

Mapeamento de áreas de risco à ocorrência da erosão hídrica no Sudoeste Goiano com base na distribuição espacial de chuvas intensas

Magno Henrique dos Reis¹
Nori Paulo Griebeler¹
Philip Tadeu Maranhão de Souza¹
Max Well de Oliveira Rabelo¹

¹ Universidade Federal de Goiás - UFG
Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos
Setor de Engenharia Rural
Rod. Goiânia – Nova Veneza Km 0, CP 131 - Campus II
CEP 74001-970 – Goiânia, GO, Brasil
(magnoagroufg, maxrabelo, philiptadeu)@hotmail.com
griebeler@yahoo.com.br

Resumo. Erosão consiste nos processos de desprendimento e arraste das partículas de solo causados pela ação da água e do vento. No Brasil, a erosão provocada pela água, também conhecida como erosão hídrica, é a mais importante, constituindo a principal causa da degradação das terras, elevando os custos relativos à produção agropecuária, uma vez que aumenta a necessidade de uso de corretivos e fertilizantes e reduz a eficiência operacional das máquinas agrícolas. Desta forma, para a definição de práticas adequadas de uso, manejo e conservação do solo e da água ou mesmo dos níveis de risco exige que estes diversos fatores sejam integrados, entretanto, os diferentes formatos e escalas, dificultam o cruzamento dos dados. Nesse sentido, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) pode vir a facilitar esse processo de análise e, ainda, facilitar a manipulação de informações em grandes áreas, o que se torna oneroso por métodos convencionais. Com base nesses componentes básicos o presente trabalho realizou o mapeamento de áreas de risco à ocorrência da erosão hídrica no Sudoeste Goiano com base na distribuição espacial de chuvas intensas.

Palavras-chave: mapeamento, erosão hídrica, SIG, manejo e conservação do solo.

Abstract: Erosion consists of the unfastening processes and drags of ground particles caused by the action of the water and the wind. In Brazil, the erosion provoked for the water, also known as water erosion, is most important, constituting the main cause of the degradation of lands, raising the relative costs to the farming production, a time that increases the necessity of use of punishments and fertilizers and reduces the operational efficiency of the agricultural machines. In such a way, for the definition of practical adjusted of use, handling and conservation of the ground and the same water or of the risk levels demand that these diverse factors are integrated, however, the different formats and scales, make it difficult the crossing of the data. In this direction, the use Geographic Information Systems of (GIS) can come to facilitate this process of analysis and, still, to facilitate the manipulation of information in great areas, what it becomes onerous for conventional methods. On the basis of these basic components the present work carried through the mapping of areas of risk to the occurrence of the water erosion in the Goiano Southwest on the basis of the space intense rain distribution.

Key-words: mapping, water erosion, SIG, handling and conservation of the soil.

1. Introdução

Erosão consiste nos processos de desprendimento e arraste das partículas de solo causados pela ação da água e do vento. No Brasil, a erosão provocada pela água, também conhecida como erosão hídrica, é a mais importante, constituindo a principal causa da degradação das terras, elevando os custos relativos à produção agropecuária, uma vez que aumenta a necessidade de uso de corretivos e fertilizantes e reduz a eficiência operacional das máquinas agrícolas. A erosão causa também problemas na qualidade e disponibilidade de água, decorrentes da poluição e do assoreamento dos cursos d'água, favorecendo a ocorrência de enchentes no período chuvoso e a escassez de água no período de estiagem, provocando problemas socioeconômicos. Os fatores que mais influenciam no processo erosivo podem ser separados em três grupos, que são as variáveis climáticas, edáficas e topográficas.

Dentre as variáveis climáticas, a precipitação é a mais importante. O conhecimento sobre a distribuição e comportamento das precipitações é de fundamental importância para o desenvolvimento de projetos hidroagrícolas. Para o planejamento e o manejo de sistemas de irrigação, escolha de épocas para o plantio ou manejo do solo com fins conservacionistas, entre diversas outras atividades, é de extrema importância o conhecimento sobre a forma com que a chuva se comporta.

Com relação ao processo erosivo, as características de intensidade, duração e frequência de precipitação são as que mais influenciam. O relevo sobre o qual a precipitação incide representa outro aspecto de fundamental importância ao entendimento e quantificação do processo erosivo, sendo a declividade e o comprimento de encosta os principais fatores relacionados à erosão. A declividade influencia principalmente a energia de escoamento, sendo que quanto maior a declividade do terreno, sob as mesmas condições de solo e precipitação, menor será o volume de água que efetivamente infiltrará no solo e, conseqüentemente maior o volume e a energia associada ao escoamento. A declividade e o comprimento de rampa são os parâmetros muito utilizados nos estudos e recomendações de controle de erosão, estando inseridos em praticamente todos os modelos de predição de perdas de solo.

As características edáficas de maior importância para estudos erosivos são aquelas relacionadas à capacidade de infiltração da água no solo e a capacidade deste solo resistir ao destacamento e arraste de partículas pelo escoamento. Algumas destas características encontram-se associadas, de forma qualitativa, às próprias classes de solos. A ocorrência de elevadas energias de escoamento superficial associadas a solos de baixa capacidade resistiva tende a provocar sério problemas erosivos, exigindo, quando sob utilização antrópica, que medidas severas de controle à erosão sejam implantadas. Merten et al. (1994) comentam que a utilização agrícola de áreas com declive acentuado e solos pouco profundos sempre irá

provocar um certo nível de degradação ambiental, mesmo que as práticas conservacionistas sejam intensificadas.

Desta forma, para a definição de práticas adequadas de uso, manejo e conservação do solo e da água ou mesmo dos níveis de risco exige que estes diversos fatores sejam integrados (Lopes Assad, 1995). Estas informações, entretanto, encontram-se, muitas vezes, em diferentes formatos e escalas, dificultando o processo de análise. Nesse sentido, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) pode vir a facilitar o processo de análise e, ainda, conforme Sano et al., citados pelo mesmo autor, facilitar a manipulação de informações em grandes áreas, o que se torna oneroso por métodos convencionais.

De acordo com Star e Estes (1990), os SIGs são sistemas ou ferramentas assistidos por computador para captura, armazenamento, transformação, análise e reprodução gráfica de dados espaciais. Estes sistemas são destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente e, para tal, manipulam dados de diversas fontes, como mapas, imagens de satélites, cadastros e outras, permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os dados.

Os SIGs apresentam em sua estrutura quatro componentes básicos, segundo Aronoff (1989) e Davis Jr. e Fonseca (1996):

- entrada de dados: feita a partir de várias fontes, entre as quais dados vetoriais e matriciais (raster) provenientes de fotos aéreas, dados alfanuméricos georeferenciados em papel ou formato digital e dados provenientes de imagens raster (imagens de satélites);
- gerenciamento de dados: este sistema é conhecido como SGBD - sistemas gerenciadores de banco de dados, ou DBMS - data base management system. Quanto ao modelo de armazenamento e busca de informações, os SGBD são classificados em: seqüencial, hierárquico, de rede, relacional e orientado a objetos.
- manipulação e análise de dados: a análise de dados geográficos utiliza técnicas de processamento que lidam com estruturas do tipo matricial tanto quanto com estruturas do tipo vetorial.
- saída: inclui programas para exibição de mapas, gráficos e informações alfanuméricas em impressora, tela do computador, traçador gráfico, unidades de disco magnético, disquetes, entre outros.

2. Objetivo

Com base nesses componentes básicos o presente trabalho teve o objetivo de realizar o mapeamento de áreas de risco à ocorrência da erosão hídrica no Sudoeste Goiano com base na distribuição espacial de chuvas intensas, visto que poucos trabalhos tem sido feito nessa região utilizando esses atributos, o que mais se tem visto são zoneamentos agrícolas para determinada cultura agrícola (arroz, café, etc.) realizado para todo o estado.

3. Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG). Para a realização do trabalho foi utilizada uma base digital da região de interesse e dados de elevação obtida da Superintendência de Geologia e Mineração da Secretaria de Indústria e Comércio do Estado de Goiás (AGIM/SIC), mapa digital de solos e Equações de IDF (Costa e Prado, 2002) da região do estudo. Foi utilizado software de SIG para o sistema de mapeamento de superfície e o gerenciador de banco de dados Access.

3.1 Espacialização dos dados de precipitação intensa

Para a espacialização dos dados de precipitação intensa, obtidos das equações de IDF, foram utilizados os modelos de uso mais comum para dados climáticos, como o modelo de Média Ponderada, Inverso da Potência da Distância (IPD) e Krigagem. O modelo de Média Ponderada e IPD é um interpolador de média enquanto que a Krigagem consiste em um método geoestatístico.

Neste sentido, foram utilizados critérios definidos na literatura - Caruso e Quarta (1998); Özdamar et al., (1999) de modo que verificou-se o método de interpolação dos dados de precipitação intensa que mais se aproxima dos valores esperados para a região. Estas metodologias consistem na extração de dados pontuais localizados nas estações da região em estudo antes da interpolação e a verificação do valor gerado pela interpolação.

Com base nos resultados obtidos a partir da técnica de verificação de valores pontuais, foram realizados ajustamentos nos parâmetros dos interpoladores, procurando assim a redução de diferenças na estimativa dos valores de precipitação. Estes ajustamentos referem-se aos coeficientes utilizados pelos modelos de interpolação bem como também nos fatores de anisotropia, a qual relaciona-se a direção predominante a ser utilizada pelo interpolados na análise dos dados pontuais.

3.2 Geração do modelo digital de elevação do terreno (MDT)

Para a geração do MDT, foi utilizado um modelo vetorial, na escala de 1:250.000, contendo as curvas de nível do Estado de Goiás. Estas curvas de nível foram interpoladas utilizando modelo de triangulação (TIN), disponível no Software de SIG que será utilizado no projeto. O processo de interpolação visa a geração de uma superfície contínua de elevação no formato Raster.

Paralelamente a geração do MDT foi realizada uma comparação com o modelo digital obtido pelo sensor SRTM, cujos arquivos encontram-se disponibilizados na rede de computadores para acesso comum.

A geração do MDT foi utilizada para posterior análise da posição, no relevo, das estações pluviométricas, das quais foram geradas as equações de IDF. Foi utilizado também para realizar análises quanto à disponibilidade de estações nas quais não existam equações de IDF desenvolvidas e que apresentem condições estratégicas para melhoria dos resultados da extrapolação.

3.3 Integração do MDT à base pedológica

O MDT foi integrado à base pedológica utilizando técnicas de sobreposição disponíveis nos softwares de SIG, permitindo desta forma relacionar a posição do relevo com o tipo de solo correspondente. Foram ainda, a partir do MDT, gerados mapas de declividade do terreno, com os quais será possível o estabelecimento de regiões nas quais os riscos de erosão sejam mais acentuados. Neste sentido foram utilizados critérios baseados em fracionamento de relevo em faixas de declividade, conforme o manual de aptidão agrícola dos solos. Ramalho Filho e Beek (1996). Desta forma, os solos foram classificados em classes de suscetibilidade à erosão conforme definido pelo mesmo, permitindo assim a geração de mapas em classes sendo nula quando não suscetível a erosão, ligeiro quando pouco suscetível, moderado quando apresentar moderada suscetibilidade, forte quando for fortemente suscetível, muito forte quando a suscetibilidade for maior que a do grau forte e ainda extremamente forte quando apresentou severa suscetibilidade à erosão.

3.4 Integração do modelo clima-solo-relevo e mapeamento de áreas suscetíveis à erosão

A partir dos mapas de precipitação; solo, relevo e declividade foram realizadas operações de classificação e sobreposição, gerando um modelo no qual estes fatores encontrassem inter-relacionados.

O mapeamento das áreas de risco foi realizado confrontando-se as características de solo, relevo e precipitação intensa. Neste sentido, foram gerados mapas de índices de suscetibilidade nula, ligeira, moderada, forte, muito forte e extremamente forte, facilitando assim que estudos de planejamento e práticas conservacionistas possam ser recomendadas de maneira mais abrangente. O mapeamento destas áreas de risco, associadas ao relevo, tipo de solo e precipitação intensa permitirá também a aplicação de modelos conservacionistas e assim permitir estimativas regionais para a sua implantação.

4. Resultados e Discussão

4.1 Espacialização dos dados de precipitação intensa

Foram espacializados os dados de precipitação intensa para todo o estado de Goiás obtidos da rede de estações pluviométricas do mesmo e gerado segundo a equação das relações IDF (Intensidade-Duração-Frequência) para cada estação. Foi utilizado um software SIG para interpolação dos dados gerados da equação IDF para 6, 12 e 24 horas para o tempo de retorno de 10 anos e interpolados através do inverso da potência da distância de expoente 2 e atributo vizinho mais próximo. Para esta espacialização também foram utilizados alguns dados de precipitação intensa de estações próximas ao limite do estado de Goiás como Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Tocantins, a fim de que se obtenha maior acuracidade dos valores limítrofes. Posteriormente foi selecionada apenas a região do Sudoeste Goiano, através da sobreposição do arquivo shape desta região, formando assim um P.I. para cruzamento das informações, chamado de mapa de precipitação intensa do Sudoeste Goiano como pode ser observado na **Figura 1(a),(b) e (c)** para o tempo de 6, 12 e 24 horas respectivamente.

Com essa sobreposição os valores de precipitação na área selecionada foram diminuídos em relação à amplitude de dados e foram reclassificados em classes de 25mm, sendo de 100-125 e 125-150 para 24 horas, 150-175 para 12 horas e 175-200 e 200-225 para 6 horas.

4.2 Base pedológica

Foi utilizado o mapa digital de solos do estado de Goiás obtido através da base cartográfica da AGIM/SIC em escala de 1:250000. O mapa de solos foi manipulado pelo software SIG ao qual foi feita uma união de shapes (geoprocessing) para recorte do limite do Sudoeste Goiano.

Desta forma criou-se mais um P.I., o mapa de solos do Sudoeste Goiano (**Figura 2**). Este mapa de solos se encontra na classificação antiga e, portanto foi simplificado apenas na classificação dos grupos como os Latossolos, Neossolos, Argissolos, Gleissolos e Cambissolos da nova classificação de solos. Cada tipo de solo foi classificado sua suscetibilidade à erosão hídrica sendo portanto 1-Baixa suscetibilidade, 2-Moderada suscetibilidade e 3-Alta suscetibilidade. Os grupos de solos foram classificados segundo Lombardi Neto et al. (1994), sendo os Latossolos de baixa suscetibilidade, Argissolos de moderada suscetibilidade e os de alta suscetibilidade como os Cambissolos, Gleissolos e Neossolos. Posteriormente o presente mapa será integrado ao modelo clima-solo-relevo para classificação de áreas suscetíveis à erosão.

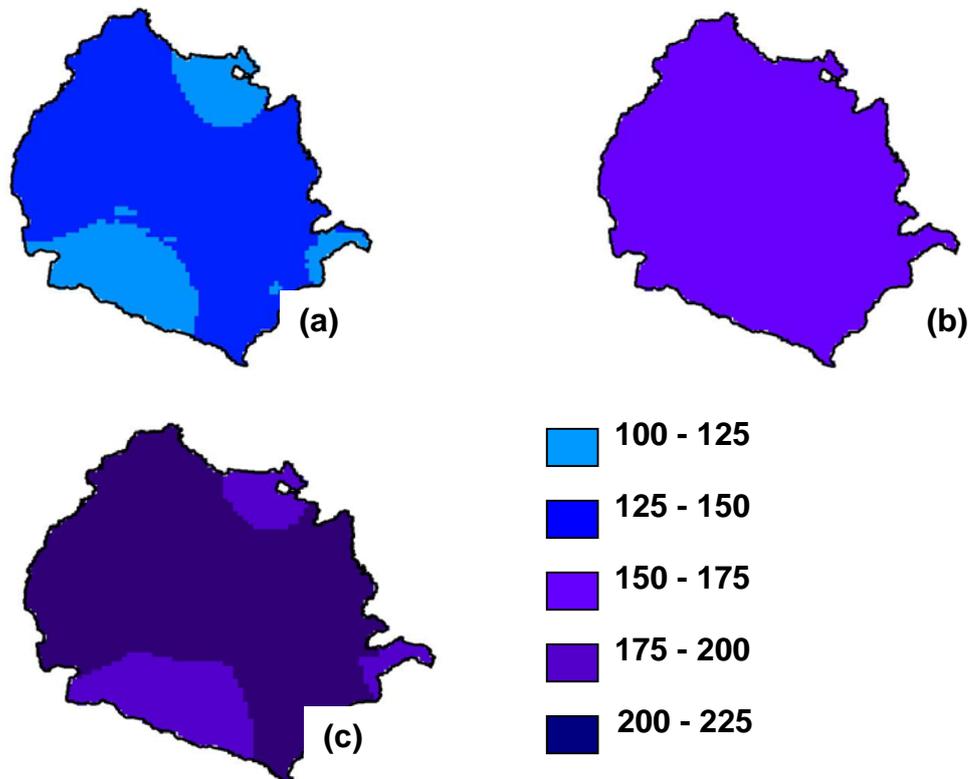


Figura 1. Mapas de precipitação(mm/h) intensa do Sudoeste Goiano, (a) 24 horas, (b) 12 horas e (c) 6 horas.

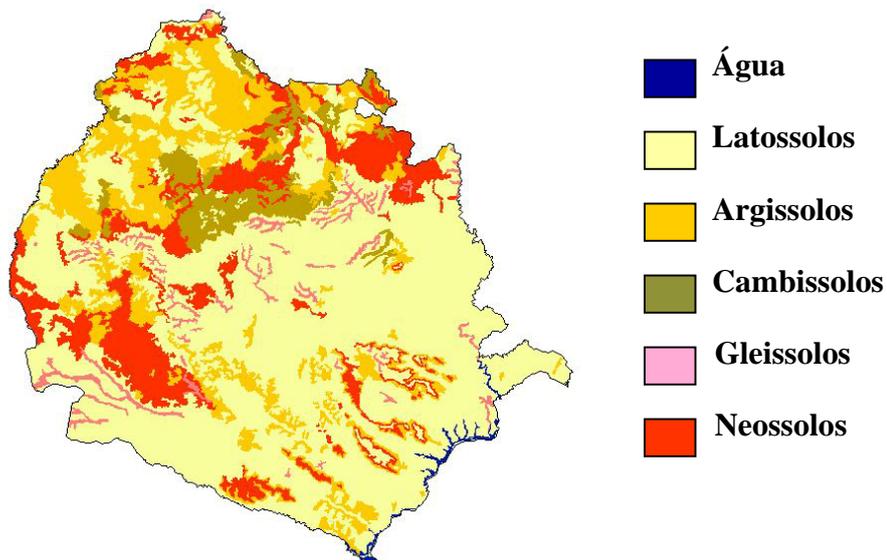


Figura 2. Mapa de solos do Sudoeste Goiano.

4.3 Geração de MDT e mapa de declividade

Com a aquisição do Modelo Digital do Terreno (MDT), obtido através da rede de computadores de acesso comum disponibilizado pela NASA através do sensor radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), foi gerado um mapa de declividade para região em estudo, o sudoeste goiano (**Figura 3**), que por sua vez foi reclassificado conforme proposto na metodologia do sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho e Beek, 1995). Posteriormente, foi gerados um grid no software do mapa de declividade com valores de 0 a 49 e do mapa de solos como mencionado acima em valores de 1 para latossolos, 100 para argissolos e 5000 para neossolos, cambissolos e gleissolos a fim de que o cruzamento de dados resultam em valores nunca iguais, permitindo assim nunca uma nova reclassificação.

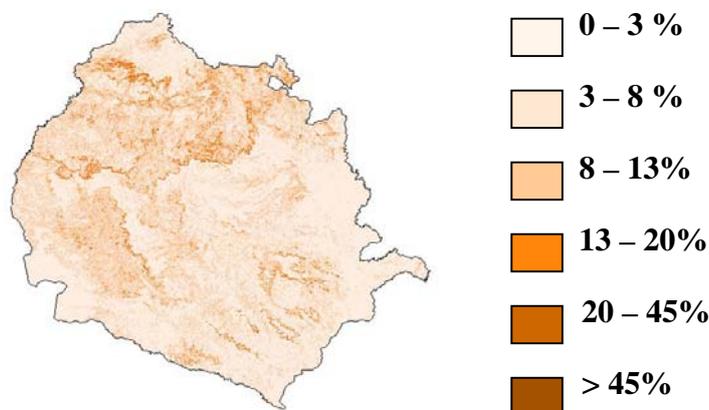


Figura 3. Mapa de declividade do Sudoeste Goiano.

4.4 Integração do modelo clima-solo-relevo e mapeamento de áreas de risco à erosão

De posse do modelo solo-relevo e um grid de precipitações máximas de chuvas para região criou-se o modelo chamado de clima-solo-relevo (**Figura 4**), cruzando dados raster de chuva para 6, 12 e 24 horas com as classes de declividade e com os grupos de solos, obtendo-se uma variação muito grande de informações. Como a amplitude de valores é bastante grande, criaram-se índices que pudessem separá-los entre si a fim de que possa ser reclassificados conforme valor atribuído em cada classe de chuva, solo e relevo. Desta forma, gerou-se o modelo com as atribuições da metodologia do sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho e Beek, 1995), classificando quanto a suscetibilidade à erosão hídrica, podendo ser nula, ligeira, moderada, forte, muito forte e extremamente forte. Assim as classes variaram desde a menos suscetível atribuído à regiões de menor precipitação intensa (classe de 100-125 mm/hora), de solo de menor suscetibilidade à erosão como os latossolos e o relevo mais plano (0-3% de declividade) pertencente a classe nula até a mais suscetível em regiões de maior precipitação (200-225 mm/hora), solos mais erosivos como os neossolos, cambissolos e argissolos e o relevo mais íngreme (> 45% de declividade) pertencente a classe de suscetibilidade à erosão extremamente forte.

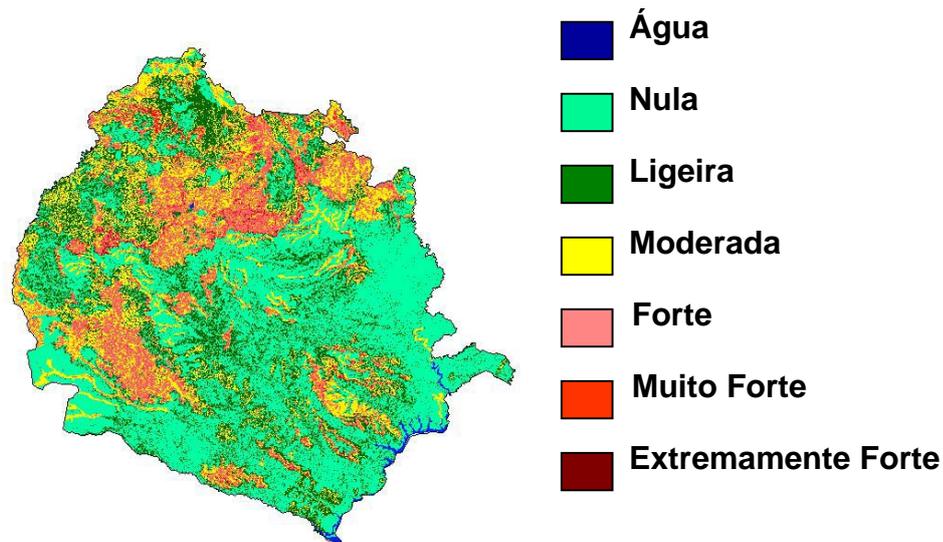


Figura 4. modelo solo-declividade do sudoeste goiano.

Para fins práticos as classes de suscetibilidade à erosão hídrica podem ser entendidas como formas de aplicação do uso da terra recomendadas por Ramalho Filho et al (1995), assim sendo a classe nula é que mais se apropria a utilização de agricultura intensiva, pois é plano e possui boa permeabilidade podendo a erosão ser controlada com práticas simples de manejo quando cultivadas de 10 a 20 anos. A classe ligeira são encontradas em terras com pouca suscetibilidade à erosão, com aptidão regular para lavouras de ciclo curto e podem perder até 25% do horizonte superficial sendo prevenidas com práticas conservacionistas simples. A moderada esta presente em relevo ondulado, apresentando pedregosidade, textura muito arenosa ou argilosa do tipo 2:1, podendo apresentar grandes sulcos de erosão que devem utilizadas boas práticas conservacionistas como terraceamento, plantio direto e preparo do solo mais reduzido, são áreas com aptidão para lavouras de ciclo curto e baixos níveis de manejo. A classe de forte suscetibilidade à erosão ocorre em relevo ondulado a forte ondulado, em solos menos resistentes como argissolos que devem ser aplicadas práticas intensivas de controle como faixas de retenção, terraceamento, canais escoadouros, cultivo em faixa, etc, estas áreas são mais apropriadas à pastagem cultivada. A muito forte estão presentes em terras com suscetibilidade maior que a do grau forte, tendo uso agrícola muito restrito com controle dispendioso e muitas vezes antieconômica sendo recomendado no máximo silvicultura ou pastagem natural. Já a classe mais restrita é extremamente forte que não é recomendado para uso agrícola por estar sob pena de se totalmente erodida em poucos anos, e que, portanto são utilizadas apenas para preservação da flora e da fauna

5. Conclusões

- Pode-se observar no mapa de precipitação intensa que quanto menor o tempo de duração, maior é a intensidade de precipitação.
- Nas regiões de maior declividades normalmente são encontradas os solos de maior suscetibilidade à erosão como os neossolos, cambissolos e argissolos, enquanto que os de menor declividade são encontrados os latossolos.
- As áreas de maior predominância dos latossolos, precipitação menos intensa e menor declividade foram classificadas de modo geral sendo nula quanto ao grau de suscetibilidade à erosão, e portanto a classe de menor risco á ocorrência de erosão.

- As áreas neossolos, cambissolos e gleissolos, aliadas a precipitações mais intensas na faixa de 200-225 mm/hora e relevo mais acidentado maiores que 13% apresentaram-se como regiões com grau e suscetibilidade muito forte ou extremamente forte.
- Tiveram suscetibilidade ligeira, moderada e forte nas regiões de latossolos com declividade maior que 13% e os argissolos, neossolos, cambissolos e gleissolos até 13% em precipitações medianas.
- A região noroeste do sudoeste goiano foi a que apresentou maiores graus e suscetibilidade à erosão e que, portanto as que devem possuir maiores cuidados na utilização da terra e planejamento conservacionistas.

6. Recomendações

A metodologia usada no trabalho pode ser aplicada de uma forma diferenciada na Bacia do Alto Paraguai, considerando as particularidades da região, visto que são áreas mais planas que resultará em uma menor variação do MDT. Portanto, maiores atenções deverão ser dadas à obtenção dos dados de precipitação intensa, recorrendo às descrições das Equações de IDF (Costa e Prado, 2002).

7. Referências

- Aronoff, S. **Geographic information systems: a management perspective**. WDL ed., Ottawa, Canada, 294p. 1989.
- Câmara, G.; Monteiro, A. M.; Druck, S.; Carvalho, M. S.; **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; 2004, p.21-52.
- Caruso, C. e Quarta F. Interpolation Methods Comparison. **Computers Mathematical application**. v. 35, p. 109-126, 1998.
- Costa, A. R. da; Prado, L. de A. Espacialização de equações de chuva no cerrado goiano e sul do Estado do Tocantins. In: **Anais XXXI CONBEA-Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola da SBEA**. Anais em CD, Salvador, BA, 2002. 09 p.
- Davis Jr., C.A, Fonseca, F.T. GIS - Fundamentos. In: GIS BRASIL 96, Brasília, DF. 1996. **Anais... SAGRES** Ed., 102p. 1996.
- Lepsch, I.F.; Belinazzi Júnior, R.; Bertolini, D.; Espindola, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4.a. aproximação. Campinas: SBCC, 1991. 175p.
- Lombardi Neto, F., Bellinazzi Júnior, R., Lepsch, I.F. et al. **Terraceamento agrícola**. Campinas: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado de São Paulo, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. 39p.(Bol. Téc. CATI, 206).
- Lopes Assad, M. L. Sistema de informações geográficas na avaliação da aptidão agrícola das terras In: ASSAD, E.D., SANO, E.E. (Eds.) **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA/CPAC, 1993. p.173-199.
- Martorano, L. G., Angelocci, L. R, Vettorazzi, C. A. *et al.* **Zoneamento agroecológico para a região de Ribeirão Preto utilizando um sistema de informações geográficas**. *Sci. agric.*, Jul. 1999, vol.56, no.3, p.739-747.
- Merten, G. H., Fernandes, F. F., Machado, M. et al. in: Merten, G. H., **Manejo de solos de baixa aptidão agrícola no centro sul do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994. circular 84, p.55-110.
- Özdamar, L., Demirhan, M. e Öspinar, A. A comparison of spatial interpolation methods and a fuzzy areal evaluation scheme in environmental site characterization. **Computers, environment and urban systems**, v.25, p. 399-422, 1999.
- Pereira, Silvio B., Pruski, Fernando F., Silva, Demetrius D. da *et al.* **Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial**. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, set./dez. 2003, vol.7, no.3, p.423-429.

Ramalho Filho, A., Pereira, L.C. **Avaliação da aptidão agrícola das terras do Brasil: Potencial de terras e análise crítica dos principais métodos de avaliação.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 25p. 1996.

Reis, M. H. ; Griebeler, N. P.; Sarmiento, P. H. L. ; Oliveira, L. F. C. ; Oliveira, J. M. . Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no estado de Goiás e Distrito Federal. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2005, Goiânia. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005. v. 12. p. 229-236.

Star, J., Estes, J. **Geographic information systems.** London, Prentice-Hall International, 1990.

Valeriano, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Dez 2003, vol.7, no.3, p.539-546.

Valeriano, M. M. Mapeamento da declividade em microbacias com Sistemas de Informação Geográfica. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, maio/ago. 2003, vol.7, no.2, p.303-310. ISSN 1415-4366.

<http://srtm.usgs.gov/Mission/missionsummary.html> acesso em 08/02/2005