integration of GIS and remote sensing for estimation of soil loss and prioritization of critical sub-catchments: a case study of Tapacurá catchment. **Natural Hazards**, 63(3): 576-592, 2012.

SILVA, R.M.; PAIVA, F.M.L.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SANTOS, C. A. G.; **Aplicação de equações de razão de transferência de sedimentos na bacia do Rio Gameleira com suporte de Sistemas de Informação Geográfica**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009. p. 1-20.

SILVA, R.M.; SILVA, L.P.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SANTOS, C.A.G. Spatial analysis of vegetal cover and sediment yield in Tapacurá river catchment based on remote sensing and GIS. **Land Reclamation**, 42(1): 5-16, 2010.

VALERIANO, M.M.; ROSSETTI, D.F.; ALBUQUERQUE, P.C.G. Topodata: desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfométricos locais em cobertura nacional. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1-8.

WILLIAMS, J.R. **Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor**. USDA-ARS S-40: Present and prospective technology for predicting sediment yield and sources. Washington: USDA, 1975.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planting**. Washington: USDA, 1965.