

GESTÃO E CONTROLE AMBIENTAL

IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS POTENCIAIS DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS COM O MODELO AGNPS E TÉCNICAS DE SIG EM UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA¹

Adriano Rausch Souto² & Silvio Crestana³

RESUMO

O planejamento de uso do solo em bacias hidrográficas deveria ter, como base, a identificação de áreas agrícolas suscetíveis aos processos erosivos, visto que a avaliação de sistemas integrados de manejo de solo e culturas em microbacias é campo ideal para esta investigação, uma vez que a qualidade final das águas dos rios é o reflexo das atividades ali desenvolvidas. Objetivou-se determinar áreas potenciais de poluição não pontual e avaliar práticas conservacionistas de solo, empregando-se o modelo matemático AGNPS, associado a técnicas de SIG. O estudo foi conduzido na microbacia hidrográfica córrego Água Grande e Ribeirão Pensamento, no município de Mamborê, PR, sobre as reais condições de produção agrícola. A estimativa da produção de sedimentos foi realizada através de simulações para diferentes cenários de uso do solo, referindo-se a distintos eventos de precipitação em uma seqüência de quatro anos agrícolas. Foram identificadas as causas de produção de sedimentos e as áreas potenciais, verificando-se que a modificação das técnicas de cultivo reduziu a produção de sedimentos.

Palavras-chave: erosão hídrica, microbacia, modelo AGNPS

IDENTIFICATION OF THE POTENTIAL AREAS OF SEDIMENT PRODUCTION WITH THE AGNPS MODEL AND GIS TECHNIQUES IN A MICRO-BASIN

ABSTRACT

Planning soil use in watersheds should be supported by the identification of agricultural areas susceptible to erosion. The evaluation of integrated systems of soil and crop management is a proper subject for this investigation since the final water quality of rivers is a reflection of the activities developed in the micro-basin. The objective of this study was to determine potential sources of nonpoint pollution and to evaluate soil conservation practices through the AGNPS model associated with GIS techniques. The study location was the Água Grande and Pensamento micro-basin in Mamborê, Paraná State, under real agricultural production. The sediment production estimation was accomplished through simulations for different scenarios of soil use and different precipitation events in a sequence of four agricultural years. The results showed the potential areas of nonpoint source pollution and its causes as well as the reduction of sediment production due to the change in agricultural practices.

Key words: water erosion, micro-basin, AGNPS model

Recebido em 26/01/2000, Protocolo 010/00

¹ Parte da Dissertação de Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental do primeiro autor, apresentada ao Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

² Pesquisador do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR. Rod. Celso Garcia Cid, Km 375, CP 481, CEP 86001 - 970, Londrina, PR. E-mail: arsouto@pr.gov.br

³ Pesquisador, Ph.D. - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária. CP 741, CEP 13560 - 970, São Carlos, SP. E-mail: crestana@cnpdia.embrapa.br

INTRODUÇÃO

O Estado do Paraná, preocupado com a estagnação da produção agrícola e com os processos de degradação dos recursos naturais, solo e água, vem buscando, através de alternativas tecnológicas de manejo e conservação do solo, a superação desses problemas, cujas principais práticas empregadas incluem terraceamento, readequação de estradas rurais, adubação verde e plantio direto. Merten et al. (1995) descrevem que os problemas derivados da erosão hídrica podem ser de distintas magnitudes. Nos locais onde ocorrem os processos erosivos verifica-se perda da capacidade produtiva, devido à remoção dos horizontes superficiais; por outro lado, os excedentes hídricos que chegam até a rede de drenagem da bacia hidrográfica transportam sedimentos, nutrientes e agroquímicos que contaminam as águas superficiais e esta forma de poluição difusa, ou seja, distribuída ao longo das margens dos rios oriunda do escoamento superficial, é denominada também fonte não pontual.

Estudando os processos de degradação ambiental, Crestana & Posadas (1996) observaram a necessidade do conhecimento de diferentes mecanismos físicos, químicos e biológicos existentes, para a formulação de modelos matemáticos que estabeleçam os processos básicos, nos sistemas cuja avaliação é de grande interesse.

Entre os modelos desenvolvidos para determinação de fontes não pontuais, destaca-se o "Agricultural Non-Point Source Pollution Model - AGNPS", o qual compara os efeitos do controle da poluição através de práticas de manejo conservacionista, incorporadas às bacias hidrográficas (Young et al., 1989). A proposta de uso desse modelo foi apresentada no trabalho de Kwong (1995) que, utilizando o AGNPS associado aos Sistemas de Informação Geográfica - SIG, verificou os problemas de erosão e estimativas de perda de solo em duas bacias, em Taiwan e identificou as áreas com elevados níveis de produção de sedimentos, relacionando seu controle através da prescrição de técnicas de manejo e conservação.

Com o objetivo de se identificar e avaliar os impactos das atividades agrícolas nos processos erosivos, utilizaram-se o AGNPS e as técnicas de SIG na determinação de áreas potenciais de produção de sedimentos, em uma microbacia hidrográfica nas reais condições de uso e manejo de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi a microbacia córrego Água Grande e Ribeirão Pensamento, localizada no município de Mamborê, PR, inserida na bacia do Rio Piquiri, entre as coordenadas 24°00' S e 52°30' W; e 24°30' S e 53°00' W, com área de 4.348 ha. No ordenamento dos canais, o qual reflete o grau de ramificação dos cursos da água dentro de uma bacia hidrográfica, classificou-se como de quarta ordem, segundo sistema introduzido por Horton e modificado por Strahler (Tucci, 1993).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico, Cfb e Cfa, subtropical úmido, constatando-se que o mês de julho apresenta as temperaturas mais baixas, aproximadamente 15 °C, e fevereiro as mais altas, média de 23 °C, enquanto a altitude varia entre 500 e 720 m e a precipitação

média anual é 1600 mm, os meses mais chuvosos de dezembro a fevereiro e mais secos de junho a agosto.

O material geológico constitui-se de rochas eruptivas básicas, formação Serra Geral e Caiuá, do grupo São Bento, período Juro-Cretáceo; as classes de solo predominantes são: o Latossolo Roxo-Álico, o Latossolo Roxo-Distrófico e Terra Roxa Estruturada Eutrófica; o relevo é variável, predominando o ondulado e suave ondulado, na parte superior, e forte ondulado nas áreas mais baixas e, para determinação das áreas potenciais de erosão do solo, empregou-se a versão 5.0 do AGNPS, o qual simula a produção de sedimentos em função do uso da terra, tipo de solo, práticas de manejo e componentes hidrológicos, operando com parâmetros de características gerais da bacia e coeficientes específicos para cada célula. A microbacia foi subdividida em 268 células de grade (402,35 x 402,35 m) com área unitária de 16,189 ha, sendo as condições de fluxo determinadas pela identificação das células e pela direção da drenagem.

Os mapas utilizados no tratamento de dados no SIG foram o pedológico, na escala 1:25.000, determinado pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo - SNLCS (EMBRAPA, 1988) e o planialtimétrico, fornecido pelo Instituto Ambiental do Paraná - IAP, obtido a partir da restituição aerofotogramétrica, na escala 1:100.000, e as formas de uso da terra foram determinadas através de interpretação de imagens orbitais do LANDSAT-TM, nas seguintes épocas: março de 1991, janeiro de 1994, agosto de 1995 e julho de 1996, executadas pelo Laboratório Integrado de Sensoriamento Remoto do Paraná (IAP/LISERP) e Senagro, nas escalas 1:20.000 e 1:25.000 e, ainda, por meio de observações em campo; esses mapas foram digitalizados no SIG - PC ARC-INFO e manipulados no Idrisi for Windows, em formato de matriz ("raster"), utilizando-se o sistema de coordenadas UTM - Datun - SAD-69 (Calijuri, 1996) enquanto a carta de declividade foi determinada pela interpolação das curvas de nível, nos seguintes intervalos: a) 0 - 3%, b) 3 - 6%, c) 6 - 12% e d) >12%.

Para se determinar a resistência ao fluxo, atribuíram-se os valores sugeridos por Netto & Alvarez (1982) para córregos e ribeirões. Nas áreas cultivadas, o coeficiente de Manning foi definido de acordo com a cobertura vegetal, e os resíduos culturais obtidos por Derpsch et al. (1991) e Calegari (1995). Nas culturas perenes, os valores corresponderam à presença de pastagens com boas condições, segundo os critérios de Young et al. (1987) enquanto os valores da curva número (CN) foram baseados no uso da terra, tipo de solo e nas condições de umidade (Young et al., 1987; Tucci, 1993).

A erodibilidade (K) que se refere à habilidade potencial do solo em resistir à erosão, adotou os critérios sugeridos por Denardin (1990) que propôs um modelo para sua determinação, a partir de uma regressão entre os resultados em condições experimentais e as características físicas e químicas dos solos. O fator cobertura vegetal (C) para a soja e o trigo, baseou-se nos estudos de Merten et al. (1995) enquanto para milho e pastagens, adotaram-se as relações de Bertoni & Lombardi Neto (1985) através do índice de erosividade da chuva (R) e a equação regional de Rufino et al. (1993). As práticas culturais (P) e o número de terraços foram extraídos do trabalho de Merten et al. (1995) de acordo com as classes de declividade; já a textura dos solos foi fixada através das porções silte, argila, areia e

agregados do levantamento da EMBRAPA (1988) utilizando-se o Triângulo de Classificação Granulométrica (Vargas, 1977). A avaliação da disponibilidade de matéria orgânica nos solos a qual reflete sua fertilidade, foi realizada segundo a metodologia de Muzilli et al. (1978) com base no teor de carbono orgânico da EMBRAPA (1988). Com esses resultados, foi estabelecido o nitrogênio total, empregando-se o método descrito por Kiehl (1979). A presença de fósforo nos horizontes superficiais foi obtida também pela EMBRAPA (1988).

Através de pluviógrafos modelo HC, localizados na nascente, seção média e seção final da microbacia, coletaram-se os totais precipitados. Com os diagramas gerados, determinou-se a intensidade máxima de chuva (I_{30}) com a metodologia de Cataneo et al. (1982) e, segundo Castro et al. (1982) o produto da energia cinética pela intensidade (EI_{30}). Pelo método de Thiessen, estabeleceu-se a lâmina média (Tucci, 1993).

Ao se tratar uma microbacia hidrográfica, deve-se considerá-la esta como um sistema físico, onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída o volume escoado pelo exutório. Para variação dos níveis de água utilizou-se o linígrafo que, em diagramas, registrou as oscilações no transcorrer do tempo. Este registro foi relacionado às vazões instantâneas medidas com o micromolinetete, originando a relação conhecida como curva-chave (Tucci, 1993). A descarga sólida foi o produto da vazão líquida com a concentração de sedimentos em suspensão e uma unidade de tempo (Carvalho, 1994).

Para a determinação das áreas potenciais de erosão hídrica, foram realizadas simulações em uma seqüência de anos agrícolas, retratando diferentes cenários e eventos de chuva distintos; as formas avaliadas de preparo do solo foram o convencional, com arado de discos e grade niveladora, e o plantio direto.

A identificação das principais causas da poluição não pontual ocorreu através de planilhas do Microsoft Excel, uma vez que o AGNPS opera com células ordenadas seqüencialmente, cuja metodologia se baseou em correlacionar as áreas potenciais de erosão do solo com o fator cobertura (C), a declividade e comprimento do declive.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os critérios para seleção dos diferentes cenários consideraram a implantação de práticas de manejo conservacionista na microbacia, de 1988 a 1993. No período foram selecionados eventos para a correlação entre as chuvas erosivas e produção de sedimentos, sendo que os dados observados demonstraram dependência polinomial, com um coeficiente de correlação (r) igual a 0,89. Salienta-se ainda que, na análise dos desvios, não foram avaliadas as práticas de manejo implantadas, como terraceamento, plantio direto, readequação de estradas rurais, reflorestamento energético e de áreas de proteção; após isto, utilizaram-se as chuvas selecionadas como “inputs” requeridos pelo modelo, sendo os resultados gerados comparados com os obtidos pelo monitoramento, estabelecendo-se uma relação linear com valor significativo do coeficiente (r) igual a 0,91, cuja equação da reta se encontra na Figura 1.

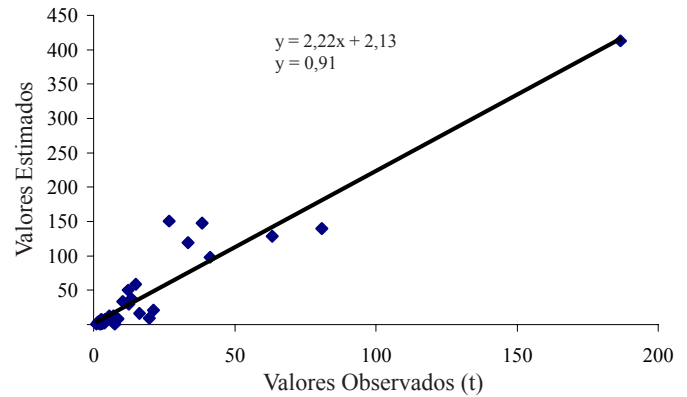


Figura 1. Correlação entre os valores observados e os estimados da produção de sedimentos

Os desvios se devem, em parte, aos processos não considerados nas simulações, como a falta de mapa cadastral de propriedade, onde se adotou um sistema homogêneo de preparação do solo; à definição das culturas para cada célula obedecer à área de maior cobertura; ao modelo com que se presume ser uniforme a distribuição de chuvas erosivas, o que não ocorreu segundo os registros; à de uma rodovia federal e estradas rurais que cortam a microbacia; e à adubação verde de inverno com aveia preta, que pode ser traduzida na melhoria do fator cobertura, pelo resíduo cultural na superfície propiciando, também, maior rugosidade superficial (Merten et al., 1995). Outra fonte de erro pode ser atribuída à coleta de amostras de sedimentos, pois os procedimentos empregados nas séries temporais tratam de um conjunto de informações tomadas em tempos determinados, em intervalos iguais e não planejadas para comparação com o modelo.

O modelo somente pode ser aplicado devido à disponibilidade de informações relacionadas à conservação dos solos na microbacia, sendo a precisão dos resultados melhorada com a redução do tamanho das células, divididas em quatro partes iguais, e conseqüente aumento do número de células.

Foram realizadas quatro simulações através de dados experimentais, estabelecendo-se a realidade local dos sistemas de produção agrícola, quanto ao uso do solo. Os cenários considerados foram:

Simulação 1 - Para culturas perenes (pastagens) considerou-se o sistema de plantio convencional; para as culturas anuais (soja e milho) considerou-se o tratamento com plantio convencional e com pequenas parcelas do plantio direto.

Simulações 2, 3 e 4 - Para culturas perenes (pastagens) não foram considerados quaisquer tratamentos; para as culturas anuais (soja, trigo e milho) considerou-se toda a área com plantio direto.

Simulação 1

A primeira simulação foi efetuada para a safra do verão de 1992, considerando-se toda a microbacia hidrográfica sob um sistema de sucessão de culturas trigo, soja, milho e pastagens (Fig. 2). As chuvas erosivas selecionadas encontram-se na Tabela 1, o percentual de áreas geradoras de sedimentos correlacionadas ao seu uso apresenta-se na legenda da Figura 2 e as áreas potenciais de produção de sedimentos, na Figura 3.

Tabela 1. Valores de precipitação pluvial e produto da energia cinética pela intensidade dos eventos observados e utilizados no AGNPS

Data	Precipitação (mm)	EI ₃₀ (MJ ha ⁻¹ mm h ⁻¹)
29/09/91	49,20	28,37
05/10/91	32,00	20,18
14/11/91	28,20	40,95
12/12/91	20,40	7,55
26/12/91	26,20	25,76
16/03/92	32,40	9,96

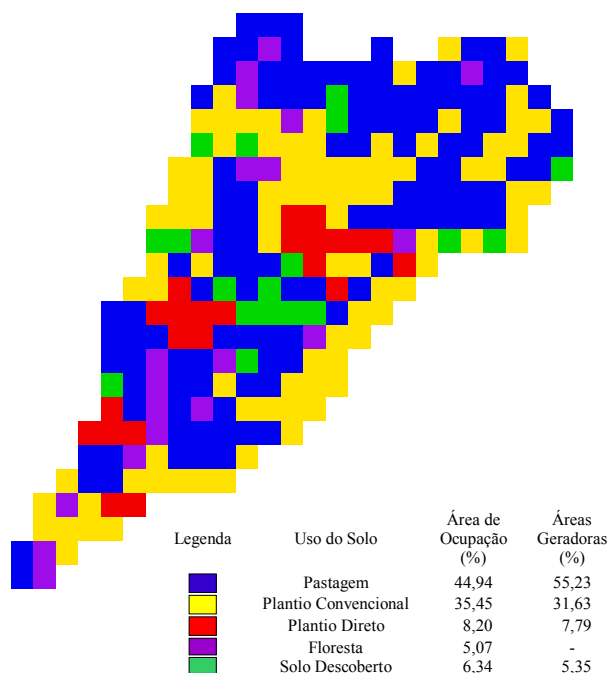


Figura 2. Relação entre área de ocupação das culturas e áreas geradoras de sedimentos, verão de 1992 (sem escala)

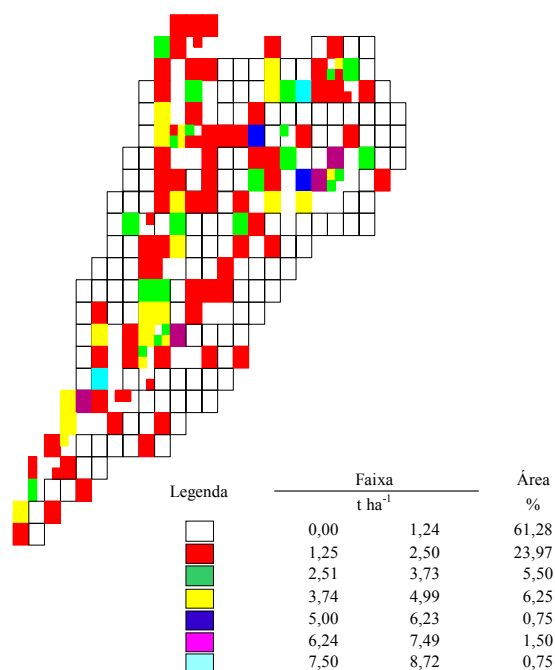


Figura 3. Estimativa da produção de sedimentos para cada uma das células nas culturas anuais e perenes (sem escala)

Identificadas as áreas potenciais de erosão hídrica (Fig. 3) determinaram-se, entre os parâmetros de avaliação, os fatores de maior relevância na produção de sedimentos, constatando-se que, neste cenário, 44,28% dos sedimentos produzidos foram relacionados ao fator cobertura do solo, 28,33% ao comprimento do declive e 27,39% à declividade, sendo que os valores dos sedimentos produzidos apresentados na legenda da Figura 3 referem-se à chuva, com o maior EI₃₀.

Simulação 2

Nos cenários subsequentes, as áreas com culturas anuais foram tratadas com plantio direto, considerando-se os resíduos da cultura anterior; para as pastagens e florestas considerou-se ausência de qualquer atividade. A segunda simulação foi para a safra do verão de 1994, em que toda a microbacia hidrográfica foi tratada com a sucessão de culturas trigo, soja, milho e pastagens (Fig. 4). As chuvas erosivas encontram-se na Tabela 2 e o percentual de áreas geradoras de sedimentos correlacionadas ao seu uso é apresentado na legenda da Figura 4, enquanto as áreas potenciais de produção de sedimentos, na Figura 5.

Tabela 2. Valores de precipitação pluvial e produto da energia cinética pela intensidade dos eventos observados e utilizados no AGNPS

Data	Precipitação (mm)	EI ₃₀ (MJ ha ⁻¹ mm h ⁻¹)
06/11/93	32,30	4,74
30/11/93	21,30	34,38
10/12/93	16,20	5,03
29/01/94	18,30	22,07
05/02/94	20,70	30,61
10/02/94	43,00	74,71
28/02/94	20,40	18,36

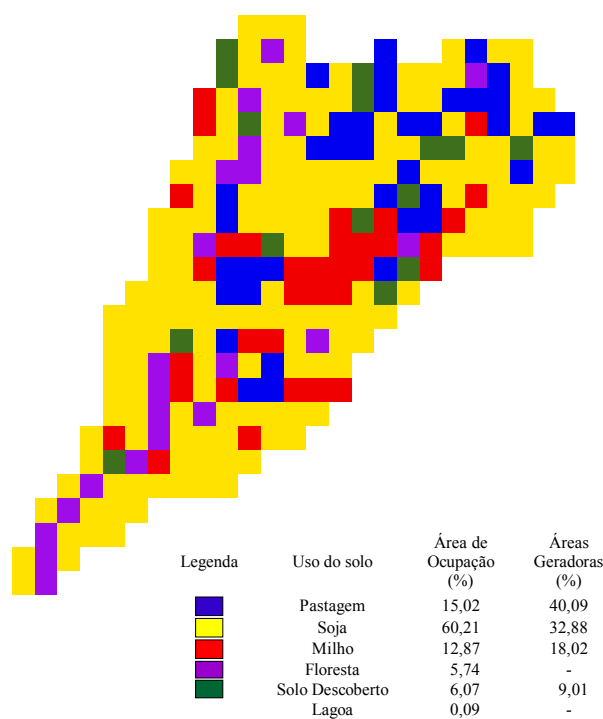


Figura 4. Relação entre área de ocupação das culturas e áreas geradoras de sedimentos, verão de 1994 (sem escala)

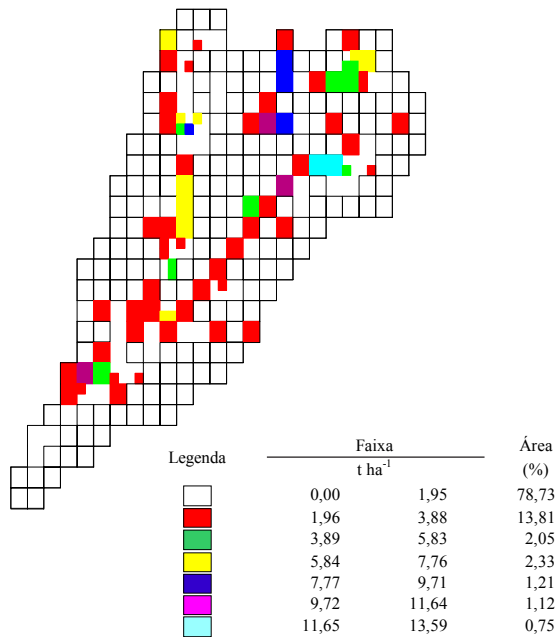


Figura 5. Estimativa da produção de sedimentos para cada uma das células nas culturas anuais e perenes (sem escala)

Deste cenário constatou-se, nas áreas potenciais da Figura 5, que 45,39% dos sedimentos produzidos foram relacionados ao fator cobertura, 21,12%, ao comprimento do declive e 33,49% à declividade; as maiores alterações ocorridas na mudança de cenários foram observadas na substituição das áreas de culturas perenes por anuais; além disso, o modelo ofereceu, através do fator disponibilidade de fertilizantes, a diversificação dos sistemas de produção no tratamento das culturas estabelecendo, assim a diferentes tipos de manejo; desta forma, os resultados apresentados nas duas primeiras simulações corroboram com as implementações ocorridas na microbacia, com a adoção do plantio direto e, por fim, na redução da erosão. Os valores dos sedimentos produzidos apresentados na legenda da Figura 5 referem-se à chuva com o maior EI_{30} .

Simulação 3

A terceira simulação foi efetuada para a safra de inverno de 1995, considerando-se toda a microbacia hidrográfica com a sucessão de culturas trigo, soja, milho e pastagens (Fig. 6). As chuvas erosivas encontram-se na Tabela 3, o percentual de áreas geradoras de sedimentos correlacionadas ao seu uso apresenta-se na legenda da Figura 6 e as áreas potenciais de produção de sedimentos, na Figura 7.

Constatou-se, assim, nas áreas potenciais da Figura 7, que 34,74% dos sedimentos produzidos foram relacionados ao fator cobertura, 34,42% ao comprimento do declive e 30,84% à declividade, sendo que os valores dos sedimentos produzidos apresentados na legenda da Figura 7 referem-se à chuva com o maior EI_{30} .

Nesta simulação observou-se a sensibilidade do modelo na identificação das áreas potenciais de produção de sedimentos, uma vez que as chuvas de inverno são menos erosivas quando comparadas com as de verão. Ainda segundo a SEAB (1994) a

região apresenta tendências a baixas precipitações nos períodos de abril a setembro.

Tabela 3. Valores de precipitação pluvial e produto da energia cinética pela intensidade dos eventos observados e utilizados no AGNPS

Data	Precipitação (mm)	EI_{30} (MJ ha ⁻¹ mm h ⁻¹)
17/04/95	11,50	5,23
19/04/95	12,80	6,29
16/05/95	11,95	2,79
07/07/95	29,20	23,96

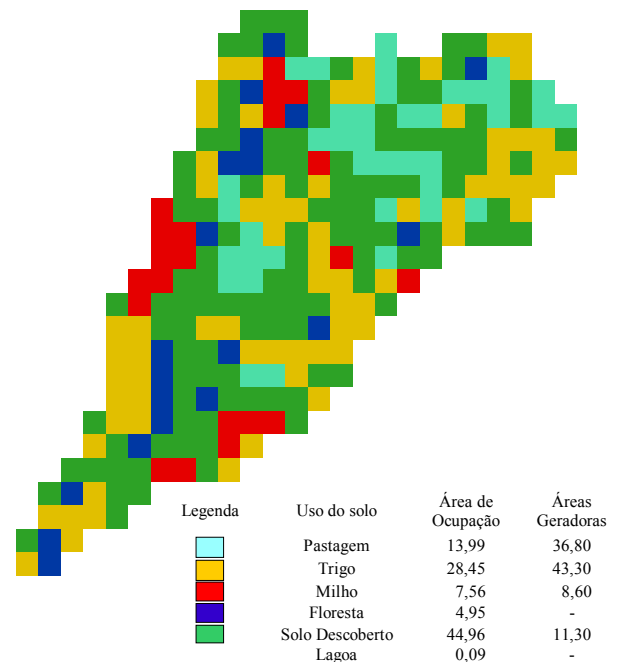


Figura 6. Relação entre área de ocupação das culturas e áreas geradoras de sedimentos, inverno de 1995 (sem escala)

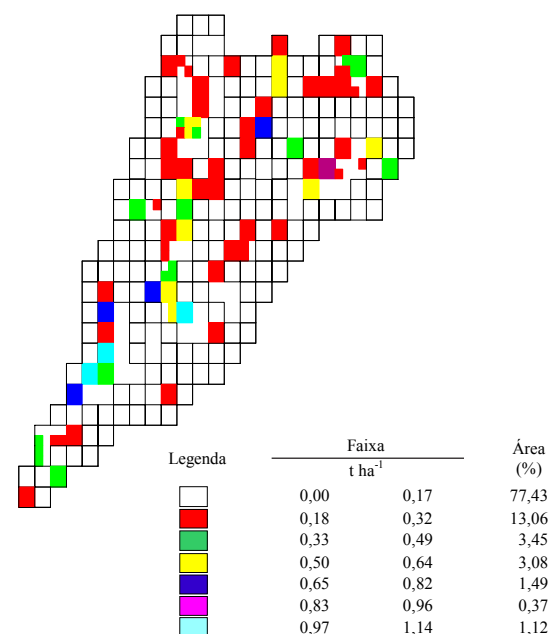


Figura 7. Estimativa da produção de sedimentos para cada uma das células nas culturas anuais e perenes (sem escala)

Simulação 4

A quarta simulação foi para a safra do verão de 1996, considerando-se toda a microbacia hidrográfica com a sucessão de culturas trigo, soja, milho e pastagens (Fig. 8). As chuvas erosivas selecionadas, encontram-se na Tabela 4, o percentual de áreas geradoras de sedimentos correlacionadas ao seu uso é apresentado na legenda da Figura 8 e as áreas potenciais de produção de sedimentos, na Figura 9.

Tabela 4. Valores de precipitação pluvial e produto da energia cinética pela intensidade dos eventos observados e utilizados no AGNPS

Data	Precipitação (mm)	EI ₃₀ (MJ ha ⁻¹ mm h ⁻¹)
16/10/95	28,20	2,88
26/11/95	19,00	12,68
28/12/95	28,10	15,39
16/03/96	7,22	4,08

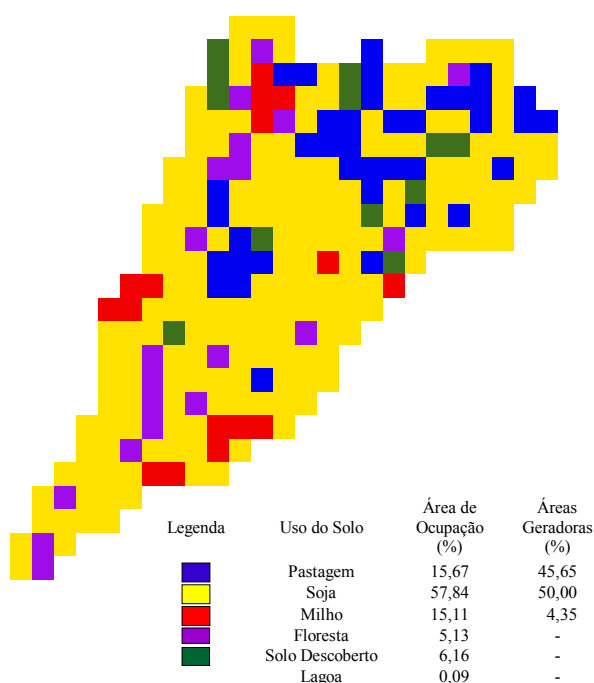


Figura 8. Relação de área de ocupação das culturas e áreas geradoras de sedimentos, verão de 1996 (sem escala)

Neste cenário, determinou-se, nas áreas potenciais da Figura 9, que 31,28% dos sedimentos produzidos foram relacionados ao fator cobertura, 27,41% ao comprimento do declive e 41,31% à declividade, sendo que os valores dos sedimentos produzidos apresentados na legenda da Figura 9 referem-se à chuva com o maior EI₃₀.

Na análise temporal constatou-se o rearranjo de localização das áreas potenciais à erosão hídrica e, com isso, a diminuição dos sedimentos produzidos devido à modificação do sistema de manejo e substituição do preparo convencional pelo plantio direto; já para a análise espacial, as áreas potenciais foram as mesmas para todos os eventos de chuvas e a variabilidade nos valores-limites da produção de sedimentos está relacionada à variação do produto da energia cinética pela intensidade - EI₃₀. Os resultados desse estudo corroboram com as considerações

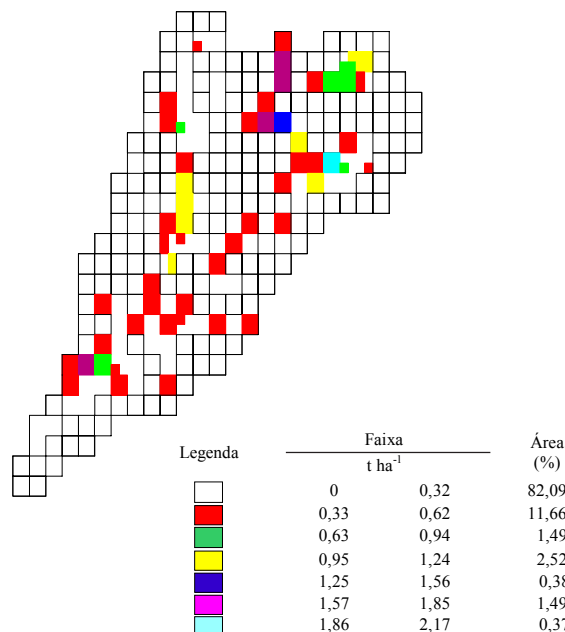


Figura 9. Estimativa da produção de sedimentos para cada uma das células nas culturas anuais e perenes (sem escala)

feitas por Bertol et al. (1997) no que se refere ao tratamento mais eficaz na redução da erosão, através do plantio direto com resíduos culturais.

Os valores da produção de sedimentos das Figuras 3, 5, 7 e 9 apresentam restrições, pois as chuvas erosivas aplicadas a cada um dos cenários representam valores distintos, dificultando sua análise e avaliação.

Os resultados apresentados pelas simulações com o AGNPS demonstraram concordância com o mapa de erosão potencial na microbacia hidrográfica determinado com o emprego do modelo USLE (Merten et al., 1995). Souto (1994) e Souto & Rossetto (1996) constataram, ao realizarem o monitoramento hidrológico em microbacias hidrográficas, que os maiores picos de descarga sólida coincidiram com as épocas de preparo do solo nas culturas de inverno e verão, tratadas com técnicas convencionais de plantio.

CONCLUSÕES

Após o estudo, análise e observações do presente trabalho, chegou-se à conclusão de que:

1. Foi possível identificar-se e avaliar as alternativas tecnológicas que visam à redução dos impactos ambientais das atividades agrícolas, através da determinação das áreas potenciais de erosão do solo, em diferentes épocas e sistemas de produção (manejo do solo e sucessão de culturas).

2. O AGNPS apresentou-se como um instrumento de grande utilidade na identificação de fontes não pontuais de poluição, pois permite a alteração de cenários agrícolas, gerando mapas finais de risco de erosão.

3. A utilização, na microbacia, de outro sistema de preparo do solo, como o plantio direto, reduziu os riscos de contaminação das águas por sedimentos, tendo em vista que os resíduos culturais podem absorver a energia das gotas de chuva.

4. O domínio e a manipulação de um modelo de previsão da perda de solo e sedimentos, como o AGNPS, associado à SIGs, permitem não apenas avaliar-se dados simulados com dados medidos mas, também, planejar o experimento antes da sua execução. É possível, também, prever-se e dimensionar melhor as amostragens, o número de repetições, o custo e o tempo e, ainda, auxiliar no planejamento de atividades de manejo e conservação, entre outros benefícios.

5. Finalmente, os resultados demonstraram as vantagens oferecidas pelo modelo, em virtude da sensibilidade apresentada na identificação de áreas potenciais, permitindo sua análise em qualquer ponto e pela otimização de tempo e custo, devido à análise visual georreferenciada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, n.3, p.409-418, 1997.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392p.
- CALEGARI, A. The effects of tillage and cover crops on some chemical properties of an oxisol in South Western Paraná, Brazil. Aberdeen: University of Aberdeen, 1995. 86p. Masters' Thesis
- CALIJURI, M.L. Curso de sistemas de informações geográficas. São Carlos: EESC/USP, 1996. 115p.
- CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.il.
- CASTRO, C.; CATANEO, A.; BISCAIA, R.C.M. Utilização da metodologia de Wilkinson para o cálculo do potencial erosivo das chuvas em cinco localidades do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.6, n.3, p.240-241, 1982.
- CATANEO, A.; CASTRO, C.; ACQUAROLE, R.M. Programa para cálculo de índices de erosividade de chuvas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.6, n.3, p.236-239, 1982.
- CRESTANA, S.; POSADAS, A.N. Dinâmica da água e de solutos na região não-saturada do solo: Modelagem determinística e estocástica. In: CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.; MASCARENHAS, S.; BISCEGLI, C.I.; NETO, L.M.; COLNADO, L.A. (ed). Instrumentação agropecuária: Contribuições no limiar do novo século. São Carlos: EMBRAPA/CNPDI, 1996. p.263-291.
- DENARDIN, J.E. Erodibilidade do solo, estimada por meio de parâmetros físico e químicos. Piracicaba: ESALQ-USP. 1990, 81p. Tese Doutorado
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ - IAPAR, 1991. 272p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Levantamento semidetalhado dos solos da microbacia de Água Grande e Pensamento, Mamborê, Paraná, Brasil. Relatório de Pesquisa. Curitiba: EMBRAPA 1988. 56p.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia - relações solo - planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- KWONG, A.F. Lo. Erosion assessment of large watersheds in Taiwan. *Journal of Soil & Water Conservation*, Ankey, v.50, n.2, p.180-183, 1995.
- MERTEN, G.H.; CAVIGLIONE, J.H.; CIACOMINI, D.C.; RUFINO, R.L.; MEDEIROS, G. B.; SAINTTRAINAT, D.; RIBAS, G.C.; DEDECEK, R. El uso del modelo USLE para determinar mapas de erosion potencial y actual en las Microcuencas pilotos de Agua Grande y Córrego do Pensamento, Mamborê, Paraná, Brasil. Santiago: Proyecto Regional GCP/RLA/107/JPN IAPAR/EMBRAPA/FAO, 1995. 43p. Documento de Campo 6
- MUZILLI, O. LANTMANN A.F.; PALHANO, J.B.; OLIVEIRA, E.L.; PARRA, S.; COSTA, A.; CHAVES, J.C.D.; ZOCOLER, D.C. Análises de solos: Interpretação e recomendação de calagem e adubação para o Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 1978. 49p. Circular, 9
- NETTO, A.; ALVAREZ, G.A. Manual de hidráulica. 7.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1982. 2v. 724p.
- RUFINO, R.L.; BISCAIA, R.C.M.; MERTEN, G.H. Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná, através de pluviômetro: Terceira aproximação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.17, p.439-444, 1993.
- SEAB, Manual técnico do subprograma de manejo e conservação do solo. 2.ed. Curitiba: Editora SEAB, 1994. 372p.
- SOUTO, A.R. Monitoramento quantitativo e qualitativo dos deflúvios gerados em microbacias hidrográficas do Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23, 1994, Campinas. Resumos... Campinas: UNICAMP, 1994. p.331.
- SOUTO, A.R.; ROSSETTO, R. Impactos ambientais em microbacias rurais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 1, 1996, São Carlos. Anais... São Carlos: EMBRAPA/CNPDI, 1996. p.470-477.
- TUCCI, C.E.M. Hidrologia, ciência e aplicação. 1.ed. Porto Alegre: ABRH/EDUSP, 1993. 943p.
- VARGAS, M. Introdução à mecânica dos solos. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, EDUSP, 1977. 509p.il.
- YOUNG, R.A.; ONSTAD, C.A.; BOSH, D.D.; ANDERSON, P. An agricultural nonpoint-source pollution model: A watershed analysis tool. Washington: Department of Agriculture Conservation Research, 1987. 77p. Report 35
- YOUNG, R.A.; ONSTAD, C.A.; BOSH, D.D.; ANDERSON, P. AGNPS A nonpoint-source pollution model for evaluating agricultural watersheds. *Journal of Soil & Water Conservation*, Ankey, v.44, n.2, p.168-173, 1989.