

PROCESSO HIDROLÓGICO SUPERFICIAL E USO DA TERRA EM GUARAPUAVA-PR: MENSURAÇÕES EM PARCELAS PEQUENAS¹

Edivaldo Lopes THOMAZ²

Resumo

A erosão dos solos é um dos processos mais estudado em Geomorfologia. O uso da terra e o manejo dos solos agrícolas têm sido apontados por muitos pesquisadores como fator de controle, induzindo ou freando a morfodinâmica superficial. O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta hidrológica em diferentes usos da terra em áreas com baixo uso de tecnologia; analisar a resposta hidrológica dos ambientes em eventos pluviométricos $\geq 30,0$ mm, correlacionar a precipitação e o escoamento gerado em cada ambiente e comparar a produção total de sedimento nos diferentes usos da terra. O monitoramento foi realizado durante 17 meses utilizando-se 10 pequenas parcelas (1 m²). Ao longo do monitoramento foram registrados 156 eventos pluviométricos que acumularam 2532,5 mm. As pastagens registraram maior coeficiente de escoamento (23,1%, parcela 2). A área degradada (parcela 1) atingiu produção de sedimento da ordem de 36,07 t/ha/a, seguida da agricultura de subsistência com 2,77 t/ha/a (parcela 12). A área com cobertura florestal teve a menor produção de sedimento em comparação com os demais usos, 0,12 t/ha/a (parcela 8). Verificou-se ampla variabilidade na resposta hidrológica e na produção de sedimento nos diferentes usos.

Palavras-chave: Processo hidrológico. Uso da terra. Guarapuava-PR.

Abstract

Hydrologic superficial process and land use in Guarapuava-PR: small plots measurements

Soil erosion is one of the most important processes in Geomorphology research. Land use and soil tillage have been recognized as factors of either controlling or increasing soil erosion. For these reasons, this study aims at: evaluating the hydrological response in different land uses with low technology practices; appraising hydrological response in $\geq 30,0$ mm rainstorm events; assessing runoff and sediment production in each land use and comparing total sediment production in the different land uses. The experiment was carried out along 17 months and the runoff and sediment were set out in 10 small plots. The total of 156 rainfall events were registered and the accumulated precipitation was 2532,5 mm. Runoff in pasture was higher than in the other land use (23,1%, plot 2). The degraded area had the highest sediment production (36,07 t/ha/yr), followed by subsistence agriculture with 2,77 t/ha/yr (plot 12). The lowest sediment mobilization occurred in forest area with 0,12 t/ha/yr (plot 8). As a result, a range of hydrological responses and sediment production were observed in the different land uses.

Key words: Hydrologic process. Land use. Guarapuava-PR.

¹ Este trabalho é parte da tese de doutoramento, Processos hidrogeomorfológicos e o uso da terra em ambiente subtropical – Guarapuava – PR, defendida junto ao programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. Durante a pesquisa o autor foi bolsista do CNPq.

² Professor Adjunto, Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Física - Grupo de Pesquisa Estudo de Processos e Dinâmica em Bacia de Drenagem - Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 - Cx. Postal, 3010, Centro Politécnico - Fone/fax: (042) 3629 – 8100, CEP 85.040-430 - Guarapuava - PR. E-mail: ethomaz@brturbo.com.br

INTRODUÇÃO

A ocupação por meio da retirada da cobertura vegetal, construções de estradas, cidades, campos de cultivos, etc. afeta diretamente a capacidade de infiltração de água no solo, e, por conseguinte, altera a resposta hidrogeomorfológica de uma vertente ou bacia de drenagem. Desencadeia, assim, diversos processos como erosão laminar e ravinamentos, fluxo de terra, movimentos de massa, soterramentos, enchentes, etc.

Em ambiente tropical ou subtropical (úmido e superúmido) a circulação da água através do sistema ambiental é o elemento fundamental nos processos morfodinâmicos como intemperismo, morfogênese pluvial e movimentos de massa. Nesta pesquisa a ênfase é na circulação da água principalmente em relação aos aspectos de infiltração, escoamento superficial e produção de sedimento. Nestes casos, a sensibilidade do sistema à mudança está ligada à alteração da hidrologia de superfície da bacia de drenagem e, em especial, das vertentes da área em estudo.

Chorley e Kennedy (1971), citados por Christofolletti (1979), descrevem os elementos envolvidos nos sistemas processo-resposta como a bacia de drenagem e vertente. Para eles esses tipos de sistemas possuem atributos que identificam a entrada e saída de energia e matéria. Além disso, há dentro do sistema a circulação representada por elementos reguladores e armazenadores. Por fim, dentro de um sistema (ex. vertente) podem ser caracterizados outros subsistemas que pertencem ao todo e que mantêm estrutura e padrão semelhante ao conjunto do sistema, isto é, com entrada, regulação, armazenamento e saída de matéria e energia.

Nesta perspectiva o movimento de água numa vertente pode seguir vários caminhos até chegar ao canal fluvial. De maneira geral, os fluxos podem ser superficiais e subsuperficiais; entre os principais fluxos estão o fluxo hortoniano, fluxo superficial saturado (precipitação direta em área saturada), fluxo de retorno, fluxo subsuperficial insaturado e saturado e fluxo subsuperficial (pipe) (CHORLEY, 1978).

No entanto, toda essa dinâmica tem início com a infiltração, que é a entrada e a movimentação de água no solo. A capacidade de infiltração em um solo é influenciada por vários fatores: a) chuva: intensidade, duração e tamanho da gota; b) solo: textura, estrutura, profundidade, umidade inicial; c) cobertura vegetal e uso da terra (DUNNE; LEOPOLD, 1978).

A infiltração envolve três processos interdependentes: entrada de água no topo do solo, armazenamento dentro do solo e transmissão de água através do solo. Qualquer alteração em um desses três processos altera a resposta hidrológica de uma área, principalmente a alteração na infiltração (DUNNE; LEOPOLD, 1978).

Duley (1939), citado por Brandão *et. al.* (2002), verificou uma redução de até 85% na taxa de infiltração em solos descobertos em comparação a solos protegidos por palha. Esse parâmetro físico é muito sensível às condições locais. Selby (1993) registrou variabilidade na taxa de infiltração entre 2 mm/h a 2500 mm/h.

Como visto, o uso da terra e o manejo influenciam na resposta hidrológica e no controle da erosão. Por exemplo, a proteção ao solo, conferida pela cobertura morta é eficaz contra a morfogênese pluvial. Ellison (1948), citado por Carson e Kirkby (1972), verificou que numa superfície com cerca de 325 kg/ha de cobertura morta o solo mobilizado por efeito de salpico foi de 11,2 t/ha, enquanto que no mesmo solo com cerca de 720 kg/ha de cobertura morta, a mobilização de solo por salpico foi de 0,4 t/ha. Muitos outros estudos apontam o papel da cobertura do solo e manejo como fator de controle da erosão (CASSETI, 1983; GUERRA, 1995; LEPSCH, 2002).

Verifica-se com o exposto que a resposta hidrológica de uma vertente, a erosão por salpico em conjunto como o escoamento superficial envolve uma gama de variáveis. Por isso, apresenta complexidade ao entendimento dos processos envolvidos tais como: precipi-

tação, interceptação, infiltração, propriedades dos materiais, forma das vertentes, magnitude e frequência dos eventos, descontinuidade espacial do fenômeno erosivo, entre outros.

A erosão dos solos é um dos processos mais estudados em Geomorfologia, sendo que o uso da terra e o manejo dos solos agrícolas têm sido apontados por muitos pesquisadores como fator de controle, induzindo ou freando a morfodinâmica superficial. Dessa forma, o objetivo deste estudo é avaliar a resposta hidrológica em diferentes usos do solo em áreas com baixo uso de tecnologia; analisar a resposta hidrológica dos ambientes em eventos pluviométricos $\geq 30,0$ mm, uma vez que, estes eventos possuem características físicas importantes como, intensidade, duração e quantidade de chuva precipitada, correlacionar a precipitação e o escoamento gerado em cada ambiente e comparar a produção total de sedimento nos diferentes usos.

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Rio Guabiroba localiza-se no Terceiro Planalto Paranaense (Figura 1). Esse planalto apresenta-se regionalmente como superfície levemente ondulada, com chapadas e vertentes pouco inclinadas, sendo freqüente nesse planalto a presença de "mesas". A estrutura da topografia dessa região está estritamente subordinada aos níveis das rochas eruptivas. As camadas de basalto deram lugar a plataformas estruturais que regulam a progressão da erosão. Dessa forma, a estrutura geológica desempenha papel importante sobre a ação erosiva dos leitos fluviais (BIGARELLA, *et al*, 1994, p.77).

De acordo com Lima (1999), geomorfologicamente, a bacia do Rio das Pedras possui dois compartimentos distintos: setor de cimeira menos dissecado e platô profundamente entalhado pela rede de drenagem. A bacia do Rio Guabiroba está inserida nessa segunda unidade, que possui densidade de drenagem variando de média a alta com vertentes longas e alto declive. Esse padrão geomorfológico influencia na funcionalidade do meio físico, sobretudo nos solos, que são pouco profundos, além disso, as vertentes são mais predispostas aos processos erosivos via escoamento superficial, e por conseqüência, ocorre rápida resposta hidrológica dos canais fluviais.

Na bacia predomina a associação de solos Litólicos Álicos (Neossolos Litólicos) e Cambissolos Álicos, com textura argilosa, sob domínio da floresta subtropical subperenifólia. Localmente o relevo desta unidade é predominantemente forte ondulado a montanhoso com declividade superior a 40%. Devido às características descritas essa unidade apresenta suscetibilidade a erosão muito forte, bem como é predisposta a deslizamentos e desmoronamentos (MENDES; CASTRO, 1984).

Além dessa, outra unidade (inclusão) com menor extensão, é formada pela associação de Latossolo Bruno Álico (relevo suave ondulado 3 a 8%) e Cambissolo Álico (relevo ondulado 20%). O horizonte A é proeminente e a textura é argilosa. Possui suscetibilidade moderada à erosão quando predomina o Latossolo e forte quando predomina o Cambissolo (MENDES; CASTRO, 1984). Essa unidade é restrita ao Terraço Fluvial, patamares e setores de vertentes convexas menos declivosas. Grande parte do espessamento dos solos no sopé de vertente e no Terraço Fluvial é resultado do transporte de material proveniente de montante (coluvionamento) (THOMAZ, 2005a).

A partir do estudo de Monteiro (1963) conclui-se que o clima de Guarapuava está sob domínio da zona extratropical o que resulta em temperaturas com caráter mesotérmico. Os parâmetros avaliados a seguir são do Instituto Agrônômico do Paraná e a série analisada compreende 1976 a 2002. A temperatura anual média é de $17,1 \pm 0,47^\circ\text{C}$, com inverno frio e verão amenizado pelas altitudes, evaporação anual média de $835,1 \pm 123,9$ mm. A altitude da

área em estudo varia de 980 a 1280 m sendo também um dos fatores de influência no clima local. As chuvas são abundantes e distribuídas ao longo do ano (média anual 1953,8±389,7 mm), portanto, não se observa sazonalidade marcante.

Figura 1 – Localização da área de estudo



Org. BERTOTTI, L. G. e THOMAZ, E. L. (2006)

O uso da terra no âmbito da bacia é diversificado e variável de ano para ano ou mesmo de uma estação para outra. Em torno de 90% das atividades agropecuárias praticadas na área em estudo se enquadram em nível nulo (pastagens e agricultura de subsistência) ou baixo (agricultura mecanizada) acerca da tecnologia empregada. A avaliação do nível tecnológico das atividades agropecuárias foi baseada na proposição de Lepsch, et al. (1991). A bacia possui área total de 23, 75 km², sendo que a maior parte dessa área é ocupada por floresta secundária em diversos estágios de desenvolvimento (9,53 km², 40,1%); em seguida as áreas com pastagem com inclusões de campos em regeneração 7,86 km² (33,1%); as áreas de capoeira juntamente com inclusões de agricultura de subsistência somam 4,50 km² (18,9%) e a agricultura mecanizada responde por apenas 1,48 km² (6,2%); o restante é ocupado por outros usos (construções, áreas úmidas, etc.) (THOMAZ, 2005a). O presente estudo procurou caracterizar a resposta hidrológica desses principais usos.

MATERIAL E MÉTODO

Monitoramento do escoamento superficial e produção de sedimento

Após o mapeamento da paisagem (procedimento empírico-cartográfico), especialmente, o uso da terra e as unidades geomorfopedológicas, foram definidos os locais de monitoramento (procedimento experimental) (THOMAZ, 2005a, b). Os critérios para instalação das parcelas definidos neste estudo foram: os usos da terra mais frequentes e com maior área na bacia, e subsidiariamente os segmentos de vertente. O monitoramento foi conduzido entre novembro de 2001 a março de 2003 (17 meses). As características do meio biofísico em que foi realizado o monitoramento estão detalhadas em (THOMAZ, 2005a).

Dessa forma, as parcelas foram distribuídas da seguinte forma: área degradada/pastagem (parcela 1); pastagem (parcelas, 2, 4 e 5); campo sujo/pastagem (parcela 3); agricultura mecanizada de subsistência em pousio pós-colheita de milho (parcela 6); área com capoeira em regeneração (≈ 8 anos) (parcela 8); agricultura de subsistência em pousio pós-colheita do milho (parcela 10); floresta secundária (Faxinal) (parcela 11) e agricultura de subsistência com cultivo de milho que após a colheita foi abandonada para regeneração (parcela 12). As declividades das parcelas foram obtidas por meio de nível de mangueira.

As parcelas 7 (agricultura mecanizada de subsistência) e 9 (agricultura de subsistência) não foram analisadas, devido a problemas na instalação/monitoramento (descartadas). As parcelas foram monitoradas diariamente entre novembro de 2001 a março de 2003. Foram registrados 150 eventos (amostras) no conjunto de parcelas, com exceção da parcela 3 (72 amostras) e parcela 12 (121 amostras).

As parcelas de infiltração e escoamento foram construídas com chapas galvanizadas com área útil de 1 m². Exemplo de uma parcela pode ser visto na Figura 2. Essas chapas são fixadas ao solo no sentido do declive, até aproximadamente 5 cm de profundidade. Elas formam uma estrutura isolada da área adjacente e têm saída para uma calha coletora que, por sua vez, é conectada a um recipiente que armazena sedimento e água (20 a 50 l) (Figura 2). Segundo Hudson (1993) as pequenas parcelas com 1 m² e 2 m², servem para investigações preliminares sobre escoamento e erosão do solo, com objetivo principal de comparar o escoamento e erosão em diferentes sistemas de uso, portanto, condizente com o propósito deste estudo.

Figura 2 – Visão da parcela 11 instalada em área de floresta secundária



As parcelas foram monitoradas diariamente às 9 horas da manhã. No monitoramento foram registrados: a precipitação pluviométrica, a quantidade de água escoada e o sedimento retido na calha. Em relação à água retida nos galões, coletou-se uma amostra de H^o400 ml da seguinte forma: retirou-se o galão de dentro da trincheira; posteriormente, o galão foi fechado e o conteúdo agitado para que o sedimento do fundo fosse disperso (suspensão). Esse cuidado na coleta é para que o sedimento não fique no fundo do galão e a amostra seja homogeneizada. O material retido na calha foi coletado por meio do uso de pincel e espátula e posteriormente acondicionado em filtro de papel.

No laboratório, tanto o material retido no galão quanto na calha foram preparados (filtragem e limpeza) e levados para secar em estufa a 105°C, por 24 horas. Em seguida, as amostras foram pesadas e registradas. A pesagem das amostras foi feita em uma balança digital, BG 2000, com precisão de 0,01 g. O material contido na amostra de água (correlacionado ao total escoado) foi somado ao retido na calha, resultando no material total de cada parcela. Os procedimentos seguiram recomendações de Carvalho (1994) e Embrapa (1997), tanto na coleta e manuseio em campo como em laboratório.

Análise granulométrica

Foi feita análise granulométrica (argila, silte e areia) do solo próximo aos locais em que foram instaladas as parcelas. As amostras foram coletadas nas profundidades de 0 – 20 cm e 40 – 50 cm. A partir de trincheiras coletaram-se várias sub-amostras (5 a 7), posteriormente, elas foram homogeneizadas e se retirou uma amostra em torno de 200g para análise. As análises foram realizadas no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR).

Análise física de solo: densidade global e porosidade total

Avaliou-se a densidade e porosidade total do solo próximo aos locais das parcelas. Coletaram-se 9 amostras na profundidade 0 – 5 cm. Para se retirar as amostras indeformadas foram utilizados anéis volumétricos com 95,5 cm³. As amostras foram preparadas e levadas para secar em estufa a 105°C por 24 horas (EMBRAPA, 1997). Os parâmetros físicos, densidade global e porosidade total foram obtidos de acordo Reichardt (1990).

Análise pluviométrica

O monitoramento da precipitação diária empregada nas correlações dos experimentos teve por base dados coletados em 2 pluviômetros (Hellmann) instalados na área próximos às parcelas. Os pluviômetros foram distribuídos de modo que a distância entre eles e os locais das parcelas não fosse superior a 1 km. A precipitação registrada foi resultado da média dos dois pluviômetros.

Análise Estatística

Os dados foram tabulados e tratados por meio do software Excel 2000. A análise dos dados envolveu: 1) estatística descritiva; 2) análise de variância (Ferramenta ANOVA fator único); 3) comparação de médias e estabelecimento de diferença mínima significativa (*Teste de Tukey*). O emprego das técnicas e análises estatísticas seguiu as recomendações e procedimentos contidos em Vieira (1999).

RESULTADOS

Características dos solos próximos às parcelas

Nas parcelas 1, 4, 5 e 6 a profundidade efetiva do solo é superior a 1,0 m (associação Cambissolo+Latosolo), sem pedregosidade nas profundidades avaliadas. Nas demais parcelas 2, 3, 8, 10, 11 e 12, a profundidade efetiva do solo é em torno 0,50 m, variando entre associação Cambissolo+Neossolo lítólico e Neossolo lítólico+Cambissolo dentro da unidade de terra. Além disso, a pedregosidade interna no horizonte do solo e na superfície era maior nos locais dessas parcelas.

Os solos são argilosos sendo que em algumas amostras a presença de argila chega a 76%, sobretudo, nos solos mais profundos e sem pedregosidade. Por outro lado, nas parcelas 3, 8, 10, 11 e 12 principalmente a porcentagem de argila foi menor em consequência do aumento da fração areia. Esse comportamento pode ser devido ao solo ser raso (<0,50 m, associação Neossolo lítólico + Cambissolo) e as amostras conterem mais material da frente de intemperismo, como grânulos e fragmentos de rochas, aumentando assim as frações areia e silte (Quadro 1).

Em relação às características físicas os solos das pastagens foram no conjunto mais densos e menos porosos do que os de outros usos. A amplitude dos sítios avaliados foi entre a parcela 1 (pastagem com forte erosão laminar) com densidade de 1,24 g/cm³ e a parcela 8 com capoeira, de 0,83 g/cm³. Discussão detalhada sobre a dinâmica do uso da terra e seus efeitos nas características biofísicas da paisagem podem ser verificadas em Thomaz (2005b).

Quadro 1 – Características dos locais monitorados

Uso da terra, parcela e declividade aproximada	Forma de relevo (declividade predominante) Setor	Areia/silte/argila (%)	Areia/silte/argila (%)	Densidade do solo (g/cm ³)	Porosidade total do solo (%)
		<20 cm	40 – 50 cm	0 – 5 cm	0 – 5 cm
Área degradada (Pastagem) (P1) (8%)	Terraço fluvial (<6%)	11/22/67	8/16/76	¹ 1,24±0,05 ²	53,1±2,0
Pastagem gramínea rasteira (P2) (20%)	Convexo (12 a 20%)	13/20/67	12/19/69	0,96±0,08	64,0±2,9
Campo sujo (P3) (20%)	Convexo (12 a 20%)	47/23/30	35/25/40	*0,83±0,09	*68,6±3,3
Pastagem gramínea alta (P4) (14%)	Convexo (6 a 12%)	9/15/76	13/17/70	1,10±0,05	58,6±2,0
Pastagem gramínea rasteira (P5) (20%)	Convexo (6 a 12%)	11/17/72	12/14/74	1,19±0,07	54,9±2,8
Agr. Mecanizada (Pousio pós-milho) (P6) (10%)	Convexo (6 a 12%)	14/16/70	13/18/69	0,95±0,06	64,3±2,1
Capoeira regeneração (8 anos) (P8) (24%)	Convexo (12 a 20%)	33/17/50	33/25/42	0,83±0,09	68,6±3,3
Floresta secundária (P11) (15%)	Convexo (12 a 20%)	14/15/71	13/29/58	1,03±0,11	61,2±4,05
Agr. de subsistência pousio pós-milho (P10) e sob cultivo de milho/abandonada (P12) (35%)	Retilíneo (>30%)	43/23/34	14/25/61	0,87±0,07	67,3±2,7

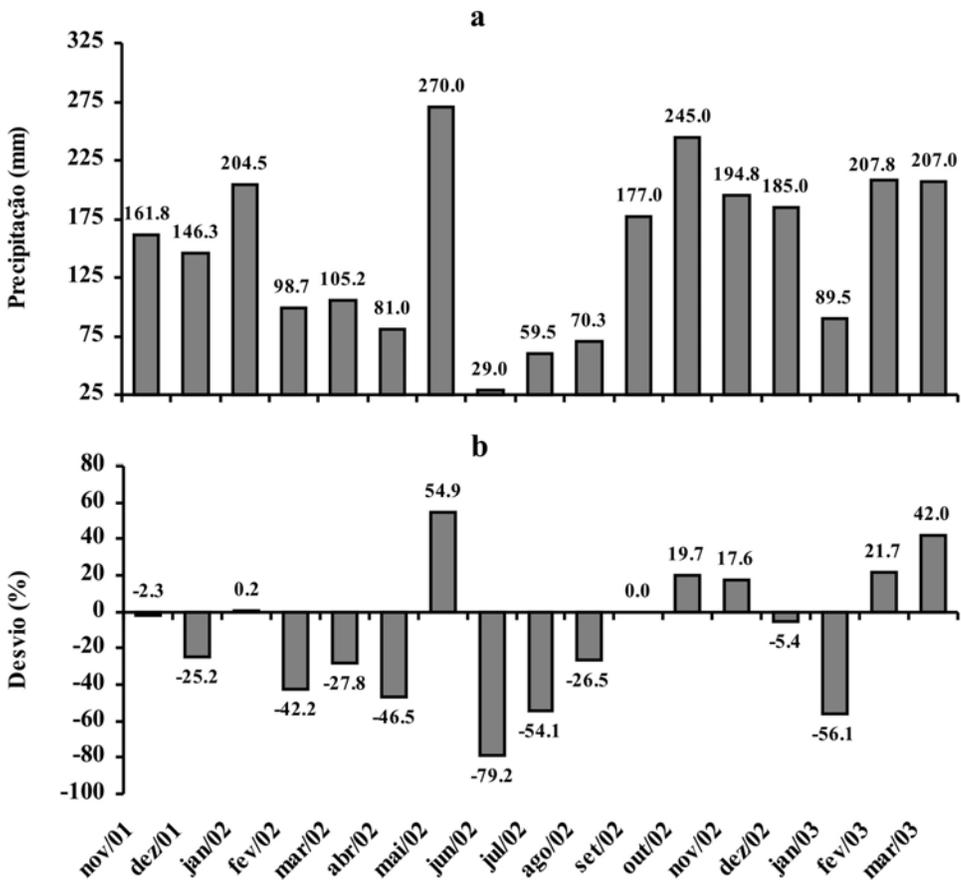
Nota: P= indica o número da parcela; ¹média e ²desvio padrão referentes a 9 amostras; *dado estimado. Dados coletados e trabalhados por THOMAZ, E. L (2004).

Análise Pluviométrica

Entre os aspectos pluviométricos foram avaliados dados acerca do valor diário, mensal e anual. Nos 17 meses de monitoramento, entre novembro de 2001 a março de 2003, foi registrado um total de 2532,5 mm. No ano hidrológico de 2002, a precipitação anual de 1720,0 mm, ficou -12,0% abaixo da média histórica. Esse ano pode ser considerado dentro do padrão normal. No entanto, ao longo do período de novembro de 2001 a março de 2003, ocorreram fortes desvios (negativos e positivos) (Figura 3a e 3b).

No geral, o ano de 2002 apresentou mais da metade dos meses com precipitação abaixo da média, contudo ao se tomar o total anual, 1720,0 mm, não se observou desvio significativo em relação à média (-12,0%). Essa compensação foi por conta do desvio positivo de +54,9% (270,0 mm) ocorrido no mês de maio, e em parte da primavera, especialmente, outubro e novembro.

Figura 3 – Precipitação mensal entre novembro de 2001 a março de 2003:
a) Precipitação mensal acumulada: b) Desvio em relação à média histórica



A respeito das características das chuvas registradas, verificou-se serem importantes os eventos com precipitação ≥ 40 mm ou mesmo os com ≥ 30 mm. Por exemplo, no ano de 2002 ocorreram 12 eventos com precipitação ≥ 40 mm, eles representaram 12,4% em relação ao número total de eventos desse ano que teve 97 dias com chuvas. Em contrapartida, esses eventos acumularam 664,8 mm, isto é, 38,6% do total da precipitação anual.

Esse padrão foi verificado também ao longo do período completo de monitoramento. Na tabela 1, observa-se que a classe de chuva de 1 até 9,9 mm registrou 73 eventos (46,8%), no entanto, esta classe acumulou apenas 303,1 mm do total do período (12%). Por outro lado, a classe com evento igual ou superior a 40 mm teve 15 eventos (9,6%), todavia esta classe acumulou 828,5 mm, respondendo por 32,7% da precipitação total do período. Os reflexos dos eventos pluviométricos ≥ 30 mm na geração de escoamento superficial serão vistos a seguir.

Tabela 1– Distribuição da precipitação diária por classe, total acumulado em mm e participação no total da precipitação, entre novembro de 2001 a março de 2003

Classe de chuva (mm)	Número de eventos	Total (mm)	Frequência (%)	Precipitação (%)
1 - 9,9	73	303,1	46,8	12,0
10 - 19,9	33	440,2	21,2	17,4
20 - 29,9	23	546,3	14,7	21,5
30 - 39,9	12	414,4	7,7	16,4
> 40	15	828,5	9,6	32,7
Total	156	2532,5	100,0	100,0

Dados coletados e trabalhados por THOMAZ, E. L (2004).

Escoamento Superficial e Produção de Sedimento

A resposta hidrológica, acerca da precipitação total e do escoamento superficial nos diferentes usos da terra, pode ser observada na tabela 2, bem como, o escoamento total do período monitorado, o coeficiente de escoamento superficial e mobilização de material.

A parcela 1, localizada no terraço fluvial com declividade de 8% foi a segunda em termos de resposta hidrológica. O escoamento total obtido nesse local se diferenciou dos demais (170,1 l/m²), sendo que coeficiente de escoamento superficial registrado foi de 6,8%. A mobilização de material foi a maior dentro do conjunto avaliado, 5,11 kg/m².

A parcela 2, foi instalada em setor convexo com declividade aproximada de 20%. Foi nesse uso que se obteve o maior escoamento total, 580,5 l/m² (Tabela 2), e por conseguinte, ocorreu o maior coeficiente de escoamento: 23,1%. Nessa parcela, não foi monitorado a erosão do solo, pois, no local em que ficou a parcela o solo era totalmente recoberto por gramínea e não houve erosão ao longo do monitoramento, inclusive a água escoada não apresentava turbidez (limpa).

Tabela 2 – Síntese dos parâmetros avaliados: escoamento superficial, coeficiente de escoamento em porcentagem e produção de sedimento total no período de monitoramento (novembro de 2001 a março 2003)

Parcela e uso da terra	Escoamento (l/m ²)	Coeficiente de escoamento (%) ⁴	Produção de sedimento (kg/m ²)
(P1) – Pastagem degradada.	170,1A	6,8	5,11
(P2) – Pastagem gramínea rasteira.	580,5B	23,1	-
(P3) - Campo sujo ¹ .	27,9*	4,7	-
(P4) - Pastagem gramínea alta.	32,5C	1,3	0,132
(P5) - Pastagem gramínea rasteira.	51,2C	2,0	0,166
(P6) - Pousio pós-milho (mecanizada).	8,8C	0,35	0,152
(P8) - Capoeira regeneração (8 anos).	9,5C	0,4	0,017
(P10) -Agr. de subsistência pousio pós-milho.	24,4C	1,0	0,178
(P11) - Floresta secundária ² .	66,2C	2,6	0,014
(P12) - Agr. de subsistência sob cultivo de milho/regeneração ³	22,8*	1,1	0,323

Nota: P= indica número da parcela, ¹72 amostras; ²coleta de sedimento realizada entre set/2002 a mar/2003; ³121 amostras, as demais análises referem-se a 150 amostras; *dado não submetido à análise de variância; coluna seguida de mesma letra não difere significativamente ao nível de 0,05% pelo *Teste de Tukey*. ⁴O coeficiente de escoamento em porcentagem foi obtido por meio da razão entre o total de água escoada nas parcelas pelo total de precipitação acumulada durante o período monitorado (Escoamento/Precipitação).

Dados coletados e trabalhados por THOMAZ, E. L (2004).

A parcela 3, foi instalada em setor convexo com declividade em torno de 20%. Da mesma maneira, que a parcela anterior na parcela 3 não foi monitorada a remoção de material, devido ao solo ser bem protegido pela vegetação e de não se ter verificado acúmulo de solo na calha, ao longo do monitoramento. O escoamento superficial total foi de 27,9 l/m² o que resultou num coeficiente de 4,7%. Apesar do tempo de monitoramento ter sido menor do que nas demais parcelas e não ter havido análise de variância, verificou-se que o escoamento da parcela 3 se assemelha aos resultados obtidos pelas parcelas do grupo C, referente à análise de variância (Tabela 2).

As parcelas 4 (14% de declividade) e 5 (20% de declividade), foram instaladas em setor convexo. Essas parcelas ficaram na mesma unidade de terra com distância uma da outra em torno de 20 metros, porém, na parcela 4, a cobertura do solo por gramínea era mais densa e alta (>rugosidade superficial), em contrapartida na área da parcela 5, a gramínea era rasteira com pontos de solo exposto (<rugosidade superficial). Em ambas as áreas a pastagem foi plantada principalmente com, *Brachiaria sp* e *Hemarthria sp*. No entanto, na parcela 4, essas espécies eram intensamente entremeadas por espécies nativas formando uma pastagem "suja" em que se empregava limpeza com frequência, já que a área tendia à regeneração sendo dominada por gramíneas cespitosas e plantas invasoras. Enquanto que, a parcela 5 ficou numa faixa em que a gramínea plantada estava se estabelecendo não havendo presença intensa de invasoras como na área anterior. Portanto, essas características repercutiram em diferenças significativas acerca da densidade global e porosidade total avaliadas no topo do solo (Quadro 1).

O escoamento total da parcela 5 foi de 51,2 l/m², isto é, 57,5% superior ao registrado na parcela 4, 32,5 l/m². Esse resultado se refletiu também no coeficiente de escoamento das parcelas 4 e 5 que registraram 1,3% e 2,0% respectivamente. Todavia, na análise de variância não se verificou diferença significativa entre o escoamento médio das duas parcelas ($p < 0,05\%$). Por fim, a mobilização de material na parcela 4 foi de 0,132 kg/m², contra 0,166 kg/m² na parcela 5, assim, a mobilização de solo foi 25,8% superior nesta última (Tabela 2).

A parcela 6, instalada em setor convexo (10% de declividade) sob uso de agricultura mecanizada (pousio pós-milho) apresentava boa cobertura do solo pelos restos culturais de milho e por vegetação espontânea (ervas daninhas). Nesta parcela não houve significativa geração de escoamento superficial (8,8 l/m²), sendo que o coeficiente de escoamento foi de apenas 0,35%. Porém, a mobilização de solo na parcela 6 foi de 0,152 kg/m². Deste modo, nesse caso, um menor escoamento superficial não resultou numa menor mobilização de material quando comparado ao conjunto de usos da terra (Tabela 2).

A parcela 8, instalada em setor convexo com 24% de declividade, apresentou escoamento total de (9,5 l/m²), sendo que o coeficiente de escoamento superficial foi muito baixo (0,4%). Como resultado, o material mobilizado em 17 meses foi de apenas 0,017 kg/m².

A parcela 10 foi instalada em segmento de vertente retilínea com declividade em torno de 35%. Essa parcela registrou escoamento de 24,4 l/m² o que equivale a 1% de escoamento superficial, em contrapartida, a mobilização de solo foi de 0,178 kg/m². O topo do solo na parcela 10 esteve bem protegido por restos culturais e vegetação espontânea, com isso ficou menos predisposto ao efeito de salpico.

Na parcela 12, também instalada no segmento de vertente retilínea e com declividade semelhante à parcela 10 foi registrado escoamento de 22,8 l/m² resultando em coeficiente de escoamento superficial de 1,1%, porém, a mobilização nessa parcela chegou a 0,323 kg/m². Inicialmente o uso da terra nesta parcela estava com cultura de milho e a cobertura do solo era baixa, pois não havia restos culturais sobre o solo. Haja vista, a área ter sido manejada com fogo antes do plantio. Assim a interação salpico e escoamento superficial pode ter sido mais eficiente no transporte do material. Após a colheita de milho a área foi deixada em pousio, e ocorreu aumento da cobertura do solo. Destaca-se, ainda, que o tempo de monitoramento dessa parcela foi menor do que as demais (3 meses menos).

A parcela 11, instalada em setor convexo com declividade em torno de 15% e com uso de floresta secundária apresentou resposta hidrológica semelhante a algumas áreas de pastagens e superior a agricultura de subsistência em segmento retilíneo. O escoamento superficial total foi de 66,2 l/m² e o coeficiente de escoamento foi de 2,6%, valor bem superior ao registrado na maioria das outras parcelas. Contudo, a mobilização de material da parcela 11 atingiu apenas 0,014 kg/m².

Precipitação e Resposta Hidrológica

Ainda a respeito do escoamento superficial ao se analisar a tabela 3 verifica-se que estratificando o coeficiente de escoamento de acordo com as classes de chuva constata-se variabilidade na resposta hidrológica de cada parcela (uso da terra), isto é, há diferença no coeficiente de escoamento gerado de acordo com a classe. Em geral, todas as parcelas tiveram maiores coeficientes de escoamento à medida do aumento da precipitação (classe de chuva).

Tabela 3 – Coeficiente de escoamento em porcentagem de acordo com a classe de chuva diária, entre novembro de 2001 a março de 2003

Parcela	Classe de chuva diária (mm)				
	1 - 9,9	10 - 19,9	20 - 29,9	30 - 39,9	≥ 40
1	0,5 ¹	5,3	6,1	7,3	9,9
2	1,9	18,6	19,8	20,7	36,3
3	0,1	1,2	0,8	2,2	4,5
4	0,0	0,6	0,9	1,9	2,0
5	0,1	0,9	0,9	1,8	4,2
6	0,1	0,1	0,3	0,4	0,6
8	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5
10	0,3	0,3	0,4	1,1	1,8
11	0,2	1,1	2,0	4,3	4,1
12	0,1	0,5	1,0	1,5	1,9

Nota: ¹O coeficiente de escoamento em porcentagem foi obtido por meio da razão entre o total de água escoada em cada parcela no referido intervalo de classe, pelo total de precipitação acumulada em cada intervalo classe (Escoamento/Precipitação). Foi observado o período de monitoramento de cada parcela, haja vista, que nem todas foram monitoradas durante os 17 meses como o caso das parcelas 3 e 12.

Dados coletados e trabalhados por THOMAZ, E. L (2004).

Observa-se que na classe de chuva entre 1 a 9,9 mm, o escoamento produzido foi muito pequeno, menos de 0,5%, à exceção da parcela 2, que nessa classe praticamente atingiu 2%, valor esse que algumas parcelas só alcançaram em eventos pluviométricos maiores, sendo que a parcela 1, a partir de precipitações acima de 9,9 mm, alcançou um coeficiente de 5,3% e aumentou gradativamente até 9,9% em eventos com precipitação ≥40 mm. A parcela 2 apresentou um salto da primeira classe de chuva (1,9%) para a segunda classe (18,6%), e posteriormente apresentou pouca variação nos eventos pluviométricos entre 10 – 19,9 mm (18,6%), 20 – 29,9 mm (19,8%) e 30 – 39,9 mm (20,7%). Contudo, houve aumento significativo no coeficiente de escoamento nos eventos com precipitação ≥40 mm (36,3%) (Tabela 3).

A parcela 3 apresentou resposta irregular entre a segunda e terceira classe de chuva, houve decréscimo de 1,2% para 0,8%. A partir dessa classe os aumentos foram constantes, de 2,2% até 4,5% na última classe. As parcelas 4 e 5 apresentaram escoamento superficial semelhante entre a primeira classe e a quarta classe de chuva. Entretanto nos eventos pluviométricos ≥40 mm houve mudança na resposta hidrológica entre ambas, parcela 4 (2%) e parcela 5 (4,2%), ou seja, nesta última parcela o coeficiente foi mais que o dobro do que o alcançado pela parcela 4. As parcelas 6 e 8 apresentaram resposta hidrológica semelhante em todas as classes de chuva (Tabela 3).

A parcela 10 manteve-se estável entre a primeira e a terceira classe de chuva, 0,3 e 0,4% respectivamente. A partir dos eventos pluviométricos ≥30 mm o coeficiente de escoamento superou 1%, e atingiu 1,8% na última classe de chuva. Em contrapartida, a parcela 12 registrou taxa de incremento em torno de meio por cento (0,5%) de uma classe para outra. Por outro lado, nos eventos ≥40 mm as parcelas 10 (1,8%) e 12 (1,9%) tiveram

coeficiente de escoamento equivalentes (Tabela 3). Por fim, a parcela 11 teve resposta semelhante às demais parcelas na primeira classe de chuva (0,2%). Entre a segunda classe de chuva (1,1%) e a terceira (2,0%) houve aumento em torno de 1% de uma para outra. Em seguida ficou praticamente estável pouco acima dos 4%, nas classes posteriores (Tabela 3).

De maneira geral, as parcelas em áreas de pastagem tiveram os maiores coeficientes de escoamento, independentemente da classe de chuva. As parcelas 10 e 12 em segmento retilíneo com 35% de declividade não chegaram a atingir 2% de coeficiente de escoamento, mesmo na classe de chuva de ≥ 40 mm. As parcelas 6 e 8 praticamente não excederam 0,5% de escoamento. A parcela 11 (floresta secundária) apresentou resposta hidrológica semelhante ao das parcelas instaladas em campo sujo/pastagem (parcelas 3 e 5).

Os eventos pluviométricos ≥ 30 mm tiveram participação importante ao longo do monitoramento acumulando 1242,9 mm ou 49,1% da precipitação total do período (2532,5 mm). Esse aspecto se refletiu na geração de escoamento nos solos com diferentes usos. Em média, 74,2% do escoamento superficial foi originado nesses eventos, bem como, o coeficiente de escoamento foi maior em todos os usos, à exceção das parcelas 6 e 8 que apresentaram pouca variação neste parâmetro (Tabela 4).

De modo geral, a resposta hidrológica (escoamento), indicou concordância entre os resultados apresentados em cada parcela. Pois, mesmo com o aprofundamento e estratificação das análises apresentadas nas tabelas 2, 3 e 4, não se verificaram mudanças no comportamento geral das parcelas (uso da terra), uma vez que elas mantiveram um padrão de escoamento que se repetiu nessas diferentes análises.

Tabela 4 – Escoamento superficial gerado pelas parcelas em eventos pluviométricos $\geq 30,0$ mm, entre novembro de 2001 a março de 2003

Parcela	Escoamento acumulado em eventos $\geq 30,0$ mm (l/m^2) ¹	Razão entre o escoamento acumulado em eventos $\geq 30,0$ mm pelo escoamento total do período (%) ²	Coefficiente de escoamento resultante do total acumulado em chuva $\geq 30,0$ mm (%) ³
1	119,95	70,5	9,7
2	385,01	66,3	31,0
3	24,20	86,7	3,2
4	24,60	75,7	2,0
5	41,81	81,7	3,4
6	6,60	75,0	0,5
8	6,16	64,8	0,5
10	19,40	79,5	1,6
11	49,34	74,5	4,0
12	15,41	67,6	1,7

Nota: ¹Valor resultante da soma do escoamento total acumulado em eventos $\geq 30,0$ mm; ²resultado obtido a partir da razão do escoamento total acumulado em eventos $\geq 30,0$ mm, pelo escoamento total do período (tabela 2); ³O coeficiente de escoamento em porcentagem foi obtido por meio da razão entre o total de água escoada nas parcelas (coluna 2), pelo total de precipitação acumulada nos eventos pluviométricos $\geq 30,0$ mm (tabela 1) (Escoamento/Precipitação). Foi observado o período de monitoramento de cada parcela, haja vista, que nem todas foram monitoradas durante os 17 meses como o caso das parcelas 3 e 12.

Dados coletados e trabalhados por THOMAZ, E. L. (2004).

DISCUSSÃO

Em relação aos resultados obtidos, as pastagens foram os usos onde o escoamento superficial foi mais alto. Em ordem crescente o coeficiente de escoamento superficial nas pastagens foi de: 1,3% na parcela 4 com 14% de declividade; 2% na parcela 5 com 20% de declividade; 4,7% na parcela 3 com 20% de declividade; 6,8% na parcela 1 com 8% de declividade e 23,1% na parcela 2 com 20% de declividade.

Cassetti (1983) encontrou variação entre 0,71% a 3,66% para pastagens na região de Goiânia - GO. Silva *et al* (1986) registraram em pastagem plantada um valor médio de 2,6% (Alagoinhas - PB). Atoroff e Rada (2000) verificaram escoamento de 2% em pastagens em área andina na Venezuela.

Em relação à produção de sedimento a parcela 1 (pastagem degradada, declividade de 8%) gerou 36,07 t/ha/a³. Apesar da declividade não ser alta (8%), houve grande remoção de solo, devido, principalmente, a baixa cobertura do solo (<30%). Nessa área o topo do solo (horizonte A) foi removido por ação antrópica juntamente com processo erosivo, o que deixou o horizonte B exposto e predisposto a forte erosão laminar. Thomaz & Luiz (2004) na mesma área registraram por meio de técnica de pinos móveis uma produção de sedimento em torno de 234,45 t/ha/a.

Young e Saunders (1986) destacam que numa mudança para agricultura com baixa conservação do solo, incluindo superpastoreio, a perda de solo pode chegar a 50-200 t/ha/a. Pereira e Oliveira (1996) registraram produção de sedimento 17,5 t/ha em 8 meses de monitoramento em área sem cobertura vegetal no município de Petrópolis-RJ. Sorrenson e Montoya (1989) indicaram perda de 15,12 t/ha em solo desprotegido em Ponta Grossa-PR. Alguns estudos em áreas agrícolas apontam perdas de solo superiores ao verificado na área degradada (parcela 1), por exemplo, Cassetti (1983) 41,65 t/ha/a e Lepsch (2002) 38 t/ha/a.

A produção de sedimentos nas parcelas 4 (14% de declividade) e 5 (20% de declividade) foi de 0,93 t/ha/a e 1,17 t/ha/a respectivamente. Estudo citado por Lepsch (2002) indicou perda de solo em torno de 0,7 t/ha/a em área de pastagem. Cassetti (1983) encontrou variação entre 0,06 t/ha/a, a 0,23 t/ha/a. Sorrenson e Montoya (1989) relataram perdas de solo de 1,8 t/ha/a em pastagem na região de Campo Mourão-PR.

O escoamento superficial na área com uso agrícola (mecanizada, 10% de declividade e subsistência, 35% de declividade) foi baixo, parcela 6 (0,35%), parcela 10 (1,0%) e parcela 12 (1,1%). Esses coeficientes estão próximos ao escoamento registrado em área com floresta, como será visto na seqüência. Cassetti (1983) aponta em seus estudos coeficiente de escoamento em área agrícola variando entre 2,78% a 13,41%. Castro, *et al*, (1999), em experimento utilizando simulador de chuva obtiveram coeficiente superior a 30%.

Em relação à produção de sedimento em terras agrícolas, Stocking (1978) citado por Young e Saunders (1986) aponta que numa mudança para agricultura intensiva (mecanização), porém com adequada conservação de solos a denudação aumenta em 5 a 10 vezes em comparação à denudação natural, com perda de 2,5 a 12,5 t/ha/a.

A produção de sedimento nas áreas com agricultura mecanizada de subsistência em pousio (parcela 6, 10% de declividade), agricultura de subsistência em pousio (parcela 10, 35% de declividade) e agricultura de subsistência com cultivo de milho (parcela 12, 35% de declividade) foi de 1,07 t/ha/a, 1,26 t/ha/a e 2,77 t/ha/a respectivamente. Os resultados acerca da produção de sedimento nas parcelas 6 e 10 foram próximos aos obtidos nas áreas com pastagens (parcela 4 e 5). Dados apresentados por Sorrenson e Montoya (1989) sobre

³ Nesta seção os dados obtidos foram transformados em t/ha (tonelada/hectare) e t/ha/a (tonelada/hectare/ano) para correlacionar com outros resultados divulgados na literatura.

a erosão de solos paranaenses em diferentes regiões do estado indicaram perda em torno de 5,8 t/ha/a, sendo que em área de plantio direto os valores foram menores, entre 0,4 a 0,9 t/ha/a. Esses últimos valores de mobilização de solo são próximos aos registrados nas áreas de pastagens.

As parcelas 8 (capoeira, 24% de declividade) e 11 (floresta secundária, 15% de declividade), ambas com boa cobertura vegetal e solo recoberto com serrapilheira apresentaram coeficiente de escoamento distinto. A parcela 8 teve escoamento muito baixo (0,4%), enquanto que a parcela 11 com escoamento de 2,6% se equipalou aos registrados nas áreas de pastagens e superou as áreas sob uso agrícola. O coeficiente registrado por Casseti (1983) em área com floresta variou de 0,43% a 0,86% com média de 0,53%. Bertoni e Lombardi Neto indicaram um coeficiente de 0,7%.

O maior escoamento superficial neste ambiente (parcela 11) pode estar ligado à dimensão da parcela (1 m²), que não permitiu que a água atravessasse a serrapilheira e se infiltrasse no solo (tempo/espaço). Além disso, a declividade do sítio da parcela (H^o15%) influenciou na rapidez do fluxo superficial sobre e intra-serrapilheira aumentando a resposta hidrológica local. Outra possibilidade, a mais provável, que corrobora esse padrão se relaciona às características da própria serrapilheira desse ambiente que contém significativa quantidade de material (acículas) proveniente da *Araucaria angustifolia* (ver Figura 2). Esse material antes de ser bem decomposto retém pouca água, e, por conseguinte, disponibiliza mais água para o escoamento superficial ("repelência"), notadamente nas áreas em que esse material compõe a serrapilheira de forma ainda não decomposta (THOMAZ; VITOR, 2003).

De acordo com Wiersum, citado por Mackensen *et al* (2003), a produção de sedimento em ecossistemas florestais sem distúrbios pode variar entre 0,03 t/ha/a, a 6,2 t/ha/a, sendo que a média fica em torno de 0,3 t/ha/a. Nesse estudo as áreas com cobertura florestal, parcelas 8 e 11 tiveram a menor produção de sedimento em comparação com os demais usos, 0,12 t/ha/a e 0,24 t/ha/a respectivamente. Esses valores estão de acordo com os autores supracitados, especialmente no que se refere ao valor médio. Entretanto foi superior ao encontrado por Casseti (1983), 0,021 t/ha/a e Bertoni e Lombardi Neto (1990) 0,004 t/ha/a. Por outro lado, a produção de sedimento foi inferior à registrada por Pereira e Oliveira (1996) em oito meses de monitoramento (1,033 t/ha).

A declividade do terreno influencia o processo erosivo, haja vista, que em muitos modelos a declividade é incluída como principal parâmetro a ser considerado na erosão do solo. Segundo Rustomji e Prosser (2001) a capacidade de transporte de sedimento do fluxo superficial é função da declividade e da descarga (vazão). Entretanto, neste estudo não se verificou relação entre a declividade e o escoamento, assim como, entre a declividade e a produção de sedimento.

Até que ponto o tamanho das parcelas (1 m²), pode ter influenciado o comportamento hidro-erosivo de cada local monitorado? Segundo Chaplot e Le Bissonnais (2000), essas parcelas não são sensíveis ao efeito do declive do terreno, ao contrário, das parcelas maiores (10 m²). Os autores argumentam, ainda, que esse tamanho de parcela tem capacidade de transporte de sedimento limitado, devido à redução da velocidade do fluxo. Por outro lado, Battany e Grismer (2000a), apontam que os resultados obtidos por meio de pequenas parcelas (1 m²) são comparáveis com aqueles provenientes de parcelas maiores (30 a 40 m²).

Apesar da reconhecida influência da declividade na erosão do solo, infere-se que o uso da terra foi o principal elemento de controle hidro-erosivo nas diferentes unidades de terras avaliadas. Além disso, as parcelas utilizadas conseguiram identificar a resposta hidro-erosiva de cada ambiente monitorado. Portanto, as parcelas com 1 m², servem para investigações preliminares sobre escoamento e erosão do solo, em que o objetivo principal, é comparar o escoamento e erosão em diferentes sistemas de uso da terra. Deste modo, esta de acordo com o propósito deste estudo. Além do mais, pequenas parcelas são usadas

amplamente em estudo de erosão do solo (CASTRO, *et al.*, 1999, BATTANY; GRISMER, 2000a; MATHYS *et al.*, 2005). Aliás, parcelas muito menores são utilizadas na investigação de processos erosivos, sobretudo, em experimento com simulador de chuva (BATTANY; GRISMER, 2000b).

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo estão condizentes com o verificado na literatura. Entretanto, a ampla variação dos dados se deve a diversos elementos tais como: características biofísicas do ambiente pesquisado (precipitação, solo, declividade, uso da terra etc), métodos, técnicas e instrumentos empregados no monitoramento do processo, entre outros.

Grande parte das pastagens na bacia do Rio Guabiroba ocupa áreas declivosas (>20%) sobre solos rasos e com densidade superficial maior do que outros usos da terra (compactação). Conseqüentemente, possui menor infiltração gerando significativo escoamento superficial. O escoamento superficial tem efeito local, e, principalmente, efeito para além do local em que é gerado.

Entre os efeitos estão: a) aumento do escoamento, especialmente, nos canais de primeira e segunda ordem, dentro e fora das propriedades; b) aumento de escoamento e produção de sedimento nos caminhos utilizados pelo gado, devido à indução na formação de sulcos e ravinas; c) afeta carreadores internos das propriedades e vias de circulação no âmbito da bacia, pois a velocidade e o acúmulo do escoamento superficial predispõe essas áreas à erosão (laminar, sulcos e ravinas); d) em área em que tal processo existe ocorre ampliação da área degradada e aumento da produção de sedimento (ex. parcela 1).

As áreas agrícolas, notadamente as de subsistência ou com baixo uso de mecanização apresentaram baixa geração de escoamento. Entretanto, nesse uso a erosão por salpico-fluxo difuso, desempenhou papel importante na mobilização de material. As áreas com cobertura florestal mais densa produziram a menor quantidade de sedimento. Esses ambientes, juntamente com agricultura de subsistência e agricultura com pouco uso de mecanização, favorecem a infiltração em comparação com as pastagens. Neste caso, a cobertura do solo (uso da terra) teve importância maior do que a declividade na geração de escoamento superficial e na produção de sedimento.

A quantidade de chuva ao longo do monitoramento foi suficiente para comparar os ambientes (uso da terra) em diferentes eventos pluviométricos. A resposta hidrológica do conjunto de usos da terra registrou diferentes limites acerca da precipitação necessária para geração de escoamento superficial. Pouco escoamento superficial foi gerado em precipitação inferior a 10 mm, à exceção da parcela 2, que nesses eventos atingiu quase 2% de escoamento. Os eventos pluviométricos ≥ 30 mm foram significantes na dinâmica hidrológica nos diferentes usos, sendo que em média 74,2% do escoamento superficial registrado foram originados nesses eventos.

O uso de parcelas pequenas de infiltração-escoamento (1m²) mostrou-se útil no entendimento e na comparação da dinâmica do processo hidro-erosivo em diferentes unidades de uso da terra. Portanto, tal procedimento (monitoramento) amplia o contexto de análise dos processos, logo, subsidia na explicação e predição acerca do fenômeno estudado. Além disso, a mensuração de processos complementa a abordagem qualitativa realizada a partir do mapeamento da paisagem (empírico-cartográfico).

REFERÊNCIAS

- ATAROFF, M.; RADA, F. Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan Andean Cloud Forest. **Ambio**, Sweden, v. 29, n. 7, p. 440-444, 2000.
- BATTANY, M. C.; GRISMER, M. E. (a) Rainfall runoff erosion in Napa Valley vineyards: effects of slope cover and surface roughness. **Hydrological Processes**, n. 14, p. 1289-1304, 2000.
- BATTANY, M. C.; GRISMER, M. E. (b) Development of a portable field rainfall simulator for use in hillside vineyard runoff and erosion studies. **Hydrological Processes**, n. 14, p. 1119-1129, 2000.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTO, G. F. **Cárstico estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais: fundamentos geológicos-geográficos, alteração química e física das rochas, relevo e dômico**. Florianópolis: EDUFSC, 1994.
- BRANDÃO, V. S.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. Viçosa: UFFV, 2002. 98p.
- CASTRO, N. M. R.; AUZET, A. V.; CHEVALLIER, P.; LEPRUN, J.C. Land use change effects on runoff and erosion from plot to catchment's scale on the basaltic plateau of Southern Brazil. **Hydrological Processes**, n. 13, p. 1621 – 1628, 1999.
- CARSON, M.A.; KIRKBY, M.J. **Hillslope form and process**. Cambridge: Cambridge University Press, 1972. 475p.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.
- CASSETI, V. Algumas considerações a respeito dos fenômenos pluvio-erosivos em Goiânia – Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, n. 3, p. 161 – 180, 1983.
- CHAPLOT, V.; LE BISSONNAIS, Y. Field measurements of interrill erosion under different slopes and plot sizes. **Earth Surf. Process. Landforms**, n. 25, p. 145 – 153, 2000.
- CHORLEY, R. J. The hillslope hydrological cycle. In: KIRKBY, M. J. **Hillslope hydrology**. New York: John Wiley and Sons, 1978. Cap. 1, p. 1-42.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979. 106p.
- DUNNE, T.; LEOPOLD, L. B. **Water in environmental planning**. New York: W. H. Freeman and Company, 1978. 818p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Manual de métodos de análise de solos**. – 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- GUERRA, A. T. G. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. T. G.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. Cap. 4, p 149-209.
- HUDSON, N. W. Field measurement of soil erosion and runoff. **FAO, Soils Bulletin**, Rome, n.68, 1993. 139p.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.
- LEPSCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1991. 175p.
- LIMA, A. G. Caracterização geomorfológica preliminar da bacia do Rio das Pedras, Guarapuava – PR. **Geografia**, Rio Claro, v.24, n.2, p. 37-51, 1999.
- MACKENSEN, J. *et al.* Assessment of management-dependent nutrient losses in tropical industrial tree plantations. **Ambio**, Sweden, v.32, n.2, p.106-112, 2003.

MATHYS, N.; KLOTZ, S. ESTEVES, M.; DESCROIX, L.; LAPETITE, J.M. Runoff and erosion in the Black Marls of the French Alps: Observations and measurements at the plot scale. **Catena**, n. 63, p. 261-281, 2005.

MENDES, W.; CASTRO, A. F. **Limitações do uso dos solos do Estado do Paraná por suscetibilidade à erosão**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1984.

MONTEIRO, C. A. F. O clima da Região Sul. In: **Geografia regional do Brasil**. Tomo I. Rio de Janeiro: Biblioteca Brasileira, IBGE, 1963. Cap. 3, p. 117-169.

PEREIRA, A. C.; OLIVEIRA, M. C. O uso de parcelas como diagnóstico do processo erosivo do solo no município de Petrópolis-RJ. **Ciência & Natureza**, Uberlândia, n. 15, p 251-253, 1996.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Monole, 1990. 188p.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **USP, Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p 17-30, 1992.

RUSTOMJI, P.; PROSSER, I. Spatial patterns of sediment delivery to valley floors: sensitivity to sediment transport capacity and hillslope hydrology relations. **Hydrological Processes**, n. 15, p. 1003-1018, 2001.

SELBY, M. J. **Hillslope materials and processes**. Oxford: Oxford University Press, 1993. 451p.

SILVA, I. de F. *et al.* Efeito de diferentes coberturas vegetais e de práticas conservacionistas no controle da erosão. **R. bras. Ci. Solo**. n. 10, p. 289-292, 1986.

SORRENSON, W. J.; MONTOYA, L. J. Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná. **Boletim técnico n. 21**. Londrina, IAPAR, 1989. 110p.

THOMAZ, E. L. (a) Caracterização do meio físico da bacia do Rio Guabirola: ensaio empírico-cartográfico como fundamento ao estudo de processos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11. 2005, São Paulo. **Relação de Trabalhos**. São Paulo: Departamento de Geografia/FFLCH/USP, 2005. p.1616-1631. 1 CD-ROM.

THOMAZ, E. L. (b) **Processos hidrogeomorfológicos e o uso da terra em ambiente subtropical – Guarapuava – PR**. São Paulo, 2005, 297 f. Tese (Doutorado em Ciência, área Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

THOMAZ, E. L.; VITOR, M. R. Caracterização de serrapilheira em Floresta Temperada com Araucária - Guarapuava - PR. In: I SEMINÁRIO DE PESQUISA EM GEOGRAFIA FÍSICA, 1, São Paulo, dezembro 2003. **Perspectivas da pesquisa em Geografia Física**. Universidade de São Paulo, 2003. v.1. p 201-207.

THOMAZ, E. L.; LUIZ, J. C. Mensuração de remoção do solo entre ravinas por meio de técnica dinâmica e volumétrica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA E I ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 5, Santa Maria, agosto de 2004. **Geomorfologia e Riscos Ambientais, Anais de Trabalhos Completos**. Santa Maria: UFSM, 2004, 1-14p.

VIERA, S. **Estatística experimental**. São Paulo: Atlas, 1999. 185p.

YOUNG, A.; SAUNDERS, I. Rates of surface processes and denudation. In: ABRAHAMAS, A. D. **Hillslope processes**. United Kingdom: The Binghamton Symposia in Geomorphology, international Series, 1986. n. 16, Cap. 1, p. 3-27.

Recebido em novembro de 2005

Revisado em maio de 2006

Aceito em agosto de 2006