

Análise da expectativa da perda de solo nos anos de 1985 e 2015 na APA da Serra da Mantiqueira e na APA Fernão Dias

Hélio José da Silva ¹
Francisco Antônio Dupas ¹

¹ Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI
Caixa Postal: 50 - 35903-087 - Itajubá - MG, Brasil
heliohjs01@gmail.com
dupas_unifei@hotmail.com

Abstract: This work aims, with the help of Geographic Information System (GIS) to assess the potential variations of soil loss by water sheet erosion over the years 1985 and 2015 the Environmental Protection Areas Serra da Mantiqueira and Fernão Dias through Equation Universal soil Loss (USLE) proposed by Wischmeier and Smith in 1978, taking into account the intensity of rainfall in the region, soil erodibility, the length of the slope, the slope and the use of measures and soil conservation. The results obtained from multitemporal application of USLE will present the evolution of the erosive process allowing diagnose, plan and control the quality of the environment in the study area in order to conserve there existing vegetation, thus preserving the soil and consequently the quality and water availability of the site. The methodology to be adopted in this work includes literature review, necessary for the characterization of the main concepts about the topic covered in this study, supporting the relevance of the theme for sustainable development; and collecting information and data required to estimate soil loss via EUPS, such as soil conditions, topography, land use and land cover. These, through the help of Geographic Information System (GIS) are intended to identify which areas are most vulnerable to erosion process allowing to establish measures that seek to minimize the erosive effects of anthropogenic especially those who directly influence the water quality.

Palavras-chaves: Equation Universal Soil Loss. Geographic Information Systems. Environmental Protection Areas. Degraded areas. Equação Universal de Perda de Solo. Sistemas de Informação Geográfica. Áreas de Proteção Ambiental. Áreas degradadas.

1. Introdução:

A ocupação humana em áreas consideradas vulneráveis, sejam elas relacionadas ao crescimento urbano ou ao emprego de práticas inadequadas de uso e manejo do solo, tem provocado à chamada erosão acelerada no qual dentre as inúmeras consequências merecem destaque a diminuição da quantidade e da qualidade da água dos mananciais, a redução do tempo de vida útil dos reservatórios de geração de energia, visto que o excesso de sedimentos diminui o volume de água útil das represas, além da queda da produtividade agrícola através do desaparecimento de solos destinados à agropecuária.

Com relação à situação brasileira, a exemplo de outros países, a ocupação do solo, é realizada de maneira desordenada, sem a avaliação das características e potencialidades do mesmo, desconsiderando as possíveis implicações desta ocupação na qualidade e quantidade dos recursos naturais, principalmente no tocante aos recursos hídricos.

A preocupação com os impactos da erosão sobre a demanda hídrica deve nortear as políticas públicas para a recuperação das bacias hidrográficas prejudicadas pelo uso inadequado da terra no que se refere a encontrar a melhor maneira de gerenciar os recursos hídricos a fim de evitar que a escassez hídrica na região torne mais frequente.

As modernas tecnologias, hoje disponíveis, contribuem para que diversas medições, análises, armazenamento e integração de informações ambientais em modelos matemáticos computacionais proporcionem maior eficiência e eficácia na estimativa dos fatores que afetam a magnitude da erosão, gerando diversos mapas-síntese que auxiliam na compreensão desse grave problema ambiental.

Sendo assim, este trabalho buscou, através da utilização do SIG, estimar a perda de solo por meio da EUPS para os anos de 1985 e 2015 gerando resultados que permitam

de estudo através de consulta ao banco de dados desse programa, esses dados foram interpolados no próprio ArcGIS versão 10.2 (ESRI, 2013) através do método da Krigagem ordinária utilizando a ferramenta *Geoestatistical Analyst System*.

Para a determinação do fator erodibilidade dos solos, recortou-se o mapa pedológico do Brasil 1:1.000.000 obtida junto ao IBGE - RADAMBRASIL (1983) no formato da área de estudo, não sendo destacado afloramentos rochosos. Em seguida, utilizando o ArcGIS versão 10.2 (ESRI, 2013), foi realizada a conversão dessa carta pedológica do formato vetorial para o formato matricial. Neste mesmo SIG, após a rasterização deste mapa, promoveu-se a reclassificação, no qual para cada grupo de solo foi atribuído um valor de referência do fator K, conforme literatura especializada.

A determinação do fator LS teve por base o MDT da área de estudo, gerado a partir de imagens do SRTM com resolução espacial de 30 metros, obtidas gratuitamente no site da EMBRAPA e processadas através do software ArcGIS versão 10.2 (ESRI, 2013). Para este estudo, a determinação do fator topográfico ficou a cargo do software USLE – 2D, proposto por Desmet e Govers (1996). Sendo assim, foi necessário converter o MDT para IDRISI (.rst) já que o USLE - 2D é compatível com este SIG e criou-se um raster que limitasse a área de estudo. Em seguida, implementaram-se estes arquivos no programa, sendo necessário a especificação de uma opção para a determinação da direção do fluxo: no caso, optou-se pelo método *flux decomposition* que, segundo Van Oost e Govers (2000), em atendimento a área definida e a exposição das encostas presentes, ocorre a decomposição do escoamento.

O valor do fator C utilizado neste trabalho foi determinado a partir dos mapas de uso e cobertura do solo desenvolvidos a partir da composição colorida falsa cor de imagens dos satélites LANDSAT 5 (anos 1985/ cenas brutas 3, 4 e 5) e LANDSAT 8 (ano 2015 / cenas brutas 4, 5 e 6), disponibilizadas no site do INPE (2015). Essas imagens foram processadas com a utilização do *software* ArcGIS versão 10.2 (ESRI, 2013). O fator C varia de 0 a 1, aproximando-se de 0, nos sistemas de manejo conservacionistas, e de 1, nos não conservacionistas (Bertol *et al.*, 2002). Os valores adotados para os 7 temas presentes na pesquisa resultaram de consulta à literatura especializada.

Para este trabalho foi adotado $P = 1$, considerado que não há práticas conservacionistas, uma vez que de acordo com AMORIN *et al.* (2010) há uma falta de base de dados no Brasil para este fator, havendo necessidades de estudos mais detalhados a respeito desse fator.

Os mapas da EPS para os períodos de 1985 e 2015 resultaram da multiplicação entre os mapas-sínteses dos fatores da EUPS anteriormente citados e que, para cada uma das características por eles representadas, já estavam atribuídos certos valores conforme literatura especializada. Essa multiplicação foi efetuada através do uso do ArcGIS versão 10.2 (ESRI, 2013), por meio da ferramenta *raster calculator*, no qual se integrou cada um dos fatores envolvidos.

3. Resultados e Discussão

A área de estudo teve como valor mínimo estimado da erosividade anual, no sistema internacional de unidades, 6.157,38 MJ.mm/ha.h.ano e, para valor máximo estimado, 7.519,19 MJ.mm/ha.h.ano. A erosividade da chuva na área de estudo, cujo mapa-síntese é apresentado pela figura 2 tem-se que 61,19% da área de estudo estão enquadradas, conforme metodologia proposta por Santos (2007) na classe interpretativa [1] Média enquanto que o restante, ou seja, 38,81% engloba somente a classe interpretativa [2] Alta.

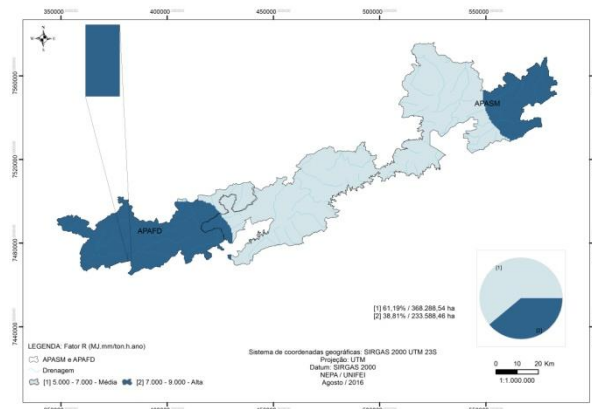


Figura 2. Distribuição espacial do fator R na APSM e na APAFD.

O mapa de solo da área de estudo foi obtido pela substituição das classes de solo pelo seu respectivo fator K. Na tabela 1 são mostrados os valores médios do fator K adotados neste trabalho.

Tabela 1. Valores médios para o fator K dos tipos de solos da região de estudo.

Tipo de solo	Fator K (t.ha.h/ha.MJ.mm)	Referência
[1] Latossolo vermelho distrófico	0,0090	Denardin e Silva <i>et al.</i> (apud Cecílio, 2008)
[2] Latossolo vermelho amarelo distrófico	0,0100	Silva <i>et al.</i> (apud Silva <i>et al.</i> , 2000)
[3] Cambissolo háplico distrófico	0,0115	Denardin e Silva <i>et al.</i> (apud Cecílio, 2008)
[4] Argissolo vermelho amarelo eutrófico	0,0140	Marques (1996)
[5] Argissolo vermelho amarelo distrófico	0,0270	Marques (1996)

O mapa pedológico e os percentuais de ocorrência dos tipos de solo da área de estudo são apresentados na figura 3. Nota-se uma predominância dos tipos [2] Latossolo vermelho amarelo distrófico – LVAd e [3] Cambissolo háplico, localizando-se junto aos pontos mais altos da área de estudo.

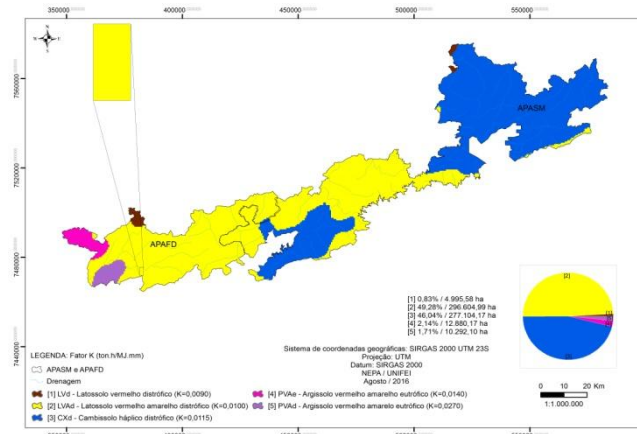


Figura 3. Distribuição espacial do fator K na APSM e na APAFD.

Os tipos [1], [2], [3] e [4] que juntos correspondem a 98,29% da área de estudo, de acordo com as classes interpretativas sugeridas por Carvalho (1994 *apud* Silva e Alvares, 2005), são considerados de baixo potencial erosivo, enquanto que o tipo [5], cuja taxa percentual de ocupação da área é de 1,71% é considerado de médio a alto potencial erosivo.

Na área de estudo, cujo mapa-síntese do fator LS, determinado com base na metodologia proposta por Silva e Schulz (2003) tem-se a presença de seis classes interpretativas, distribuídas da seguinte maneira, conforme figura 4: 48,68% da área de estudo referem-se à classe [1] que atua na amenização do relevo no processo erosivo do solo, apontando que nestas áreas a deposição é maior que o carreamento de sedimentos enquanto que em 0,22% da área estudada, correspondente a classe [2], há uma neutralidade do fator LS na erosão, por se tratar do elemento neutro da multiplicação. Entretanto, em 51,09% da área, correspondente às classes [3], [4], [5] e [6], verifica-se que o aumento gradativo do fator LS intensifica o processo erosivo. Nesses locais, têm-se, portanto, que o carreamento supera a deposição de sedimentos.

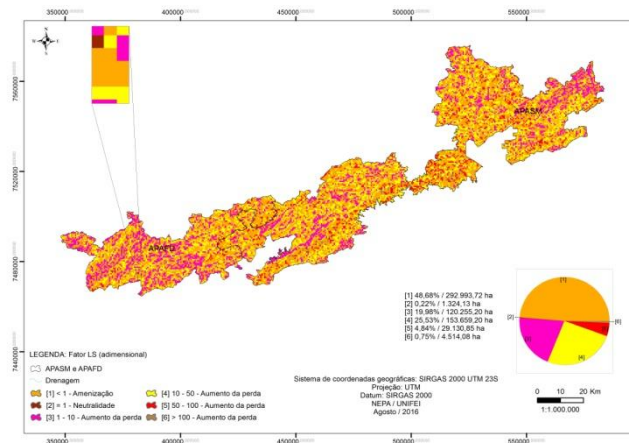


Figura 4. Distribuição espacial do fator LS na APSM e na APAFD.

A distribuição espacial dos fatores C empregados neste estudo foi analisada por meio da reclassificação dos mapas de uso e cobertura do solo, estando apresentados os valores utilizados para cada classe temática na tabela 1, sendo todos eles retirados da literatura, sendo necessário mencionar que as classes mais baixas apontam para a existência de uma cobertura do solo mais elevada e as classes mais altas, uma cobertura do solo mais reduzida.

Tabela 2. Fator C para as diferentes classes temáticas de uso e cobertura do solo da região de estudo.

Classe temática	Fator C	Referência
[1] Eucalipto	0,008	Fernandes (2008)
[2] Mata nativa	0,012	Farinasso <i>et al.</i> (2006)
[3] / [4] Água / outros	0,000	Oliveira <i>et al.</i> (2011)
[5] Pastagem	0,010	Oliveira <i>et al.</i> (2011)
[6] Solo exposto	1,000	Farinasso <i>et al.</i> (2006)
[7] Urbano	0,001	Farinasso <i>O et al.</i> (2006)

As classes temáticas de uso e ocupação dos solos mais evidentes foram as classes: [5] Pastagem e [2] Mata nativa. Conforme figura 5(a) e 5(b), enquanto esta apresentou

um aumento, saltando de 36,22% no ano de 1985 para 48,98% em 2015, aquela apresentou um caminho inverso, reduzindo de 55,15% para 37,74%, no mesmo período citado anteriormente.

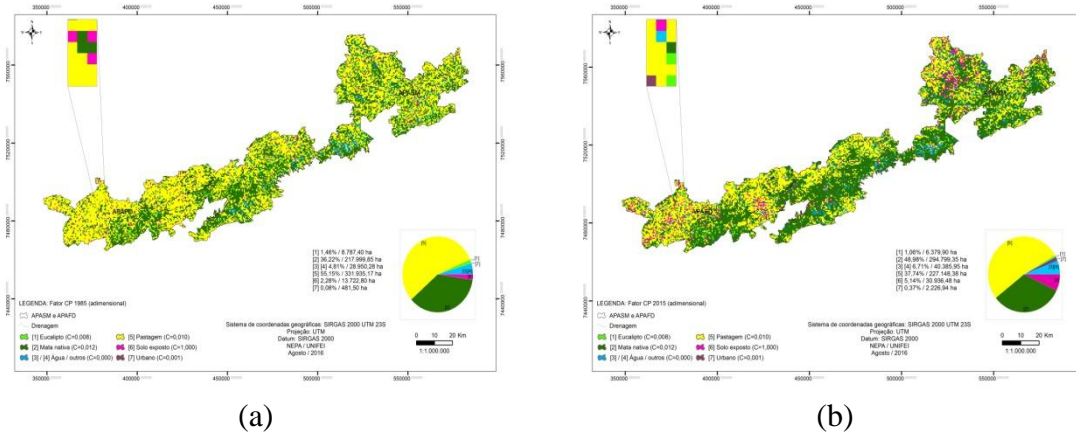


Figura 5. Distribuição espacial do fator CP na APSM e na APAFD: (a) 1985, (b) 2015.

Através do modelo EUPS, por intermédio da calculadora raster do software ArcGIS versão 10.2 (ESRI, 2013), foram multiplicados os fatores anteriormente citados e descritos, obtendo como resposta a EPS da área de estudo. Com relação à EPS no ano de 1985 e 2015 apresentadas na figura 6(a) e 6(b), respectivamente, verifica-se que na maior parte da área de estudo, a EPS representada pelas classes [1] e [2] está dentro do limite de sustentabilidade no que diz respeito à erosão laminar. Entretanto, as demais classes, mesmo que em escalas menores, apontam para a necessidade de intervenções nessas locais no que diz respeito à redução da perda de sedimentos para os limites considerados normais, valendo destacar que nos pontos onde predominaram as últimas duas classes de interpretação da EPS, isto é, as classes [5] e [6], a capacidade de uso do solo não está em conformidade com as práticas conservacionistas, com consequências diretas em relação à perda de solo. Além disso, a declividade verificada na área de estudo favorecem maiores perdas, embora se verifique a ocorrência de solos menos susceptíveis.

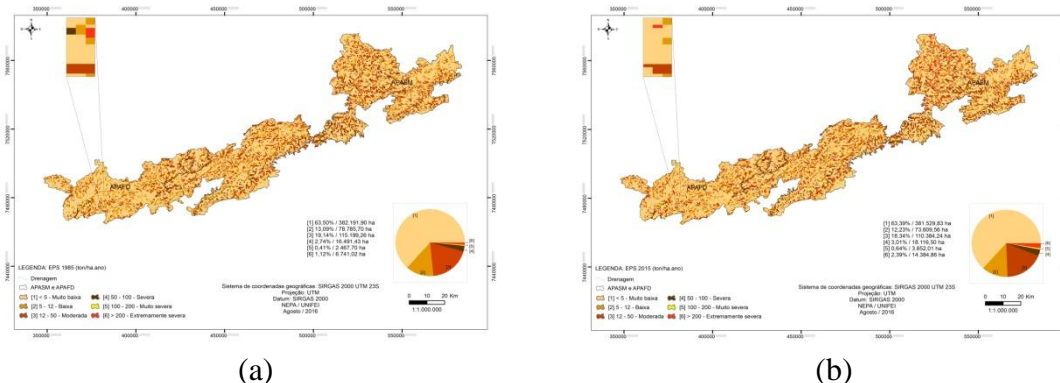


Figura 6. Distribuição espacial da EPS na APSM e na APAFD: (a) 1985, (b) 2015.

Comparando os mapas-síntese da EPS com os demais mapas, nota-se que as áreas menos susceptíveis à erosão correspondem às áreas de baixa declividade, onde predominam os latossolos, tipo de solo mais resistente à erosão dentre todos

apresentados na área de estudo. Entretanto, mesmo nesses locais, verifica-se a presença de classes mais avançadas de erosão, em função justamente do uso e ocupação do solo aí existente, com destaque principalmente para a pastagem que certamente não se preocupa com a utilização de técnicas de manejo e conservação do solo. Mesmo nos pontos mais altos da área de estudo, onde a presença da vegetação nativa é marcante e evoluiu positivamente ao longo do período considerado nesse estudo, encontraram-se locais com distintas classes de erosão. Esse fato acontece porque mesmo nessas áreas protegidas verifica-se forte ação antrópica em seus limites, havendo desde áreas com solo exposto, presença de agrupamentos urbanos e também forte presença da pastagem. Esses fatores associados com as características geomorfológicas da região e com os períodos de chuvas torrenciais faz com que a área estudada desperte maiores atenções com relação aos problemas decorrentes dos processos erosivos bem como com a própria erosão.

4. Conclusões

A modelação da erosão hídrica do solo em ambiente SIG através da EUPS empregado em análises multitemporais, devido a sua versatilidade em termos de tempo de trabalho, custo e manipulação das informações, mostrou-se muito eficiente, permitindo inclusive auxiliar tomadores de decisão em questões de planejamento ambiental e territorial a apontar áreas prioritárias para a implantação de programas de conservação do solo e da água na área de estudo deste trabalho.

A principal consequência direta da erosão na região de estudo envolve a água, elemento muito sensível às intervenções humanas e flutuações naturais, em especial as climáticas. A região estudada abriga uma grande quantidade de nascentes d'água e é responsável pelo suprimento de água da região mais desenvolvida e populosa do Brasil. Em muitos locais produtores de água a antropização já é crítica. Diante dessas questões, faz-se necessário que o uso e a ocupação do solo dessas áreas tenham por base a responsabilidade social e ambiental, com vistas à sustentabilidade dos recursos hídricos através de um planejamento mais criterioso desses espaços.

Agradecimentos: Agradeço a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior) pelo financiamento de bolsas e auxílios à pesquisa que possibilitou minha dedicação exclusiva durante o programa de mestrado em Engenharia de Energia da Universidade Federal de Itajubá.

Referências Bibliográficas

Amorim, R.S.S.; Silva, D.D.; Pruski, F.F. & Matos, A.T. Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE E WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. **Eng. Agríc.**, v. 30, n.6, p.1046-1049, 2010.

Bertol, I.; Schick, J. & Batistela, O. Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, n. 2-29, p. 545-552, 2002.

BRASIL. **Decreto nº 91.304.** Dispõe sobre a Implantação de Área de Proteção Ambiental nos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, e dá outras providências. Brasília, DF, 03 de junho de 1985. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 15.ago.2016.

Carvalho, D. F.; Montebeller, C.A.; Franco, E. M.; Valcarcel, R. & Bertol, I. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 7-14, 2005.

Cecílio, R.A. **Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS ou USLE, em inglês).** Disponível em: <<http://www.nedtc.ufes.br>>. Acesso em: 08.mai.2016.

COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS - COMIG. **Mapa geológico do Estado de Minas Gerais**. Escala 1: 1.000.000. Belo Horizonte: COMIG-CSRMG,1994.

Denardin, D. Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Ibicuí, Rio Grande do Sul, Brasil: proposta de classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.11, n.2, 11-23, 2010.

Desmet, P.J.J. and Govers, G.. A GIS-procedure for automatically calculating the USLE LS-factor on topographically complex landscape units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.51, n. 5, p.427-433, 1996.

Eastman, J. R. **Manual do Idrisi for Windows: introdução e exercícios tutoriais**. UFRGS/ Centro de Recursos Idrisi, Porto Alegre: Editora UFRGS, 1998. cap. .p. 245.

ESRI. **Using ArcGIS Geostatistical Analyst**. Redlands, CA: ESRI Press, 2013.

Farinasso, M.; Carvalho, 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 perda de solo utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, p. 73-85, 2006.

Fernandes, A.R. **Determinação das perdas de solos por erosão hídrica**. Disponível em: <http://www.ufra.edu.br/professores/antonio_ica/documentos>. Acesso em: 08.mai.2016.

Marques, J.J.G. de S. e M. **Estimativas e comparações dos fatores das chuvas e erodibilidade de solos com horizonte b textural no Brasil**. 1996. 119p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

MINAS GERAIS (1997). **Decreto Estadual nº 38.925**, de 17 de Julho de 1997. Belo Horizonte, Assembleia Legislativa.

Oliveira, P. T. S.; Sobrinho, A.T.; Rodrigues D.B.B.; Panachuki, E.. Erosion risk mapping applied to environmental zoning. **Water Resources Management**. v. 25, n. 3,p. 1021-1036, 2011.

Silva, A. M.; Schulz, H. E.. **Estimativa e análise do fator topográfico (LS) da equação universal de perda de solo com o uso de aplicativo informatizado compatível com software de geoprocessamento**. Galeria de Artigos Acadêmicos. Sorocaba: UNESP, 2003. 9 p.

SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; LIMA, J.M. de; FERREIRA, M.M. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de latossolos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p.1207-1220, 2000.

Silva; Marques, M. A.; Rodrigues, B. B.. Erosividade Brasil: um sistema de consulta de dados de erosividade para os Municípios Brasileiros. In: XVI Reunião Brasileira de manejo e Conservação do Solo e da Água, 2006, Aracaju-SE. **Anais...** Aracajú: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. CD-ROOM.

Van Oost, K., Govers, G., and Desmet, P.. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. **Landscape Ecology**, v. 15, n. 6, p. 577-589, 2000.

Wischmeier, W.H.; Smith, D. D. **Predicting rainfall erosion losses from cropland East of the Rocky Mountains**. Washington, USDA, 1965. 47p.