

Potencial à erosão laminar utilizando Sistema de Informações Geográficas: aplicações na bacia hidrográfica do Rio Salobra-MS.

João Cândido André da Silva Neto ^{1 3}
João Osvaldo Rodrigues Nunes ^{2 3}

¹ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista – UNESP/ FCT, Campus de Presidente Prudente
joaokandido@yahoo.com.br

² Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista – UNESP/ FCT, Campus de Presidente Prudente

³ Rua Roberto Simonsen, 305 - CEP 19060-900 - Presidente Prudente – SP, Brasil
joaosvaldo@fct.unesp.br

Abstract: Shares of deforestation and soil erosion originate the gradual depletion of biotic resources, the destruction of soil structure and destabilization of the ecosystem mechanisms that support the production and regeneration of natural resources (LEFF, 2002). Thus the process of laminate erosion is strongly conditioned by anthropic actions in complex environments, so that the soils with the same level may have different susceptibility to erosion potential laminate, depending on the coverage and soil use. In this context, this study approached the Salobra river basin which is located in the southwestern state of Mato Grosso do Sul, considered one of the main source areas of the flows of matter and energy of the Miranda river basin in the Pantanal sul-matogrossense. To develop this synthesis map of potential erosion laminate, we used the Geographic Information System (GIS) Spring System, which through the programming language spatial for geoprocessing algebraic (LEGAL), allowed us to consider the incompatibility of soil use classes with susceptibility to primary laminate erosion. According to the results, questioned whether some types of soil use in river Salobra basin, making it necessary to adopt measures aimed at soil conservation. Moreover, areas with high levels of susceptibility to erosion require special care during use, therefore is not recommended in some portions of the basin, with levels Extremely and Very Susceptible, soil use for pasture and planting.

Palavras-chave: GIS, susceptibility to erosion, soil use, erosion potential, SIG, suscetibilidade à erosão, uso do solo, potencial erosivo.

1. Introdução

A erosão pode ser vista como um dos principais problemas que afetam a ordem sócio-ambiental de uma região e, por sua vez os problemas relacionados aos processos erosivos, como a perda de solos, pode ser associado à diminuição da produtividade de alguns tipos de culturas.

A atuação antrópica em áreas potencialmente frágeis, como o desmatamento de encostas com declividade acentuada e com altos níveis de suscetibilidade à erosão, para fins de uso agrícola ou pecuário, provocam assoreamento e poluição dos cursos d'água e aceleração das taxas de sedimentação.

Conforme Silva et al. (2007), a erosão do solo é um processo complexo no qual vários fatores exercem influência, de forma e magnitude variável, conforme o local de ocorrência. Dentre os principais fatores destacam-se o tipo de solo, o embasamento geológico, o clima, a morfologia do relevo, a cobertura vegetal e o manejo do solo.

Os processos erosivos dos solos ocorrem naturalmente, que podem ser mais intensos de acordo com alguns fatores como quantidade e distribuição de chuvas, declividade, comprimento e forma das encostas e tipo de cobertura vegetal, mas é importante enfatizar que o principal modificador da paisagem é o homem, no qual sua ação entre outras é responsável pelo aceleração dos processos erosivos.

O processo de erosão do solo ocorre mesmo em ecossistemas naturais, mas seu aumento excessivo, que ocorre em muitos sistemas agrícolas pode ser quase sempre associado ao declínio da fertilidade do solo decorrente do manejo inadequado.

Neste contexto o presente estudo abordou a bacia hidrográfica do rio Salobra que está localizada na região Sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul, considerada uma das principais áreas fontes dos fluxos de matéria e energia da bacia do rio Miranda no Pantanal sul-mato-grossense.

A bacia hidrográfica do rio Salobra tem sua localização compreendida entre as latitudes $20^{\circ} 59' 55''$ e $20^{\circ} 08' 54''$ S e longitudes $57^{\circ} 00' 00''$ e $56^{\circ} 26' 30''$ W. Sua área estende-se pelos municípios de Bonito (algumas nascentes), Bodoquena (maior parte da extensão de sua rede de drenagem) e Miranda (baixo curso e foz), com área de aproximadamente 2.350 km² (Figura 1).

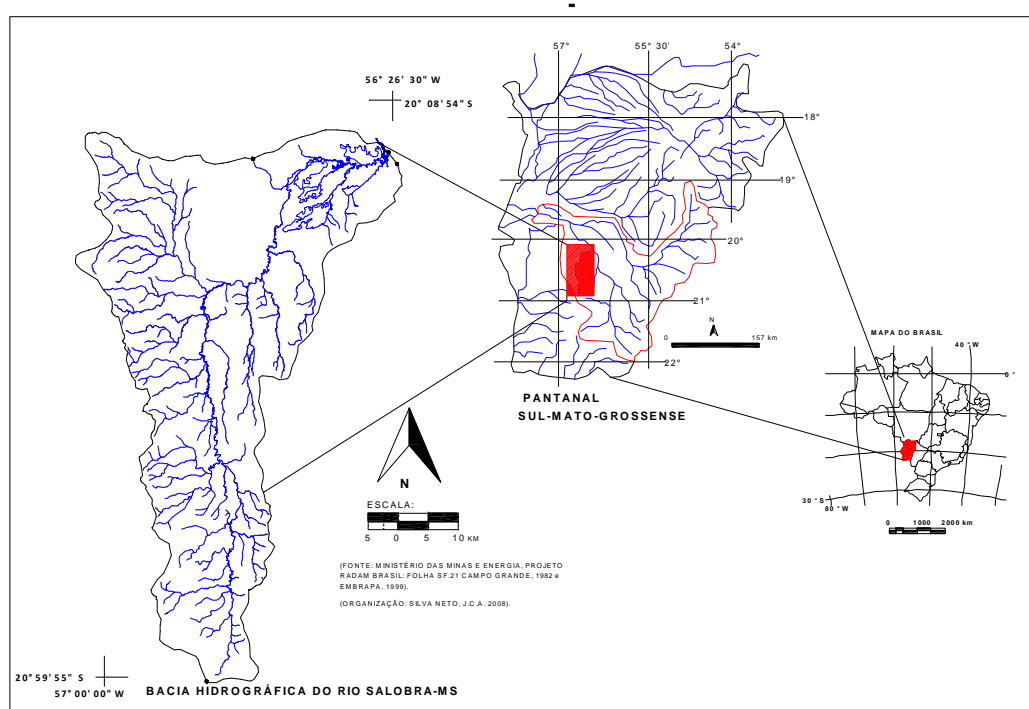


Figura 1. Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.

A área de estudo insere-se na borda do Pantanal onde são desenvolvidos cenários cársticos sobre rochas carbonática dos Grupos Corumbá e Cuiabá (CARVALHO JUNIOR, 2008). Apresenta estruturada litológica sobre o arcabouço geológico da Formação Cerradinho e Formação Bocaína, rochas do Pré-cambriano Superior, Formação Pantanal do período Pleistoceno, e Depósitos Aluvionares. (LACERDA FILHO, et al. 2006).

Nesse contexto objetivou-se correlacionar as variáveis de potencial natural à erosão laminar, como tipos de solos, erodibilidade e declividade, com as variáveis de uso e cobertura vegetal dos solos, para o mapeamento síntese do potencial à erosão laminar.

Para elaborar o mapa síntese do potencial à erosão laminar, utilizou-se o Sistema de Informações Geográficas Spring, que por meio da programação de LEGAL, possibilitou a organização de uma programação para representação de alguns planos de informação do projeto existente no banco de dados, resultando assim no mapa síntese temático de potencial à erosão laminar, que permitiu considerar as incompatibilidades de uso atual dos solos com a suscetibilidade à erosão laminar.

2. Metodologia de Trabalho

Os procedimentos metodológicos que resultaram nos dados e mapas sínteses tiveram como aporte principal o SIG, Spring. A utilização do Spring possibilitou o manuseio de um conjunto de dados, que puderam ser integrados e, posteriormente visualizados e explicados por meio da representação dos mapas temáticos.

Para Costa e Xavier da Silva (2004) a aplicação de SIGs tornou-se uma ferramenta poderosa que, atrelada ao uso de outros *softwares* de mapeamento, permite não somente maior rigor e precisão nas análises, mas também atualizações periódicas desses dados.

O levantamento de aspectos fisiográficos da bacia hidrográfica como tipos de solos, níveis de erodibilidade dos solos, contou com consulta em material bibliográfico elaborados pelo Projeto RADAMBRASIL (1982) e pelo Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP, 1997), além de fontes primárias levantadas em campo.

Para obtenção de informações topográficas como declividade, foram aproveitados os dados dos sensores *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) da área estudada (SF-21-X-A). Para a elaboração do mapa de uso e cobertura vegetal do solo foram utilizadas as imagens de satélite Landsat 7 TM, obtidas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

As imagens Landsat foram processadas no Spring, optou-se pelo procedimento de classificação Máxima Verossimilhança (MaxVer), não supervisionada, um método de classificação pixel a pixel, no qual a cada pixel, descrito pelo seu vetor de atributos, é atribuída uma classe, este processo de extração de informação nas imagens torna possível o reconhecimento de padrões e objetos homogêneos.

2.1. Programação em LEGAL

A correlação dos Planos de Informações (P.I.) foi instituída por meio da programação LEGAL do Spring, onde foram elaboradas programações em forma de sentença, contendo todos os elementos necessários para elaboração do mapa da suscetibilidade preliminar à erosão laminar e posteriormente ao mapa do potencial à erosão laminar.

A programação LEGAL permitiu a correlação dos elementos a partir das informações contidas no banco de dados, sendo possível estabelecer as inter-relações dos elementos da bacia hidrográfica tanto na ordem físico-natural, como das atuações antrópicas representadas pelos tipos de uso do solo.

Uma programação em LEGAL é elaborada a partir de uma sequência de operações descritas por sentenças construídas segundo regras gramaticais envolvendo operadores, funções e dados representados em planos de informação de um mesmo projeto existente de um banco de dados.

Para definição das classes de suscetibilidade preliminar à erosão laminar foram relacionadas às categorias de modelo de dados temáticos "**solos_salobra**" representando os níveis de erodibilidade dos solos e "**declividade_srtm**" representando as faixas de declividade da bacia hidrográfica.

Foram determinados pesos iguais para todas as categorias temáticas nas correlações instituídas. Estabeleceu-se assim para as classes temáticas valores de "0.0" à "1.0", sendo os valores próximos de "0.0" um indicativo das classes de suscetibilidade "muito baixa". Inversamente, os valores próximos de "1.0", indicariam as classes de suscetibilidade "muito forte".

Após o processamento da programação LEGAL, foi criada no Modelo de Dados uma categoria de saída em Modelo Numérico de Terreno (MNT), nomeada "**suscetibilidade_pre**", que resultou após o procedimento de fatiamento e associação das fatias e classes, na categoria temática de suscetibilidade preliminar à erosão laminar nomeada "**suscetibilidade_prel**".

O potencial à erosão laminar da bacia hidrográfica do rio Salobra, foi definida a partir do cruzamento das categorias de modelo de dados temáticos "**classificacao_2007**" representando os tipos de usos e cobertura dos solos, junto com a categoria temática de suscetibilidade preliminar à erosão laminar nomeada "**suscetibilidade_prel**".

Da mesma maneira descrita acima, na correlação das categorias temáticas foram determinados pesos iguais para cada categoria, estabeleceu-se assim para as classes temática valores de "0.0" à "1.0", com os valores próximos de "0.0", que indicavam as classes de "baixo potencial", inversamente, os valores próximos de "1.0", indicavam as classes "forte potencial".

O passo seguinte ao processamento da programação LEGAL procedeu como o descrito para a definição das classes de suscetibilidade à erosão laminar, criou-se no Modelo de Dados uma categoria de saída em Modelo Numérico de Terreno (MNT), nomeada "**potencial_ero_2007_2**", que resultou após o procedimento de fatiamento e associação das fatias e classes, na categoria temática de potencial à erosão laminar nomeada "**potencial_erosao_lam_2007_2**" (figura 2).

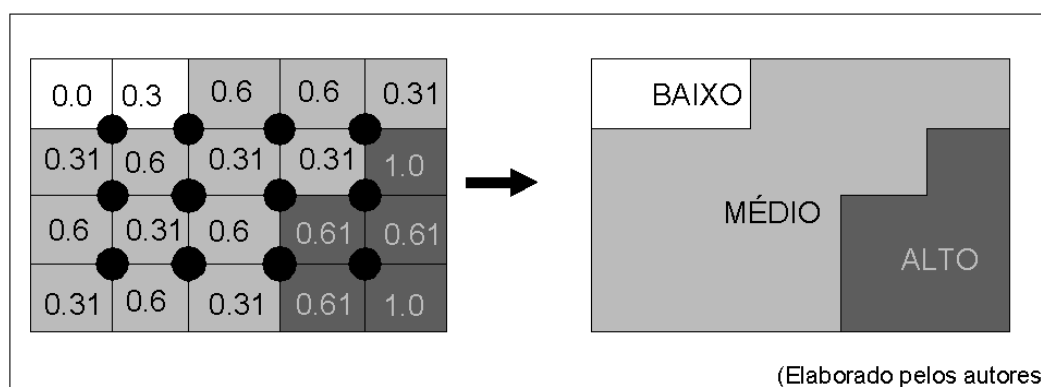


Figura 2. Exemplo de grade de valores MNT e Modelo de Dados Temático fatiado para definição das classes de potencial à erosão laminar.

2.2. Suscetibilidade preliminar à erosão laminar

A suscetibilidade à erosão laminar dos terrenos pode ser cartograficamente gerada com base na análise dos fatores naturais influentes no desenvolvimento dos processos erosivos (SALOMÃO, 2005). Desse modo, a erodibilidade dos solos e a declividade das encostas são consideradas fatores importantes para definição das classes de suscetibilidade do solo à erosão laminar.

Conforme metodologia apresentada pelo Instituto Pesquisa e Tecnologia (IPT, 1990 *apud* SALOMÃO, 2005), os dados obtidos a partir dos mapas de declividade e erodibilidade foram associados com intuito de se definir as classes de suscetibilidade à erosão laminar.

São apresentadas as cinco classes de suscetibilidade à erosão laminar a partir do cruzamento das matrizes de erodibilidade e declividade:

- Classe I: Extremamente Suscetível
- Classe II: Muito Suscetível
- Classe III: Moderadamente Suscetível
- Classe IV: Pouco Suscetível
- Classe V: Pouco a não Suscetível

2.3. Potencial à erosão laminar

Para Salomão (2005) o mapa de potencial à erosão laminar reflete as características naturais dos terrenos, é necessário observar que a erosão laminar é fortemente condicionada pela ação antrópica, por meio das diversas formas de uso e ocupação do solo.

Desse modo as áreas que apresentarem a mesma classe de suscetibilidade, mas com diferentes tipos de usos do solo apresentará variado potencial ao desenvolvimento de erosão laminar.

O potencial à erosão laminar, pode assim ser definido como resultado da interação entre suscetibilidade preliminar à erosão laminar dos terrenos em desenvolver erosão e o uso atual do solo (Figura 3). Foram definidas três classes de potencial à erosão Laminar, sendo elas: Baixo Potencial, Médio Potencial e Alto Potencial (SALOMÃO, 2005).

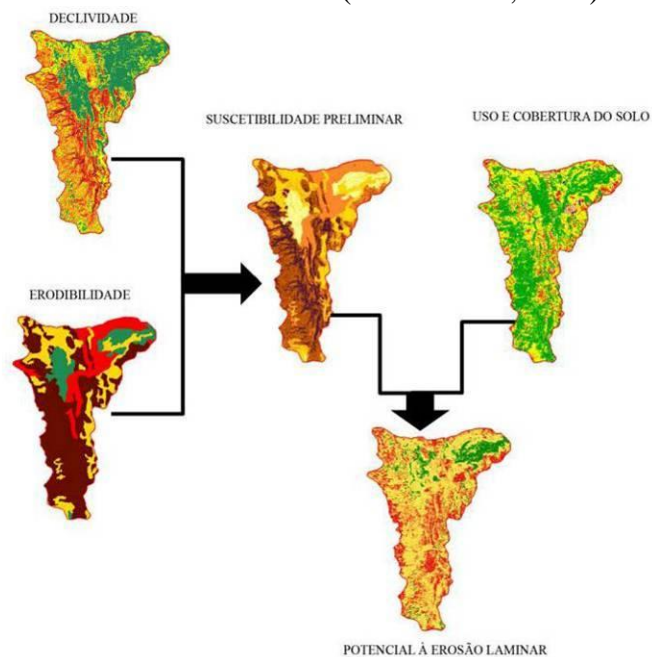


Figura 3. Esquema do cruzamento dos planos de informação objetivando o potencial à erosão laminar.

3. Resultados e Discussão

Conforme os resultados obtidos a partir da suscetibilidade preliminar à erosão laminar, a bacia hidrográfica do rio Salobra apresentou representativa porção de sua área (48%), entre as classes I- extremamente suscetível e II- muito suscetível (Figura 4).

Desse modo, a classe I - Extremamente Suscetível, foi verificada em 14% da área da bacia, que apresentou terrenos com problemas complexos de manejo e conservação, solos com grau de erodibilidade Muito Forte e Forte associados à declividades acima de 20%. As áreas que apresentaram essa classe deveriam ser indicadas para preservação ou para reflorestamento (Tabela 1).

A classe II - Muito Suscetível foi observada em 34% da área, caracterizou-se pelos terrenos com problemas complexos de manejo e conservação, apresentou solo com grau de erodibilidade Muito Forte em declividades entre 3 à 20%, erodibilidade Forte em declividade de 8 à 45%, e solo com nível de erodibilidade Moderado com declividades maiores que 20%. Esta classe é razoavelmente favorável à ocupação por pastagem e culturas perenes, dependendo principalmente da declividade apresentada.

A classe III - Moderadamente Suscetível, foi verificada em 25% da área da bacia, caracterizou-se por apresentar solos com grau de erodibilidade Muito Forte associados à declividades menores que 3%, Forte com declividades entre 3 e 8%; Moderado associado à declividades entre 8 e 20%, Baixo associados com declividades superiores a 20% e, Muito Baixo associados à declividades Superiores a 45%. As áreas que representaram esta classe podem ser ocupadas por pastagem e/ou culturas perenes, desde que as declividades não ultrapassem 20%.

Classe IV - Pouco Suscetível, verificada em 18% da área. Caracterizou-se por associar solos com grau de erodibilidade Forte com declividades igual ou menores que 3%, Moderado com declividades igual ou menores que 8%, Baixo com declividade de 3 à 20%, Muito Baixo com declividade de 8 à 45%. São áreas mais indicadas a ocupação por pastagem e culturas perenes, nas áreas com declividades inferiores a 20%, e eventualmente culturas anuais, porém quando utilizadas com culturas anuais exigirá práticas intensivas de controle de erosão.

Classe V - Pouco à Não Suscetível, esta classe representou 9% da área da bacia. Corresponde a terrenos sem problemas especiais de conservação, podendo ser utilizado para qualquer tipo de cultura quando apresentar classes de declividade menores ou igual à 3% associada à erodibilidade Baixa e Muito Baixa e, quando apresentar erodibilidade Baixa e Muito Baixa associada à declividade igual ou menores que 8%. São terrenos com poucos problemas de manejo e conservação, que podem ser utilizados para qualquer tipo de cultura agrícola, exigindo apenas práticas conservacionistas adequadas de baixo custo no controle da erosão.

Tabela 1- Definição das classes de suscetibilidade preliminar á erosão laminar, a partir da relação Erodibilidade X Declividade.

Suscetibilidade preliminar à erosão laminar	área em km²	área em %
Classe I (extremamente suscetível)	319.425	14
Classe II (muito suscetível)	790.406	34
Classe III (moderadamente suscetível)	578.035	25
Classe IV (pouco suscetível)	422.795	18
Classe V (pouco a não suscetível)	210.760	9

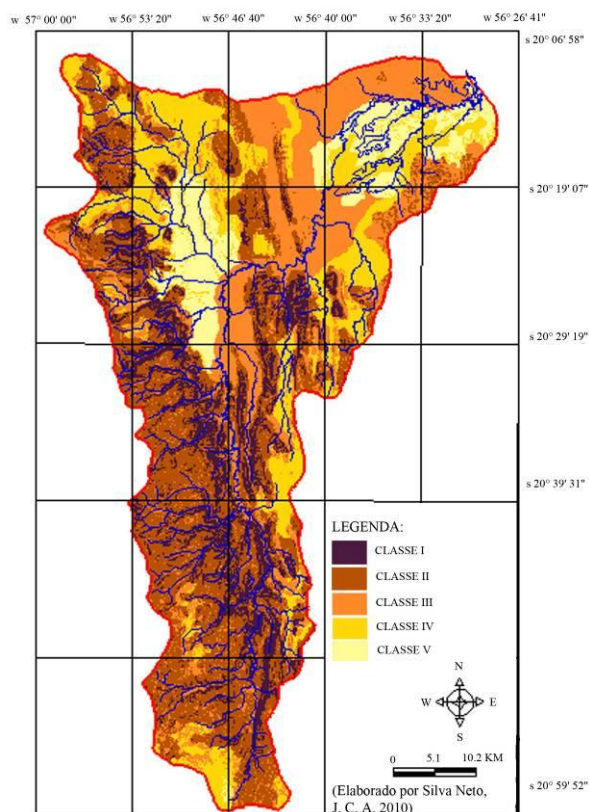


Figura 4. Mapa das classes de suscetibilidade preliminar à erosão laminar da bacia do rio Salobra-MS.

Quanto ao potencial à erosão laminar da bacia hidrográfica do rio Salobra, observou-se que 26% da área da bacia apresentou Alto Potencial à erosão laminar indicando incompatibilidade do uso do solo com a suscetibilidade à erosão laminar (Figura 5).

Verificou-se em 65% da área da bacia Médio Potencial à erosão laminar, ou seja, representativa porção da área estudada apresentou incompatibilidade do uso do solo com a suscetibilidade preliminar á erosão laminar. Deve-se considerar que é possível minimizar os problemas que atingem a conservação dos solos, por meio de práticas conservacionistas adequadas (Tabela 2).

Apenas 9% da área da bacia apresentou Baixo Potencial à erosão, com o uso do solo compatível com a suscetibilidade preliminar à erosão, estes terrenos não apresentaram problemas conservação, podendo ser utilizados com qualquer tipo de cultura, exigindo apenas práticas conservacionistas adequadas de baixo custo no controle da erosão.

Tabela 2. Classes de potencial à erosão laminar.

Potencial à erosão laminar	área em km ²	área em %
Baixo Potencial	219.440	9
Médio Potencial	1.507.356	65
Alto Potencial	594.625	26

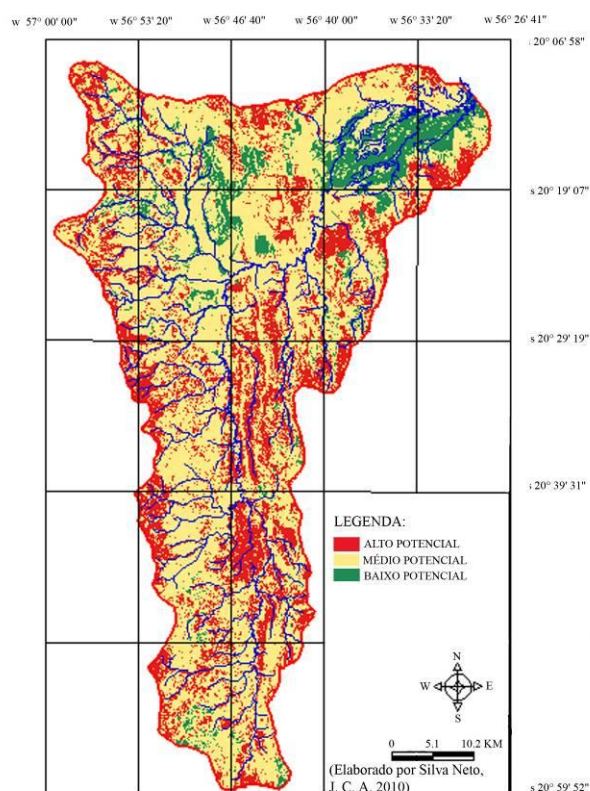


Figura 5. Mapa das classes de potencial à erosão laminar em 2007 da bacia do rio Salobra-MS.

4. Conclusões

A utilização da programação em LEGAL do Spring possibilitou uma análise integrada dos elementos da unidade da bacia hidrográfica, permitiu a representação das correlações de variáveis para identificação do potencial à erosão laminar neste ambiente e, a associação da atividade antrópica às características físicas desta paisagem, que ocasionaram maior ou menor impacto, no tocante dos processos erosivos.

O uso do solo foi um dos principais parâmetros analisados no presente estudo, desse modo, verificou-se que a atuação antrópica têm se manifestado nas formas de uso do solo, em algumas porções da bacia sem respeitar o suporte físico das características dos solos, e das formas do relevo. Assim, dependendo das características físicas e naturais, a intensidade da atuação antrópica pode comprometer o ambiente levando-o a estágios irreversíveis de degradação ambiental.

O mapeamento do potencial à erosão laminar, permitiu considerar as incompatibilidades de uso dos solos com as classes de suscetibilidade preliminar à erosão laminar. Conforme os resultados alcançados é preciso repensar alguns tipos de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Salobra, fazendo-se necessário a adoção de medidas que visem a conservação dos solos. Além disso, as áreas com altos índices de suscetibilidade à erosão exigem cuidados especiais durante o uso, desaconselhando-se em algumas porções da bacia, com níveis Extremamente e Muito Suscetíveis, o uso do solo por pastagens e plantações. Essas áreas devem ser indicadas para preservação ou reflorestamento.

Referências Bibliográficas

Carvalho Junior, Ambientes Cársticos. In: Florenzano, T. G. **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. cap. 7, p.185-218.

Costa, N. M. C.; Xavier Da Silva, J. Geoprocessamento Aplicado à Criação de Planos de Manejo: O Caso do Parque Estadual da Pedra Branca – RJ. In: Xavier Da Silva, J.; Zaidan, R. T. (orgs.) **Geoprocessamento e Análise Ambiental: Aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Bertand Brasil, 2004. cap. 2, p.67-114.

Lacerda Filho, Joffre V. et al. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul**, Campo Grande: Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2006. 128 p.

Leff, Enrique. **Epistemologia Ambiental**. São Paulo: Editora Cortez, 3º Ed., 2002. p.240.

PCBAP – **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Volumes: I e II, Tomos I e II, Programa Nacional de Meio Ambiente, 1997.

Projeto RADAMBRASIL, Vol.28, **Folha SF. 21 CAMPO GRANDE: Levantamento de Recursos Naturais**, Rio de Janeiro: Ministério das Minas e energia: Secretaria- Geral. 1982. p.416.

Salomão, F. X. T; Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: Guerra, Antonio J. Teixeira.; Silva, Antonio S. da.; Botelho, Rosângela G. M; (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2005. cap. 7, p.229-267.

Silva, Alexandre M.; Schulz, Harry E.; Camargo, Plínio B. **Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: Editora RIMA, 2ª Edição. 2007. p.153.