

# Modelagem espacial da erosão utilizando sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do Rio Doce, porção do Espírito Santo.

Aurélio Azevedo Barreto-Neto<sup>1</sup>  
Dejanyne Paiva Zamprogno<sup>1</sup>  
José Antônio Tosta dos Reis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo - CEFETES  
Av. Vitória, 1729, Jucutuquara - 29040-780 - Vitória – ES, Brasil  
aurelio@cefetes.br  
dejanyne@cefetes.br  
tosta@cefetes.br

**Abstract.** This paper provides spatial and georeferenced information related to the erosion in Doce river basin, Espírito Santo state, for different rain events, using Landsat 5-TM images. The used data were: images of Landsat 5-TM, soil map, rain events, digital elevation model and drainage net. The used methodology was to adapt the modified universal soil loss equation (MUSLE) with the objective of simulating the soil loss for each rain event in the Doce river watershed. For each rain event a map was generated with the spatial information of the erosion in the basin. More expressive erosions were verified in sites with suppression of vegetation and high steepness. The developed simulation model can be updated with the generation of new land use map in the database by acquisition of updated satellite images. The simulation model can be used to select priority sites for the recovery of areas with larger erosion probability and to know, quantitatively, the soil loss for each rain event.

**Palavras-chave:** remote sensing, erosion, sensoriamento remoto, erosão, uso do solo.

## 1. Introdução

A bacia hidrográfica do rio Doce apresenta uma extensão territorial de 83.400 km<sup>2</sup>, dos quais 86% pertencem ao Estado de Minas Gerais e 14% ao Estado do Espírito Santo. A bacia abrange as áreas de 228 municípios, sendo 202 em Minas Gerais e 26 no Espírito Santo e possui uma população total de 3,1 milhões de habitantes.

No âmbito do Estado do Espírito Santo, o Rio Doce é o maior rio do Estado e um dos mais importantes do país. Os 26 municípios pertencentes à bacia possuem um total de 739.403 habitantes (IBGE, 2000), quase um quarto da população capixaba.

A economia da bacia do Rio Doce está baseada principalmente nas atividades de agricultura (fruticultura, café, cana-de-açúcar, cacau, eucalipto), pecuária de leite e corte, suinocultura, hortifrutigranjeiros, indústrias, mineração e geração de energia. Originalmente a bacia era coberta por Mata Atlântica. A intensa devastação restringiu o revestimento florístico originário basicamente à área do Parque Estadual do Rio Doce em Minas Gerais. As demais matas correspondem a uma vegetação que sofreu influência antrópica intensa, constituindo-se em vegetação secundária. Na bacia encontram-se vastas áreas em estado avançado de desertificação, lagoas eutrofizadas, nascentes desprotegidas e processos erosivos. Da cobertura vegetal original, mais de 90% foi extinta, do restante, menos de 1%, encontra-se em estágio primário (Fonseca, 1985).

Atualmente 95% das terras da bacia são constituídas por pastos e capoeiras, demonstrando a predominância da atividade pecuária. As florestas plantadas, constituídas principalmente por espécies do gênero *Eucalyptus*, ocupam principalmente o médio Rio Doce. Uma análise dos processos de ocupação e crescimento econômico da bacia do rio Doce, concentrados principalmente nos últimos 50 anos, mostra que se estabeleceram de uma forma totalmente desordenada, sem levar em conta os possíveis reflexos futuros.

Devido às características dos solos e ao manejo inadequado, a erosão tem se tornado um dos maiores problemas ambientais da bacia do Rio Doce. No estado de Espírito Santo, o Rio Doce representa o maior manancial de água doce. O rio, que no Estado flui com declividades menores, forma vastas áreas assoreadas em seu leito.

Diante da importância econômica, ambiental e social da bacia do Rio Doce para o estado do Espírito Santo e conseqüentemente para o Brasil, é de fundamental importância a quantificação da perda de solo que ocorre nessa bacia em decorrência das mudanças do tipo de uso e ocupação da sua superfície. O monitoramento e modelagem de erosão permitem o conhecimento da quantidade de solo perdida por cada evento de chuva, bem como a previsão e quantificação dessa erosão para futuros cenários de uso e ocupação do solo.

## 2. Metodologia de Trabalho

A metodologia utilizada nesse trabalho de pesquisa está subdividida em 07 (sete) etapas, descritas a seguir.

Na etapa 01 foi realizada a aquisição, a partir de pesquisa bibliográfica, compra e visita a campo, dos seguintes dados da área em estudo: mapa topográfico, imagem de satélite Landsat-TM, mapa de solos, mapa geológico, mapa de tipos de vegetação e dados pluviométricos.

Na etapa 02 foi realizado o georeferenciamento das imagens e posterior desenvolvimento do mosaico com as quatro imagens.

Na etapa 03 foi realizado o processamento digital nas imagens de satélites, utilizando técnicas de realce de contraste, filtragem, combinação entre bandas, e classificação supervisionada de modo a ressaltar as características espectrais para alvos, tais como cobertura vegetal, solo exposto e rede de drenagens.

Na etapa 04 foi desenvolvido o banco de dados espaciais no Sistema de Informações Geográficas ArcGIS. Esse banco de dados foi composto por: imagens de satélites e suas interpretações; mapas temáticos de tipos de solos, de vegetação, de geologia, de uso e ocupação do solo, de rodovias, de ferrovias, de rede de drenagem; informações tabulares de pontos amostrados; imagens fotográficas e dados de pluviosidade. Nessa etapa também foi gerado o modelo digital do terreno (MDT), a partir dos dados topográficos, e o mapa de declividade do terreno. A geração desses dados fez-se necessário para alimentar o modelo matemático de perda de solo.

Na etapa número 05 foi realizado a modelagem matemática para quantificação da massa de solo erodido, para um evento de chuva, na área em estudo. Para esse fim, foi aplicado o modelo da equação universal de perda de solo modificada (EUPSM) (Williams, 1975; Chaves, 1991; Barreto-Neto, 2004). Esse modelo é uma derivação da equação universal de perda de solos (EUPS) (Wischmeier and Smith, 1978) bastante utilizada em todo o mundo até os dias atuais (Auerswald et al., 2003). Na EUPSM, o fator erosividade da chuva foi substituído pelo produto do volume de enxurrada ( $Q$ ) e a vazão de pico ( $q_p$ ). A variável dependente nesta equação é o aporte de sedimento ( $Y$ ) no exutório da bacia provocado por uma chuva individual, ao invés da perda de solo média anual, como é determinada pela EUPS.

A EUPSM pode ser representada basicamente pela seguinte expressão matemática:

$$Y = 89,6 (Q \cdot q_p)^{0,56} K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

No qual  $Y$  é o aporte de sedimentos (toneladas),  $Q$  é o volume de escoamento superficial gerado pelo evento de chuva ( $m^3$ );  $q_p$  é a vazão de pico ( $m^3/s$ );  $K$  é a erodibilidade do solo

(t.h/MJ.mm);  $LS$  é o fator declividade/comprimento de rampa (adimensional);  $C$  é o fator de uso e manejo das culturas (adimensional) e  $P$  o fator de práticas conservacionistas (adimensional). Os coeficientes 89,6 e 0,56 da equação foram determinados por Williams (1975) com base em várias bacias hidrográficas. Essa etapa foi executada para vários eventos de chuva, com diferentes durações e períodos de retorno.

Na etapa número 06 foram gerados os mapas temáticos com a espacialização das áreas com susceptibilidade à erosão, para os vários eventos de chuva analisados na área estudada.

### 3. Resultados e Discussão

A etapa 03 da metodologia resultou no mapa de uso e ocupação da bacia, como mostrado na Figura 1, explicitando as características mais marcantes.

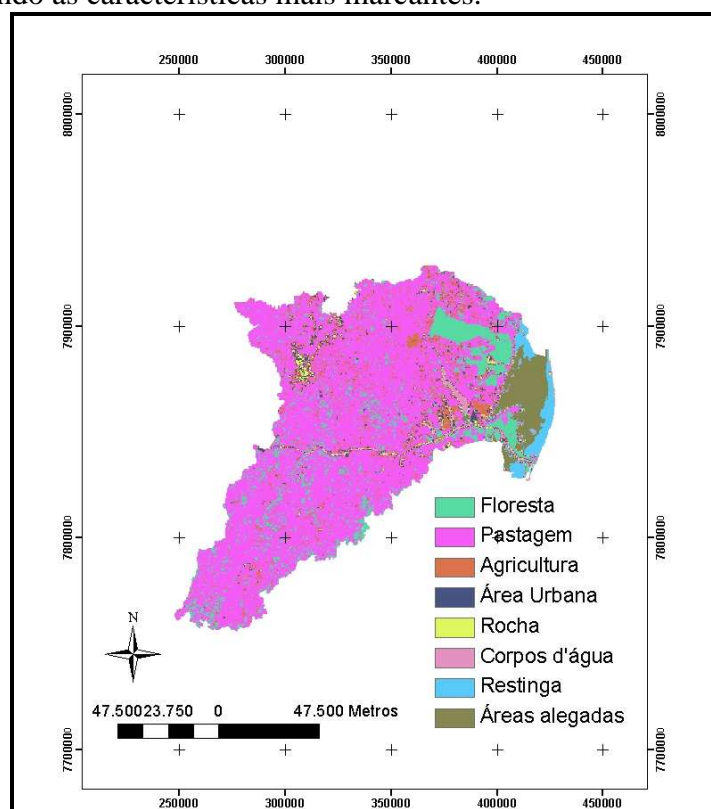


Figura 1: Mapa de uso e ocupação do solo para a Bacia do rio Doce (porção no estado de Espírito Santo).

A partir da combinação das etapas 03, 04, 05 e 06, foi possível obter os mapas representando a erosão calculada para uma chuva de 30 minutos com período de retorno de cinco anos (Figura 2), e outro para uma chuva de 60 minutos com período de retorno de 100 anos (Figura 3).

Como pode ser observado na Figura 2, os processos erosivos foram de baixa magnitude, diferente da Figura 3, que apresenta altos índices de perda de solo. Isso se deve ao fato de que uma chuva de maior duração e com maior período de retorno, representa chuvas de grande intensidade e desta forma com maior potencial erosivo.

Foi verificado também que os locais onde ocorreram as maiores perdas de solos na bacia, foram aquelas áreas que apresentam maiores declividades e com menor proteção de cobertura da superfície.

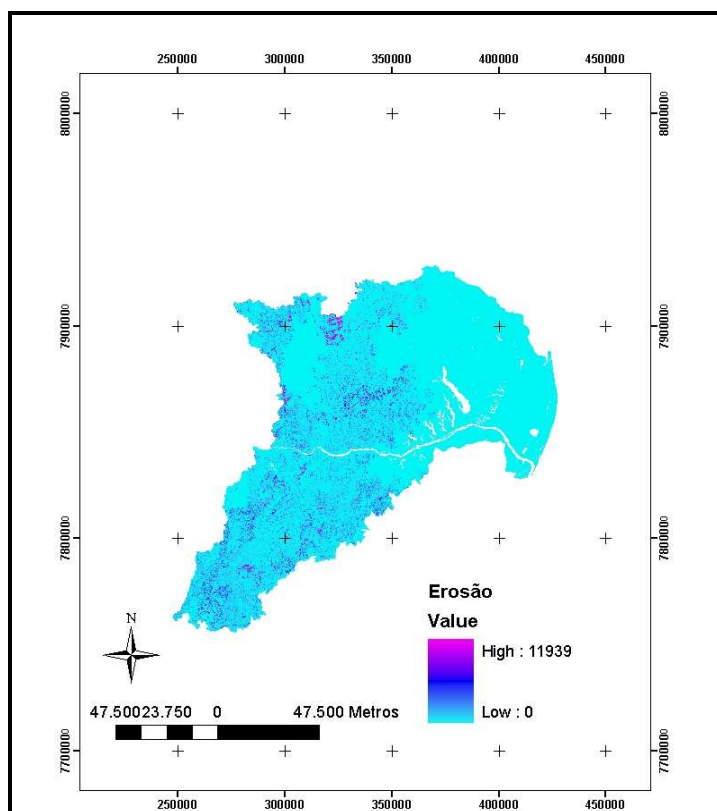


Figura 2: Mapa apresentando a erosão (ton) do solo na Bacia do rio Doce (porção no estado de Espírito Santo) para uma chuva de 30 minutos com um período de retorno de 5 anos.

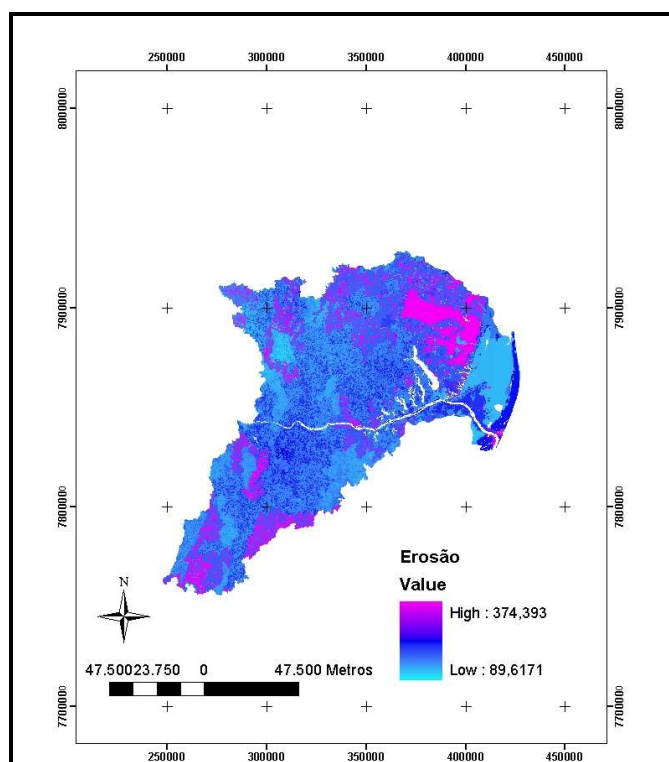


Figura 3: Mapa apresentando a erosão (ton) do solo na Bacia do rio Doce (porção no estado de Espírito Santo) para uma chuva de 60 minutos com um período de retorno de 100 anos.

#### 4. Conclusões

A metodologia utilizada neste trabalho permitiu o conhecimento da quantidade de perda de solo, para a bacia do rio Doce, com diferentes eventos de chuva. Isso permitiu que fosse realizado previsões de processos erosivos, bem como indicar mudanças no uso e ocupação do solo da bacia visando a minimização dos processos erosivos.

O modelo desenvolvido pode ser atualizado simplesmente com a geração de novo mapa de uso e ocupação do solo no banco de dados, a partir da aquisição de imagens de satélite mais atualizadas, visto que, os outros dados da bacia, não se modificam.

A equação universal de perda de solo modificada (EUPSM) se apresentou muito adequada para ser utilizada quando se quer prever a erosão provocada por um único evento de chuva, diferente de outros modelos que analisam a erosão com base na média anual dos eventos de chuva.

#### Agradecimentos

A Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Estado do Espírito Santo (FAPES) processo nº 35.533.002.

#### Referências Bibliográficas

Auerswald, K., Kainz, M., Fiener, P. Soil erosion potential of organic versus conventional farming evaluated by USLE modelling of cropping statistics for agricultural districts in Bavaria. **Soil Use and Management**, 19, 305-311, 2003.

Barreto-Neto, A. A. **Modelagem dinâmica de processos ambientais**. Tese de doutorado, Universidade de Campinas, Campinas. 2004.

Chaves, H. M. L. Análise Global de Sensibilidade dos Parâmetros da Equação Universal de Perda de Solo Modificada (MUSLE). **Revista Bras. Ciência Solo** 15: 345-350, 1991.

IBGE, 2000. Censo demográfico. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br> (acesso em 07/07/2006)

Fonseca, G.A.B. The vanishing Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation** 34, 17-34, 1985.

Williams, J. R., 1975. Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor. In: **Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources**. USDA-ARS Handbook S-40, 1975, 244-252 p.

Wischmeier, W. H.; Smith, D. D., 1978. **Predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning**. Agricultural Handbook nº 537, Sci. and Educ. Admin., U.S. Dept. Agr., Washington, D.C.