



## **Estimativa da perda de solo em uma bacia hidrográfica rural por meio da equação universal de perda de solo revisada**

**Dimaghi Schwambach<sup>1</sup>, Luana Lavagnoli Moreira<sup>2</sup>, Huiner Reis<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo (dimaghis@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto Jones dos Santos Neves (lavagnoliluana@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal do Espírito Santo (huiner.huiner@gmail.com)

### **Resumo**

A perda de solo, ocasionada pelo impacto das gotas de chuva e tensão de cisalhamento do escoamento superficial, é um processo natural de desprendimento de partículas que tem se agravado no último século devido às atividades antrópicas. Neste estudo, a equação universal de perda de solo revisada foi acoplada ao sistema de informação geográfica com o objetivo de investigar a perda de solo na bacia hidrográfica do rio Guandu, localizada na porção noroeste do estado do Espírito Santo. A fim de investigar a representatividade da cobertura vegetal na perda de solo potencial, a metodologia utilizada foi aplicada a três cenários de uso do solo: aquele registrado em 2007; reflorestamento das áreas de preservação permanente; e um terceiro considerando um incremento do fator C associados as pastagens. Foi identificado inicialmente que para o cenário I, 24,2%, a bacia hidrográfica possui índice de suscetibilidade à erosão em nível muito alto ( $>200 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ), estando tais áreas majoritariamente concentradas na porção sudoeste da bacia. Por meio da proposição dos cenários II e III ficou clara a importância da cobertura vegetal na perda de solo, onde ocorreu uma redução de 28,73% e incremento de 120,91%, respectivamente quando comparados ao primeiro cenário.

Palavras-chave: Erosão. Cobertura vegetal. Geotecnologias.

Área Temática: Recursos hídricos.

## **Soil loss estimation in a rural watershed using the revised universal soil loss equation**

### **Abstract**

*Soil loss, caused by the impact of raindrops and shear stress from the runoff, is a natural process of particle detachment which has worsened in the last century due to anthropogenic activities. Thus, the revised universal soil loss equation was coupled to a geographic information system with the objective of investigating soil loss potential in the Guandu river basin, located in the northwest portion of the state of Espírito Santo. In order to investigate the representativeness of vegetation cover in the loss of potential soil, the methodology was applied to three land use scenarios: the one registered in 2007; due to an increase in native vegetation; and a third considering an increase of C factor in pastures. It was initially identified that considering scenario I, 24.2% of the watershed has very high erosion susceptibility ( $>200 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{year}^{-1}$ ), being such areas mostly concentrated on southwest area of the basin. By means of the proposition of scenarios II and III, it was clear the importance of the natural vegetation on the soil loss, where there was a reduction of 28.73% and an increase of 120.91%, respectively, when compared to the first scenario.*

*Key words: Erosion. Vegetal cover. Geotechnologies*

*Theme Area: Water Resources*



## 1 Introdução

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990), a erosão hídrica se caracteriza como um processo de desprendimento e arraste de partículas de solo ocasionado pela ação da chuva ou escoamento superficial, seguido por seu transporte e consequente deposição em áreas de menor declividade.

Uma gama de prejuízos ambientais e econômicos, tais como o crescimento exponencial da perda de solo no século XX, atingindo 56% da superfície terrestre (GELAGAY & MINALE, 2016) e perda de cerca de 820 milhões de toneladas de solo no Brasil, no ano 2000, que resultou num custo equivalente a 7% do PIB agrícola do mesmo ano (HERNANI et al., 2002), evidenciam a necessidade de acesso às informações quanto à perda de solo, de forma a subsidiar o planejamento e aplicação de ações de remediação do uso solo e gestão da qualidade e quantidade da água à nível de bacia hidrográfica.

Nas últimas décadas, surgiram diversos modelos matemáticos aos quais permitem estimar a perda de solo e, consequentemente, a produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica. A equação universal de perda de solo (USLE) e suas formas alteradas (modificada e a revisada) são exemplo desses modelos e possuem fácil uso e baixa exigência de dados de entrada (OLIVEIRA et al., 2011; OZSOY et al. 2012). Diferentemente de modelos surgidos devido ao avanço computacional, tais como o WEPP, o RUSLE3D e o SWAT, que por serem mais precisos, demandam esforço temporal e computacional mais elevados.

Dentre as implementações aplicadas a USLE que resultaram na RUSLE, o uso de sistemas de informações geográficas (SIG) na determinação de suas variáveis é sem dúvida uma das grandes melhorias realizadas. Por meio do SIG é possível o cálculo do fator topográfico com maior precisão e menor tempo, a partir de imagens de satélite é possível à identificação de diferentes tipologias de coberturas vegetais (fator C) e finalmente, o resultado final de susceptibilidade a perda de solo é espacializado geograficamente.

Dessa forma, o presente trabalho faz uso da equação universal de perda de solo revisada e de técnicas de geoprocessamento com o objetivo de investigar a perda de solo sob diferentes cenários de cobertura vegetal na bacia do rio Guandu, localizada na região noroeste do estado do Espírito Santo, bem como identificar a distribuição espacial de seus diferentes níveis de susceptibilidade.

## 2 Metodologia

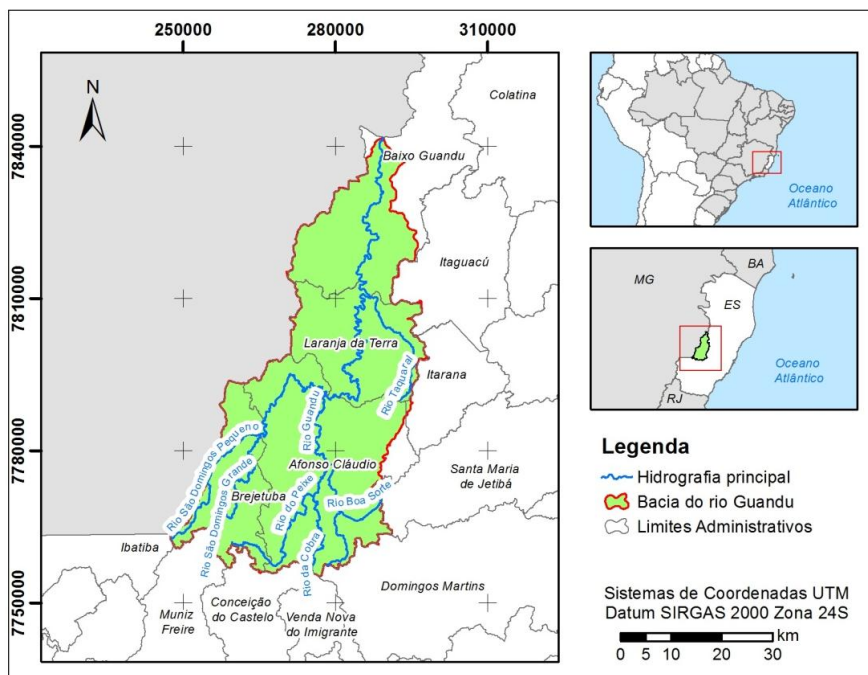
### 2.1 Caracterização e contextualização da região de estudo

A bacia hidrográfica do rio Guandu, localizada na porção noroeste do estado do Espírito Santo, ocupa uma área de 2.148 km<sup>2</sup>. Abrange, total ou parcialmente, sete municípios: Afonso Cláudio, Baixo Guandu, Brejetuba, Laranja da Terra, Itaguaçu e Itarana. A disposição espacial da bacia é apresentada por meio da Figura 1.

O rio Guandu, curso d'água principal que dá nome a bacia, nasce na região serrana do município de Afonso Cláudio, possui uma vazão média de 42,1 m<sup>3</sup>/s e percorre uma extensão de 160 quilômetros até desaguar no rio Doce, no município de Baixo Guandu. Além do Rio Guandu, a bacia é composta pelos rios afluentes São Domingos, do Peixe, Boa Sorte e Taquaral e por outros córregos, tais como o Queixadão, Olofote e Goiabal (IGAM, 2010).



Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Guandu.



## 2.2 Equação Universal de Perda do Solo Revisada (RUSLE)

Para a estimativa da perda de solo para a região de interesse foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE), criada originalmente por Wischmeir & Smith (1978) e aperfeiçoada posteriormente por Renard et al. (1997) acoplada ao SIG. Sua estrutura é apresentada pela equação 1.

$$Y = R.K.LS.C.P \quad (1)$$

Onde: Y - Perda de solo calculada por unidade de área por tempo ( $t.ha^{-1}.ano^{-1}$ ); R - Erosividade da chuva ( $MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1}$ ); K - Erodibilidade do solo ( $t.ha.ha^{-1}.MJ^{-1}.mm^{-1}$ ); LS - Fator topográfico (adimensional); C - Uso e manejo do solo (adimensional); P - Práticas conservacionistas (adimensional).

No SIG, as variáveis da RUSLE contidas em cada célula do arquivo em formato *raster*, representando a área de estudo, serão multiplicadas célula a célula, originando um mapa final que apresenta a perda de solo anual, cuja unidade é  $ton.ha^{-1}.ano^{-1}$ .

### 2.2.1 Fator Erosividade da Chuva (R)

A erosividade da chuva (R) representa o poder de erosão causado por um evento de precipitação sobre um solo descoberto, sendo matematicamente calculado por meio do produto entre a energia cinética da chuva e sua máxima intensidade durante um período consecutivo de 30 minutos ( $EI_{30}$ ) (Wischmeir & Smith, 1978).

Para a determinação da erosividade, foi utilizada o método de Fournier (1956) com o uso dos coeficientes citados por Oliveira et al. (2009), aos quais determinaram a erosividade na região central da bacia do rio Doce (macrobaía do rio Guandu) a partir de séries históricas (1969-2005) de nove estações pluviométricas, configurando-se assim a seguinte estrutura para o cálculo da erosividade da chuva (equações 2 e 3):

$$MFI = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{12} p_{ij}^2 / p_j \quad (2)$$



Onde: *MFI* - *Modified Fornier Index*;  $P_{ij}$  - Precipitação total mensal (mm);  $P_j$  - Precipitação total anual (mm);  $N$  - Número de anos da série histórica.

$$R = 129,39 \cdot MFI^{0,7982} \quad (3)$$

As séries históricas de pluviosidade e suas coordenadas geográficas foram adquiridas por meio do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (HIDROWEB/ANA). Foram selecionadas 15 estações pluviométricas (1941008, 2041023, 1941010, 1941003, 1941009, 2041011, 2040023, 1941000, 1940012, 1940000, 2041008, 1940009, 1941006, 2040008 e 2041051) inseridas dentro da bacia hidrográfica do rio Guandu e proximidades, que apresentavam dados contínuos ao longo de no mínimo 20 anos. Assim, com o uso das equações 2 e 3, foi atribuído uma erosividade média anual a cada uma das estações. Posteriormente, tais valores foram interpolados por meio da função *Inverse Distance interpolation* (IDW) disponível no software ArcGIS 10.3.

### 2.2.2 Fator Erodibilidade do Solo (K)

O fator erodibilidade do solo (K) representa a suscetibilidade das partículas que compõem o solo de se desprenderem umas das outras, tendo suas forças de coesão vencidas pela força de impacto das gotas da chuva ou pelas de arraste da enxurrada.

Foram utilizadas informações pedológicas da bacia hidrográfica do rio Guandu provenientes de uma base de dados na escala 1:400.000 do levantamento realizado em todo estado do Espírito Santo pela EMBRAPA em 1978. Os dados pedológicos utilizados foram disponibilizados em formato *shapefile* pelo próprio site de disponibilização de dados geoespaciais da EMBRAPA.

O fator erodibilidade do solo utilizado neste trabalho foi extraído de Manniguel et al. (2002), determinado por método indireto, para cada sub-horizonte, através da equação de Bouyoucos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990) aplicado à 25 perfis de solo.

O passo seguinte foi a conversão do arquivo em formato *shapefile* para raster seguido do processo de reclassificação das informações pedológicas para os coeficientes de erodibilidade citados na Tabela 1. Todos os procedimentos citados foram realizados com a extensão *Spatial Analysis* do software Arcgis 10.3.

### 2.2.3 Fator Topográfico (LS)

Como dado de entrada foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) obtido gratuitamente a partir do *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER, 2011), o qual possui uma maior resolução espacial (30 metros). A este MDE, foi aplicado a ferramenta *Fill* disponível no ArcGIS 10.3, com o objetivo de corrigir os possíveis erros de digitalizações existentes, a partir da menor elevação presente nas quadrículas vizinhas.

Engel et al. (2003) simplificou cálculo do fator LS no software ArcGIS substituindo a área acumulada ( $\lambda_A$ ) pelo produto entre o fluxo acumulado e o tamanho da célula do arquivo *raster*, resultando em uma única equação 4, citada abaixo.

$$LS = 1,4 * \left[ \frac{(\text{fluxo acumulado}) \cdot (\text{tamanho da célula})}{22.13} \right]^{0,4} \cdot \left[ \frac{(0,01745 \times \text{sen } \theta)}{0.0896} \right]^{1,3} \quad (4)$$

### 2.2.4 Fator de Cobertura do Solo (C)

A fim de se investigar a representatividade da cobertura vegetal na perda de solo potencial, a metodologia descrita para as demais variáveis da RUSLE será aplicada a três cenários de cobertura vegetal. Ambos os cenários fazem uso do mapa de cobertura do solo obtido a partir da plataforma pública de disponibilização de documentos geográficos do estado do Espírito Santo (GEOBASES, 2007) em formato *shapefile*.



A elaboração do cenário I reproduz a condição de uso do solo como identificada em campo em 2007 pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA, 2007), representando o cenário mais próximo da realidade. Para este fator foram adotados valores citados em literatura estipulados por meio de dados de uso de solo e índices médio de erosão acumulada: Afloramento rochoso/Massa d'água/Área edificada (0,00; Renard et al. (1997)); Vegetação nativa (0,01; Beskow et al. (2009)); Reflorestamento (0,026; Martins et al. (2010)); Pastagem (0,09; Ozsoy et al. (2012)); Cultivo Agrícola permanente (0,25; Bertoni & Lombardi Neto (2005)); Cultivo Agrícola anual (0,29; Ruhoff et al. (2006)); Solo (1,00 (Renard et al. (1997)).

O cenário II considera um incremento do percentual de cobertura vegetal nativa (bioma mata atlântica) por meio da restauração de áreas que deveriam ser preservadas (Áreas de Preservação Permanente) por lei (Código Florestal, Lei 12.665 de 25 de maio de 2012).

O terceiro cenário proposto tem como objetivo a consideração de que um percentual da área ocupada por pastagem apresenta sério nível de degradação, ao qual a torna mais semelhante à categoria "solo exposto" do que à "pastagem". Assim, com base do estudo de Dadalto (2012), o qual identificou que cerca de 30% das pastagens da bacia hidrográfica do rio Guandu está degradada, o valor de literatura para o fator C será redefinido como sendo composto em 70% proveniente da sugestão de Ozsoy et al. (2012) para a categoria "pastagem" e 30% da sugestão de Renard et al. (1997) para a categoria "solo exposto", conforme a equação 5. Desta forma, o novo valor adotado para a pastagem no cenário III será de 0,363.

$$\text{Novo fator } C = 0,3 * 1 + 0,7 * 0,09 \quad (5)$$

### 2.2.5 Fator de Práticas Conservacionistas (P)

Naqueles casos em que a bacia não apresenta ações de conservação do solo ou não se dispõem de informações quanto a mesma, é indicado a adoção do fator P igual a 1 (RENARD et al. 1997). Desta forma, a existência de práticas conservacionistas foi desconsiderada do presente estudo.

## 3 Resultados e discussão

Como citado anteriormente, o uso da RUSLE representou um grande avanço no estudo da perda de solo. Esta foi inicialmente idealizada para mensurar valores quantitativos de perda de solo, entretanto seu uso deve ser com cautela. O modelo não faz a correta consideração de processos erosivos lineares e eventual deposição de sedimentos, o que torna mais conveniente a avaliação de seus resultados de qualitativa e não quantitativa (LU et al., 2004).

Ao aplicar a metodologia de estimativa de perda de solo ao cenário I, a perda de solo média na bacia hidrográfica do rio Guandu foi de 194,86 ton.ha.ano<sup>-1</sup>. Observa-se que a bacia apresenta, majoritariamente, perda de solo nula a pequena ao qual ocupa 45,7% de sua área. Em contraponto, a segunda classe mais representativa apresenta perda de solo "muito forte", ocupando 24,2%, conforme classes desenvolvidas por Carvalho (1994). Os percentuais ocupados pelas demais classes são apresentados por meio da Tabela 1.

A distribuição espacial das classes de susceptibilidade citadas anteriormente é apresentada por meio da Figura 2. Por meio dela é possível observar uma área de maior susceptibilidade ao qual está localizada na porção sudoeste, claramente influenciada pela topografia e pedologia local. Além desta, as demais áreas de maior susceptibilidade estão, em sua maioria, difusas ao longo da bacia hidrográfica.





Tabela 1 - Potencial de perda solo segundo os cenários I, II e III

Perda de solo (t.ha/ano)	Classes	Área ocupada (%)		
		Cenário I	Cenário II	Cenário III
0 - 10	I - Nula a pequena	45,70	47,04 (+1,34%)	45,45 (-0,25%)
10 - 15	II - Moderada	2,32	2,68 (+0,36%)	2,16 (-0,16%)
15 - 50	III - Média	11,90	13,00 (+1,10%)	10,75 (-1,15%)
50 - 120	IV - Média a forte	9,68	9,78 (+0,1%)	6,73 (-2,95%)
120 - 200	V - Forte	6,20	5,91 (-0,29%)	3,00 (-3,20%)
> 200	VI - Muito forte	24,20	21,59 (-2,61%)	31,92 (+7,72%)

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) realizou em 2007 um diagnóstico da situação dos afluentes do rio Doce, sendo a suscetibilidade à perda de solo uma das variáveis levantadas. No Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Análise Guandu - PARH Guandu (IGAM, 2007), é estimada uma perda de solo entre 100 e 200 ton.ha.ano<sup>-1</sup>, estando de acordo com os valores médios obtidos (194,86 ton.ha.ano<sup>-1</sup>) neste trabalho.

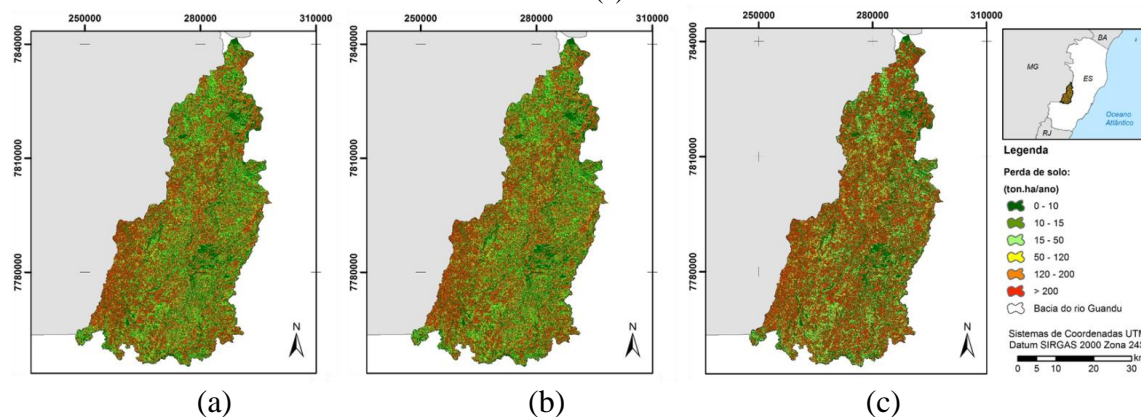
Por meio da proposição do cenário II, ocorreu um incremento de 21,74% da cobertura vegetal nativa (mata atlântica) decorrente, principalmente, da revegetação das matas ciliares sob o uso de cultivos agrícolas (anuais e permanentes) e pastagens.

Ao aplicar a metodologia ao segundo cenário de cobertura vegetal, a perda de solo média foi de 138,93 ton.ha.ano<sup>-1</sup>, valor 28,73% menor quando comprada ao cenário I. Por meio da proposição do cenário II ocorreu um incremento da área ocupada pelas quatro primeiras classes, que apresentam menores taxas de perda, decorrentes de uma redução (2,61%) de áreas ocupadas por perdas de solo muito fortes.

Nogueira et al. (2016) confirma tais evidências citando que em regiões de domínio da Mata Atlântica, a maioria das pastagens apresenta algum nível de degradação. Nestas áreas, fazendeiros não costumam aplicar fertilizantes, corretivos agrícolas ou rotação de pastagens - práticas que favorecem a recuperação das pastagens - iniciando e agravando os processos erosivos decorrentes da chuva (BERTOSSI et al., 2016).

Ao aplicar a RUSLE ao cenário III fica ainda mais clara a interferência da cobertura vegetal na perda de solo. Nesse cenário, a estimativa de perda de solo média foi de 430,46 ton.ha.ano<sup>-1</sup>, incremento de 120,91% quando comprada ao cenário I. Aplicando a chave de interpretação disposta por meio da Tabela 1, nota-se um decréscimo da área ocupada pelas 5 primeiras classes e um crescimento de mais de 7% das áreas com perda de solo muito alta. A Figura 2 a seguir apresenta a disposição espacial das áreas ocupadas por cada uma das classes segundo os cenários I, II e III.

Figura 2 - Estimativa de perda de solo na bacia do rio guandu sob os cenários I (a), cenário II (b) e cenário III (c).





Como citado anteriormente, nem todo o solo erodido pela pressão do impacto das gotas da chuva e tensão de cisalhamento do escoamento superficial será carreado até o exutório da bacia hidrográfica. Assim, a partir do uso da equação desenvolvida por Boyce (1975) foi possível identificar uma estimativa acerca da quantidade de sedimento entregue anualmente no exutório da bacia hidrográfica do rio Guandu (Tabela 4), localizado na cidade de Baixo Guandu, junto ao rio Doce.

#### 4 Conclusão

Por meio da recomposição florestal das áreas de preservação permanente (8,11% da área da bacia hidrográfica), a estimativa de perda de solo foi 28,73% menor quando comparada ao cenário I - uso do solo registrado em 2007. Ao se considerar que 30% pastagens da região estão em situação grave de degradação, a estimativa de perda de solo foi 120,91% maior quando comparada ao cenário I.

#### Referências

BERTONI, J.; LOMBARD NETO, F.L. **Conservação do solo**. São Paulo. Ed. Ícone. 1990. 390 p.

BERTONI, J.; LOMBARD NETO, F.L. **Conservação do solo**. São Paulo. Ed. Ícone, 2005. 5ª ed. p. 355.

BERTOSSI, A.P.A.; ROCHA JÚNIOR, P.R.; RIBEIRO, P.H.; MENEZES, J.P.C.; CECÍLIO, R.A.; ANDRADE, F.V. “Soil cover and chemical and physical attributes in Oxisol in the Atlantic Forest Biome”. **Revista Árvore**, v. 40, n. 2, 2016, p. 219-228.

BESKOW, S.; MELLO, C.R.; NORTON, L. D. “Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling”. **Catena**, v. 79, n. 1, p.49-59, 2009.

BOYCE, R. C. Sediment routing with sediment delivery ratios. **IN: Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources**. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América, 1975. p. 61-65.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Diário Oficial da União, Brasília, 25 mai. 2012.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 372 p.

DADALTO, G. G. Coordenador Técnico (Org.). **Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo**. Vitória: CEDAGRO, 2012. 18 p.

ENGEL, B. **Estimating soil erosion using RUSLE - using Arcview**. Purdue University, Indianapolis, 2003.

FOURNIER, F. “The effect of climatic factors on soil erosion estimates of solids transported in suspension in runoff”. **Association Hydrologic Int. Public**. v.38, 1956, 6p.

GELAGAY, H. S.; MINALE, A. S. “Soil loss estimation using GIS and Remote sensing techniques: A case of Koga watershed, Northwestern Ethiopia”. **International Soil And**



**Water Conservation Research**, v. 4, n. 2, 2016, pg.126-136.

HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, F. F.; MARIA, I. C. DE; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J. N. **A erosão e seu impacto**. Rio de Janeiro, 2002, 60p.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (ORG.). **Plano de ação de recursos hídricos da unidade de análise guandu - PARH Guandu**. Belo Horizonte, 2010, 88 p.

LU, D.; LI, G.; VALLADARES, G. S.; BATISTELLA, M. "*Mapping soil erosion risk in Rondônia, Brazilian Amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS*". **Land Degradation & Development**, v. 15, n. 5, 2004, pg.499-512.

MANNIGEL, A. R. "*Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do estado de São Paulo*". **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 1990, 2002, pg. 1335-1340.

MARTINS, S. G., AVANZI, J. C., CURI, N., NORTON, L. FONSECA, S. "*Rainfall erosivity and rainfall return period in the experimental watershed of Aracruz, in the coastal plain of Espírito Santo, Brazil*". **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, 2010, pg. 999-1004.

NOGUEIRA, L.R.; SILVA, C.F.; PEREIRA, M.G.; GAIA-GOMES, J.H.; SILVA, E.M.R. "*Biological properties of soil in pasture and natural regeneration areas in the Atlantic Forest Biome*". **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 40, e0150366, 2016, pg. 1-13.

OLIVEIRA, F.P.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SILVA, M.A. & MELLO, C.R. "*Potencial erosivo da chuva no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais - primeira aproximação*". **Ciência e Agrotecnologia**, n. 33, 2009, pg. 1569-1577.

OLIVEIRA, P. T. S. **Zoneamento ambiental no planejamento e gestão de bacias hidrográficas**. 2011. 80p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2011.

OZSOY, G.; AKSOY, E.; DIRIM, M. S.; TUMSAVAS, Z. "*Determination of Soil Erosion Risk in the Mustafakemalpaşa River Basin, Turkey, Using the Revised Universal Soil Loss Equation*". **Environmental Management**, v. 50, n. 4, 2012, pg. 679-694.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; MCCOOL, D.K.; YODER, D.C.. **Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 703, 1997, 404 p.

RUHOFF, A. L.; SOUZA, B. S. P.; GIOTTO, E.; PEREIRA, R. S. "*Avaliação dos processos erosivos através da equação universal de perda de solos, implementada com algoritmos em LEGAL*". **Geomática**, v. 1, n. 1, 2006, p. 12-22.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning**. [s. L.]: U.S. Department Of Agriculture, 1978, 67 p.