

Aplicação De Modelo Matemático Para Estimativa De Erosão De Solos Nas Vertentes da Bacia Hidrográfica Do Ribeirão Maringá-Pr

Eduardo Souza de Moraes¹, Manoel Luís dos Santos² - Univ. Est. de Maringá ,
moraiseduardo@hotmail.com, mlDsantos@uem.br

Resumo

A bacia hidrográfica do ribeirão Maringá está localizada ao norte do município de Maringá. O uso do solo na bacia é diversificado, sendo ocupada por parte da malha urbana, por um intenso uso agrícola e ainda por fragmentos de vegetação. A aplicação do modelo de produção de sedimento proposto por Kirby (1976) integrado em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), produziu estimativas sobre o processo de erosão dos solos das vertentes da bacia hidrográfica. A estimativa de erosão para as diferentes classes de solo, está em torno de 49 ton./km²/ano. Os resultados de produção de sedimento apresentaram uma pequena amplitude devido às características pedológicas da área e devido à homogeneidade da pluviosidade na área estudada.

Palavras-Chave: Erosão de solos, Produção de sedimento, SIG.

Abstract

The drainage basin of Maringá River is located north of Maringá City. The land use in this basin is diverse; being occupied by the urban network, for an intense agricultural use and also by fragments of vegetation. The application of sediment yield model proposed by Kirby (1976), integrated in Geography Information System- GIS environment, produced estimates concerning erosive process of slopes in the drainage basin. The erosion estimate for different soil classes is around 49 ton/km²/year. The result of the sediment yield identify small amplitude due to the pedological characteristics of the area and the homogenization of rainfall data for the study area.

Key words: Soil erosion, sediment yield, GIS

¹Bolsista CNPq/PGE-UEM; ² Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia-UEM

1. Introdução

O município de Maringá está localizado ao norte do estado do Paraná e possui uma área de 488 km². Essa região do estado experimentou nos últimos anos um acelerado processo de ocupação de suas terras. A ocupação do município de Maringá deve-se a Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, com a venda de terra distribuída em pequenos lotes no início da década de 1940.

A estrutura agrícola do município manteve-se centrada no cultivo do café, perdurando com dificuldades até meados da década de 1970 em decorrência da grande produção nacional e geadas que ocorreram na época. As transformações ocorridas no campo deram lugar à introdução de culturas temporárias, baseadas na agricultura de milho, trigo e soja. Devido à reestruturação do sistema fundiário paranaense a cidade de Maringá apresentou nítidos reflexos, como o rápido crescimento da população e do perímetro urbano. O desenvolvimento do município fundamentado em uma economia atrelada à agricultura promoveu um intenso uso do solo em um espaço relativamente curto de tempo (MORAIS e SANTOS, 2007).

O sítio urbano do município está situado sobre o interflúvio das bacias hidrográficas dos rios Pirapó e Ivaí. Desenvolvida em uma área de relevo suave, a malha urbana engloba diversos fundos de vales e cabeceiras de drenagem de alguns dos principais afluentes dos rios Pirapó e Ivaí. A bacia hidrográfica do ribeirão Maringá está localizada no município de Maringá (figura 1) drenando uma área de 90,37 km². O uso do solo da área desse estudo está dividido entre a parte da cidade de Maringá, que ocupa 27,83% da área da bacia e, a zona rural do município de Maringá onde predominam o cultivo de culturas temporárias, como a soja, o trigo e o milho.

Na área de estudo o substrato geológico é composto principalmente pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral (K), decorrentes do extenso evento vulcânico que abrangeu a Bacia do Paraná. No setor sudoeste da bacia, próximo à nascente do córrego Romeira, ocorre uma pequena área cujo substrato é formado pelos arenitos da Formação Caiuá (K). Inserida no Terceiro Planalto Paranaense, a bacia do ribeirão Maringá apresenta os interflúvios longos com centenas de metros de comprimento e topos suavemente arredondados de pequena altura (SALA, 2006 e COELHO, 2007).

Sala (2006) mapeou as classes de solo presente na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá, agrupando-os em seis classes (figura 2). Na maior parte da bacia está presente o Nitossolo Vermelho distroférico latossólico, originado do basalto, esse solo possui textura

argilosa e se desenvolve na média vertente. Próximos aos cursos fluviais ocorrem solos hidromórficos. Mais a jusante do ribeirão Maringá ocorrem Neossolos Flúvicos com presença de compostos orgânicos e sedimentos argilosos depositados pelo curso fluvial no período de cheia. À montante dessa classe, encontram-se os Gleissolos resultantes da oxidurredução de compostos ferruginosos causada pela elevação do lençol freático durante os períodos chuvosos.

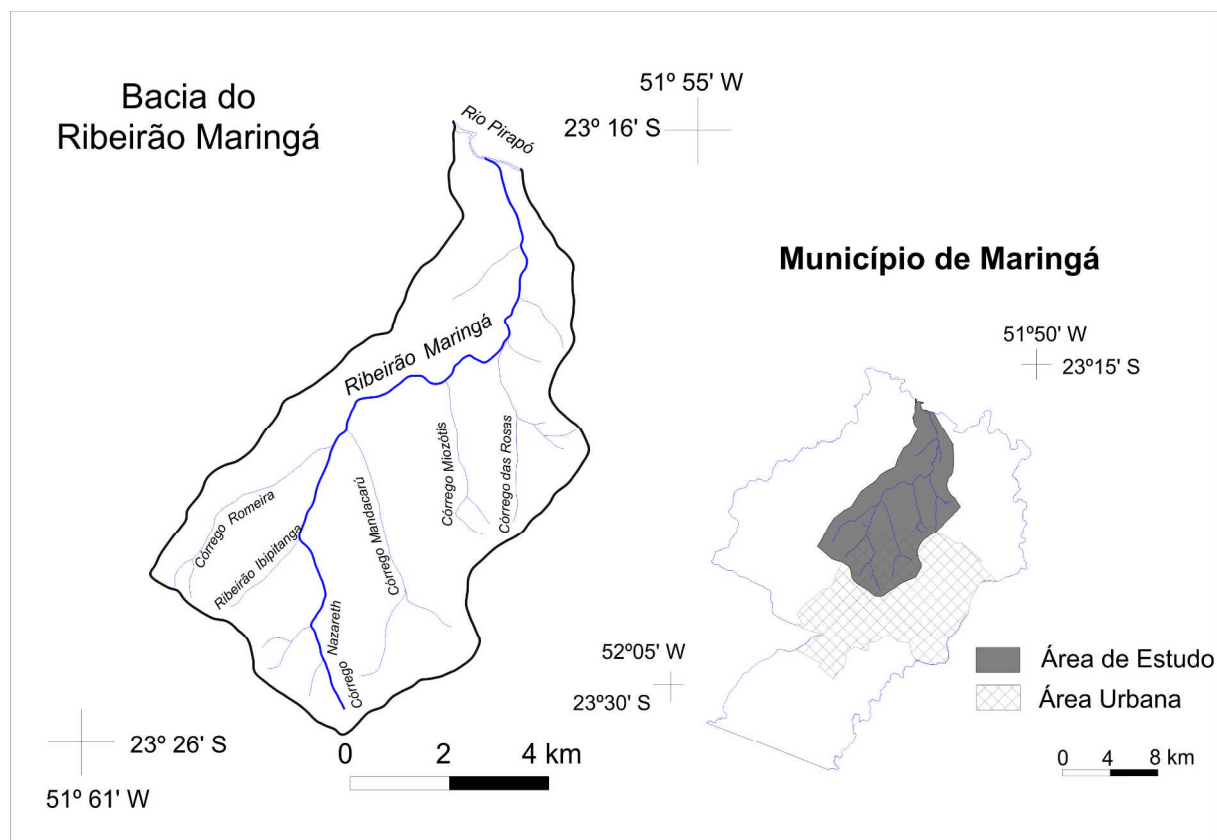


Figura 1. Localização da área de estudo.

Devido o domínio geológico notam-se, nas áreas de topos, dois tipos distintos de Latossolos. Onde ocorre a Formação Caiuá desenvolve-se Latossolo de textura média, esse solo é mais vulnerável ao processo erosivo devido a sua textura areno-argilosa. No restante da bacia, sobre as rochas vulcânicas, desenvolve-se o Latossolo Vermelho distroférico e/ou eutroférico apresentando estrutura bem desenvolvida e devido a sua textura argilosa é mais resistente ao processo erosivo. Na parte leste da bacia hidrográfica (figura 2) encontra-se o Cambissolo, que apesar de ser descrito na literatura como solo pouco desenvolvido, pode apresentar características similares aos Latossolos (SALA, 2006).

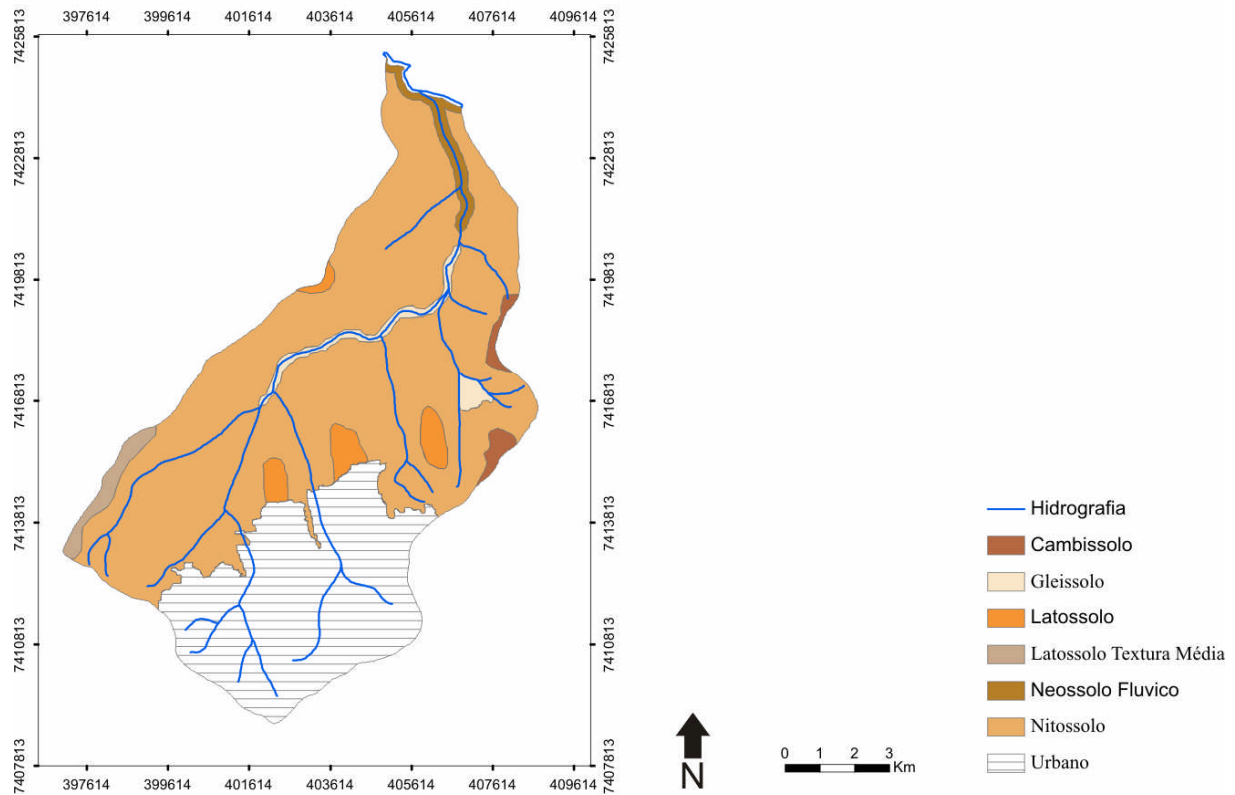


Figura 2. Sistema pedológico da bacia do ribeirão Maringá.

Na área deste estudo a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio abaixo de 18° C, com raras geadas noturnas. O monitoramento de dados climáticos na bacia hidrográfica é efetuado pela Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM), localizada na porção sul da bacia hidrográfica.

O uso e ocupação do solo são considerados por Gregory e Walling (1973) e Douglas (1967), como um dos principais reguladores da produção de sedimento. Na referida bacia Biazin (2003) estudou a concentração do sedimento suspenso em cinco pontos de coleta, localizados no curso principal e nos principais tributários. O processo de ocupação é apontando como uma variável de grande influência sobre a carga de sedimento suspenso transportado pelo canal. Segundo esta autora nos postos de controle por ela monitorado, localizados próximo à área urbana, apresentaram menor carga hidrotransportada devido à impermeabilização da cidade.

Em um ambiente de Sistema Informação Geográfica (SIG) aplicado a modelagens ambientais as variáveis ambientais são passíveis das mais diversas operações através da espacialização de eventos. Nesse ambiente, a fim de apurar a quantidade

estimativa da produção de sedimento da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá, é aqui aplicado o modelo de Kirkby (1976 revisto em 1980 e 1990).

2. Metodologia

As relações contidas em um sistema são caracterizadas pelas interações entre seus elementos. O uso de modelos matemáticos torna-se útil para identificar, simular e quantificar as trocas de energia entre os diversos aspectos contidos nesse sistema (MARTONI, 1997). A bacia hidrográfica segundo Musetti (2000) deve ser entendida como uma unidade sistêmica e morfológica que permite a análise e entendimento dos problemas ambientais.

O modelo proposto por Kirkby em (1976) foi utilizado para estimar a produção de sedimentos, ele é composto da aplicação de duas equações matemáticas (1 e 2).

$$1. OF = R \times e^{-(rc-h)/r}$$

onde: **OF**: fluxo superficial, m²/km²/ano; **R**: precipitação anual, mm; **r_c.h**: capacidade de armazenamento de água no solo; **e**: evapotranspiração, mm; **r**: precipitação média por evento, mm.

$$2. SY = 170(OF)^2 \times \text{tang } B$$

Onde: **SY**: produção de sedimento, m³/km²/ano; **B**: ângulo de declividade média.

A aplicação deste modelo na área de estudo adotou técnicas de geoprocessamento para que tais equações pudessem ser distribuídas pontualmente no interior da bacia hidrográfica. Após a coleta e tabulação, os dados foram integrados no SIG - SPRING 4.3.3 por intermédio da ferramenta Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algebrico (LEGAL).

Os cálculos da precipitação anual e precipitação média foram efetuados a partir dos dados coletados pela ECPM. Ainda com os dados de precipitação e temperatura da série de 2006 realizou-se o cálculo da evapotranspiração, utilizando-se a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), em planilha do software Excel.

A partir do mapeamento dos sistemas pedológicos da bacia hidrográfica (SALA, 2006) realizou-se uma campanha na qual foram coletadas amostras de cada classe de solo, onde posteriormente se identificou a capacidade de armazenamento (diferença do volume entre a capacidade de campo e o ponto de murcha), de cada classe.

Com a digitalização das curvas de nível da bacia utilizando como base a carta topográfica produzida pelo IBGE em 1972, no ambiente SPRING, gerou-se uma grade

triangular com a triangulação das curvas e dados pontuais de declividade. A distribuição pontual dos declives da bacia hidrográfica foi analisada através da ferramenta Geoestatística que considera os pontos presentes e entre outros dados, informa a média de declive da área.

O levantamento de dados para a aplicação da metodologia proposta por Kirkby obedeceu à escala de 1: 25000. As aplicações espacializaram primeiro pontualmente os dados de capacidade de armazenamento de água no solo, transformando-se assim um mapa pedológico em formato raster com uma grade referenciada com os valores de capacidade de armazenamento. Logo, esse resultado foi convertido na primeira equação que representa o escoamento superficial apresentada, também, como uma grade regular de pontos com os respectivos valores já incluídos os dados climáticos.

3. Resultados

Segundo Morais e Santos (2007) a parte norte do município de Maringá, onde está localizada a área de estudo, apresentou uma intensa mobilidade no uso e ocupação do solo nos últimos 18 anos. O aumento do processo de urbanização colabora com o incremento de áreas impermeabilizadas, refletindo na dinâmica do escoamento das águas pluvias na bacia de drenagem. A determinação dos valores de capacidade de armazenamento de água no solo foi direcionada a partir de cada classe pedológica. Os resultados para esses experimentos encontram-se na Tabela 1. Esta tabela mostra que os solos mais próximos aos canais fluviais (Neossolo Flúvico) apresentam um maior valor da capacidade de armazenamento, apesar da pouca amplitude dos valores. Destaca-se que apenas o Latossolo de textura média apresenta um valor bem abaixo dos demais.

Tabela 2. Perda de solo no período anual

Perda de solo (ton/ha/ano)	Área (km²)	Área (%)
0-1	19.73	30.19
1-2	0.70	1.07
2-5	3.95	6.04

5-10	11.50	17.56
10-20	23.28	36.64
>20	6.20	9.49
	65,35	100

A geração da carta de declividade demonstrou uma área com um relevo pouco acidentado. As escassas áreas de relevo mais dissecado apresentam-se junto à cabeceira de drenagem dos afluentes do ribeirão Maringá, como o médio curso dos córregos Romeira e Mandacaru. A bacia mostra o modelado do terreno suavemente ondulado com amplos interflúvios na qual desenvolve os solos espessos, desenvolvendo em direção a jusante com o rio Pirapó um terreno mais aplainado, de visível topografia na carta de declividade. Essa área origina nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro que possuem os maiores índices pluviométricos, uma planície inundável com o transbordamento do canal do ribeirão Maringá já junto à confluência com o rio Pirapó .

A produção de sedimentos em razão da erosão das vertentes na bacia é alterada em função da ocupação urbana nas cabeceiras de drenagem que impermeabilizam o solo, potencializando um escoamento superficial difuso e promovendo altos picos de vazão nas drenagens nos períodos de alta pluviosidade. É esperado que a produção de sedimento da bacia ainda seja muito superior aquilo que é estimado por esse modelo. Isso porquê as descargas das galerias de drenagens pluviais conduzem a água para o interior da bacia promovendo um alto excedente de vazão, provocando assim a erosão marginal, como constatado por Coelho (2007).

A carta de estimativa de produção de sedimentos (figura 3), em razão do uso do solo urbano nas cabeceiras, levou em consideração apenas as áreas agricultáveis da bacia e os fragmentos de vegetação, cerca de 69,83 km², ou seja 77% da área total da bacia hidrográfica. A variabilidade dos resultados apresentados de produção de sedimento apresentou pequena amplitude e esses dados foram agrupados em três classes para possibilitar uma melhor representação cartográfica dos resultados.

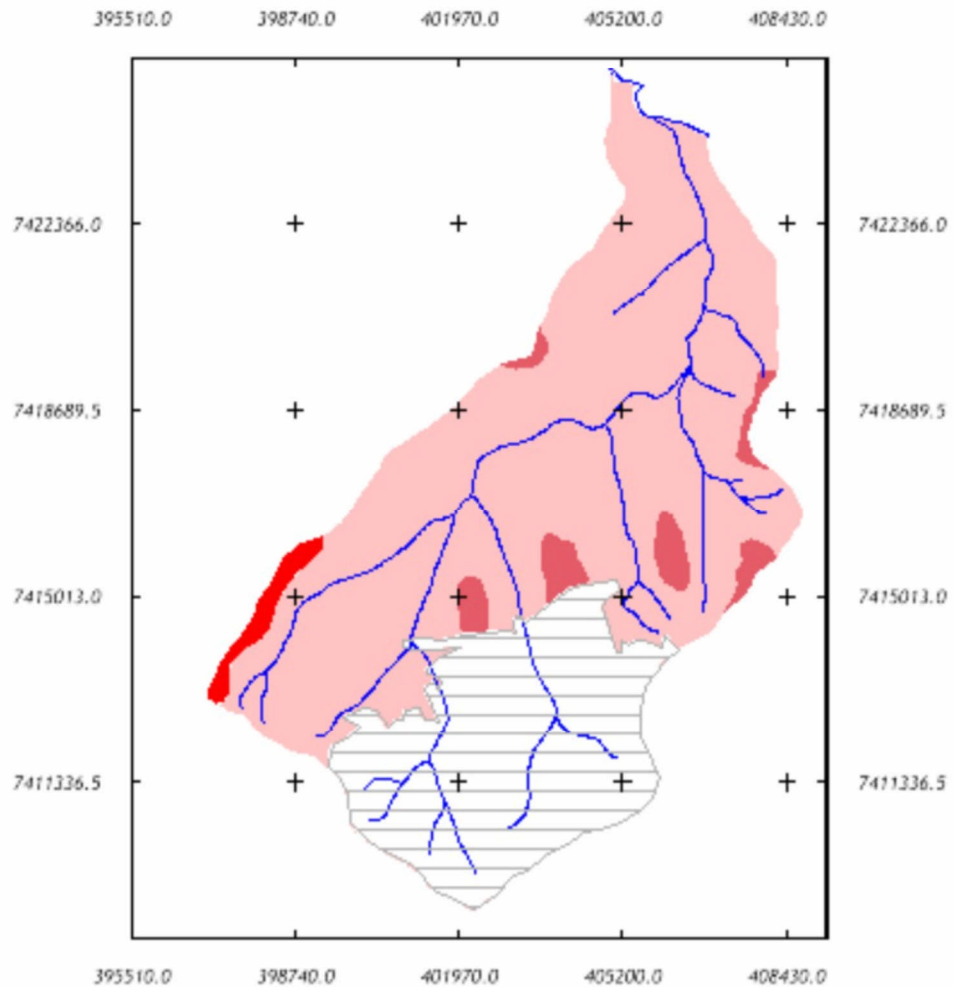
A classe de menor estimativa (de até 49,1 toneladas/km²/ano) agrupa as seguintes classes de solos: Nitossolos, Gleissolos e Neossolos Flúvicos. Esses solos demonstraram maior capacidade de armazenamento de água, isso se refletiu no menor volume do fluxo superficial responsável pelo transporte do solo.

A classe que abriga a maior produção de sedimentos (de até 49,4 toneladas/km²/ano) está localizada justamente sobre a Formação Caiuá, que origina Latossolos de textura média (na porção sudoeste da bacia). Esses solos são caracterizados por fortes processos erosivos devido a constituição friável dos agregados.

Normalmente a abordagem sobre a produção de sedimentos é tratada na literatura para grandes áreas, a qual permite, apesar da menor escala, um esboço regional da dinâmica erosiva. A área da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá teve um resultado de produção de sedimento pelos processos erosivos nas vertentes entre 49,1 a 49,4 toneladas/km²/ano. Esse resultado corrobora com os resultados de Campagnoli (2006), que em ambiente SIG, estimou uma produção de sedimentos de 5-70 toneladas/km²/ano, para toda a América do Sul.

A distribuição da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá obtidas por intermédio do modelo proposto por Kirkby (1976) demonstrou uma pequena variabilidade, sendo o resultado do desvio padrão de apenas 1,88. Os dados coletados junto a ECPM são os únicos para toda a área da bacia. Dessa forma a área estudada contou com dados homogêneos, exceto para a capacidade de armazenamento de água no solo. Alia-se este fato, que os solos na bacia são formados a partir de uma mesma rocha matriz, com exceção do Latossolo de textura média. A homogeneidade dos dados de precipitação e as características similares dos solos explicam a baixa variabilidade dos resultados.

Produção de Sedimento na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Maringá-PR estimado através de Kirkby (1976)



Produção de Sedimento (ton/km²/ano)

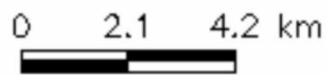
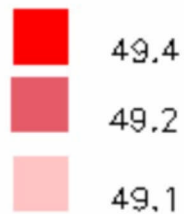


Figura 3. Estimativa de erosão de solos, segundo a metodologia de Kirkby (1976)

4. Considerações finais

O modelo proposto por Kirkby (1976), na escala escolhida para esta análise, precisa de dados pluviométricos mais detalhados, e de uma melhor espacialização desses dados dentro da bacia hidrográfica. A existência de apenas uma estação de monitoramento climático no interior da bacia hidrográfica implica na obtenção de dados homogêneos para toda a área. Sendo assim, deve-se considerar que a espacialização e a diversidade dos resultados obtidos foram fortemente influenciadas pela capacidade de armazenamento de água no solo coletados para cada classe pedológica. Sugere-se para bacias de drenagem de pequena ordem a colocação de pluviômetros agrônômicos de baixo custo em diferentes pontos da bacia, para uma melhor verificação dos dados de pluviosidade.

Como todo modelo ambiental conduz a reprodução de cenários na qual ele é idealizado, os resultados obtidos por esta pesquisa contribuirão para se estimar a resposta da bacia hidrográfica frente aos processos erosivos. Nessa estimativa não se considerou a produção de sedimentos produzida pelos próprios canais de drenagem. Como os resultados a partir de modelos empíricos são estimativas do ambiente natural, recomenda-se fortemente que tais estudos sejam acompanhados de coletas de campo, para que esses resultados possam ser aferidos.

5. Referências bibliográficas

- Biazin, P. C. (2003) Concentração de sedimentos em suspensão na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá, como um indicador ambiental. Monografia de conclusão de curso de Geografia, Univ. Est. de Maringá . Maringá: DGE.
- Campagnoli, F. (2006) Production of sediments from South America: a proposal of erosion rates mapping base don geological and geomorphological data characteristics. Revista Brasileira de Geomorfologia.:Uberlândia. v.1. p. 03-08.
- Coelho, A.D. (2007) Dinâmica e qualidade da água da bacia de drenagem do ribeirão Maringá: contribuição para o planejamento e gestão ambiental. Dissertação de Mestrado, Univ.Est. Maringá. Maringá: DGE, 2007.
- Douglas, L. A. (1967) Man, vegetation and the sediment yields of rivers. Nature. 215: 925-928.
- Gregory, K. J.; Walling, D. E. (1973) Drainage basin form and process a geomorphological approach. Edward Arnold, Londres.

- Kirkby, M. J. (1990) Drainage basins and sediment transfer. **In: COOKE, R.U. E DOORNKAMP, J.C. (org.).** Geomorphology in environmental management. Clarendon Press, Oxford, 178-200.
- KIRKBY, M.J. (1976) Hidrological slope models: the influence of climate. **In: DERBYSHIRE, E.** Geomorphology and Climate.. New York, John Wiley & Sons, 247-267.
- Kirkby, M, J. (1980) The problem. In: KIRKBY, M.J. e MORGAN, R.P.C. Soil Erosion. John Wiley e Sons, Brisban:, 1-16.
- Martoni, A. M. (1997) Modelagem matemática em bacias hidrográficas. Tese de doutorado, Univ. Est. de Maringá. Maringá: NUPELIA
- Morais, E.S.; Santos, M.L. (2007) Uso de imagens orbitais de média resolução e de indicadores socioeconômicos na análise da dinâmica do uso do solo de Maringá-PR. Boletim de Geografia. (1):151-160.
- Musetti, R.A. (2004) Bacias hidrográficas no Brasil: aspectos jurídicos-ambientais. Revista CEJ, Brasília, (12):90-94, 2000.
- Sala, M.G. (2006) Indicadores de fragilidade ambiental na bacia do ribeirão Maringá-Pr. Dissertação de Mestrado. Maringá: DGE.
- Thorntwaite, C. W; Mather, J. R. (1955) The water balance climatology. Centerion, .8(1): 1-86.